



12 | 2012

65. Jg., 25.–26. KW, 28. Juni 2012

ifo Schnelldienst

Zur Diskussion gestellt

Andreas Mundt

- Nachtrag: Steigende Benzinpreise:
Fehlende Transparenz auf dem Öl- und Kraftstoffmarkt?

Symposium

*Carl Christian von Weizsäcker, Fritz Vahrenholt,
Hans-Dieter Karl, Martin Faulstich, Sebastian Egner und
Markus Köglmeier, Karen Pittel, Wolfgang Buchholz,
Ottmar Edenhofer und Christian Flachsland,
Joachim Weimann, Kai A. Konrad*

- Die Zukunft der Energieversorgung:
Atomausstieg, Versorgungssicherheit und Klimawandel

Kommentar

Hans-Jochen Luhmann

- Die Sozialtechnik Setsuden

Forschungsergebnisse

Christian Breuer, Daniel Mannfeld und Niklas Potrafke

- Die Zinslast des Bundes

Im Blickpunkt

Ursula Triebswetter und Jana Lippelt

- Kurz zum Klima: Schiefergas und Fracking

Klaus Wohlrabe

- ifo Konjunkturtest Juni 2012

ifo Institut

Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung
an der Universität München e.V.

ifo Schnelldienst ISSN 0018-974 X

Herausgeber: ifo Institut, Poschingerstraße 5, 81679 München, Postfach 86 04 60, 81631 München,
Telefon (089) 92 24-0, Telefax (089) 98 53 69, E-Mail: ifo@ifode.de.

Redaktion: Dr. Marga Jennewein.

Redaktionskomitee: Prof. Dr. Dres. h.c. Hans-Werner Sinn, Dr. Christa Hainz, Annette Marquardt, Dr. Chang Woon Nam.

Vertrieb: ifo Institut.

Erscheinungsweise: zweimal monatlich.

Bezugspreis jährlich:

Institutionen EUR 225,-

Einzelpersonen EUR 96,-

Studenten EUR 48,-

Preis des Einzelheftes: EUR 10,-

jeweils zuzüglich Versandkosten.

Layout: Pro Design.

Satz: ifo Institut.

Druck: Majer & Finckh, Stockdorf.

Nachdruck und sonstige Verbreitung (auch auszugsweise):

nur mit Quellenangabe und gegen Einsendung eines Belegexemplars.

Zur Diskussion gestellt

Nachtrag: Steigende Benzinpreise: Fehlende Transparenz auf dem Öl- und Kraftstoffmarkt?

3

Sind die steigenden Benzinpreise ein Zeichen mangelnden Wettbewerbs auf den Öl- und Kraftstoffmärkten? Zur Ergänzung der Beiträge im ifo Schnelldienst 11/2012 erläutert *Andreas Mundt*, Präsident des Bundeskartellamts, die Gründe für den Gesetzentwurf zur Einrichtung einer Markttransparenzstelle für die Kraftstoffmärkte beim Bundeskartellamt. Seiner Ansicht nach erscheint die fortlaufende Meldung von Einkaufspreisen von Kraftstoff nicht zwingend erforderlich zu sein, um Verdrängungsstrategien auf den Grund gehen zu können. Verdachtsmomente für missbräuchliche Preis-Kosten-Scheren lassen sich auch anhand veröffentlichter Notierungen für Raffinerieerzeugnisse aufspüren. Durch gezielte Nachfragen im Verdachtsfall könnte so der bürokratische Aufwand sowohl auf Seiten der Mineralölunternehmen als auch seitens der Markttransparenzstelle reduziert werden, ohne dass es behördlicherseits zu Informationseinbußen kommt.

Symposium

Die Zukunft der Energieversorgung: Atomausstieg, Versorgungssicherheit und Klimawandel

6

Carl Christian von Weizsäcker, Fritz Vahrenholt, Hans-Dieter Karl, Martin Faulstich, Sebastian Egner und Markus Köglmeier, Karen Pittel, Wolfgang Buchholz, Ottmar Edenhofer und Christian Flachsland, Joachim Weimann, Kai A. Konrad

Die Versorgung mit Energie ist die Basis unseres Wohlstands. Eine unbeschränkte Nutzung bisheriger Energieträger, ob zur Strom- und Wärmeerzeugung oder auch für den Verkehr, trägt aber zugleich wesentlich zum Klimawandel bei. Der Beschluss, alle deutschen Kernkraftwerke bis 2022 still zu legen und Strom überwiegend aus erneuerbaren Energien zu gewinnen, stellt enorme Herausforderungen an Technik und Wirtschaft. Es gilt, die Balance zwischen Wettbewerbsfähigkeit und Klimaschutz bei hoher Zuverlässigkeit der Energieversorgung und ohne unverhältnismäßigen Anstieg der Energiepreise zu wahren. Zu dieser Problematik veranstaltete am 24. und 25. Januar 2012 das ifo Institut gemeinsam mit der Kommission für Ökologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ein Rundgespräch mit dem Titel »Die Zukunft der Energieversorgung: Atomausstieg, Versorgungssicherheit und Klimawandel«. Die Veranstaltung beleuchtete die Probleme der zukünftigen Energieversorgung aus verschiedenen Blickwinkeln. Im ifo Schnelldienst sind einige der ökonomisch ausgerichteten Beiträge in einer Kurzform veröffentlicht. Der Tagungsband, der von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften herausgegeben wird, erscheint Mitte August.

Kommentar

Die Sozialtechnik Setsuden: Wie Japan nach Fukushima mit dem Verdacht eines Common Mode Failures umgegangen und über den Sommer 2011 gekommen ist

42

Hans-Jochen Luhmann

Das Erdbeben vom 11. März 2011 hat Japans Energiesystem physisch schwer getroffen. Quantitativ weit schwerwiegender war jedoch der Einschnitt, den die Abschaltung von Kraftwerksleistung wegen Verdachts auf einen allen Atomkraftwerken gemeinsamen Auslegungsfehler mit sich brachte. *Hans-Jochen Luhmann*, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, stellt die daraufhin

von Japan entwickelte neuartige Sozialtechnik »Setsuden« vor. Seiner Meinung nach könnte diese auch für Deutschland im Zusammenhang mit der bevorstehenden Energiewende von Interesse sein.

Forschungsergebnisse

Die Zinslast des Bundes

47

Christian Breuer, Daniel Mannfeld und Niklas Potrafke

Die Bundesrepublik Deutschland verschuldet sich, indem sie Staatsanleihen emittiert. Die laufenden Kosten der Bundesschuld bemessen sich nahezu vollständig in Zinszahlungen für umlaufende und neu emittierte Bundeswertpapiere. Im Zuge der europäischen Verschuldungskrise sind die Zinsen für deutsche Staatsanleihen stark gesunken, weil die EZB eine sehr expansive Geldpolitik betrieben hat und Investoren in Deutschland nun einen »sicheren Hafen« sehen. Dies bedeutet ein enormes Einsparungspotenzial für den Bundeshaushalt. Modelliert man die zukünftige Zinslast des Bundes und veranschaulicht die Ersparnis für den Bundeshaushalt durch das gegenwärtig außerordentlich niedrige Zinsniveau, deuten die Ergebnisse auf weiterhin sinkende Zinsausgaben bis zum Jahr 2014 hin.

Im Blickpunkt

Kurz zum Klima: Schiefergas und Fracking

51

Ursula Triebswetter und Jana Lippelt

Das Verfahren zur Gewinnung von Erdgas aus wenig durchlässigem Gestein, das in den USA erfundene und dort bereits weit verbreitete »Hydraulic Fracturing«, kurz Fracking, ist aus Umweltgründen umstritten. Der Beitrag skizziert zunächst die Technologie des Fracking, umreißt dann die weltweiten Lagerstätten und beschreibt die umweltpolitische Problematik. Abschließend wird die aktuelle Situation in Deutschland dargestellt.

ifo Konjunkturtest Juni 2012 in Kürze

55

Klaus Wohlrabe

Der ifo Geschäftsklimaindex für die gewerbliche Wirtschaft Deutschlands ist im Juni weiter gefallen. Die aktuelle Geschäftslage hellte sich nach dem starken Rückgang im Vormonat zwar wieder etwas auf. Die Erwartungen für das kommende halbe Jahr wurden jedoch kräftig zurückgenommen. Die deutsche Wirtschaft befürchtet zunehmende Beeinträchtigungen durch die Eurokrise. In den einzelnen Sektoren fiel die Entwicklung unterschiedlich aus. Im Verarbeitenden Gewerbe und dem Großhandel hat sich das Geschäftsklima eingetrübt. In der Industrie verbesserte sich zwar die Lageeinschätzung, jedoch gaben die Erwartungen massiv nach. Im Großhandel verschlechterten sich beide Teilkomponenten leicht. Im Einzelhandel und im Baugewerbe hellte sich das Geschäftsklima hingegen auf. Während im Bau die Lage unverändert eingeschätzt wurde, verbesserten sich die Erwartungen für die weitere wirtschaftliche Entwicklung. Im Einzelhandel gaben sich Befragungsteilnehmer sowohl bei der Lage als auch den Erwartungen optimistischer als im Vormonat. Das ifo Beschäftigungsbarometer für die gewerbliche Wirtschaft Deutschlands ist nach drei Rückgängen in Folge wieder leicht angestiegen. Jedoch sind die Absichten, zusätzliches Personal einzustellen, weiter zurückhaltend. Dies ist vor allem auf die mit der Eurokrise verbundene Unsicherheit zurückzuführen.

Nachtrag: Steigende Benzinpreise: Fehlende Transparenz auf dem Öl- und Kraftstoffmarkt?

Sind die steigenden Benzinpreise ein Zeichen mangelnden Wettbewerbs auf den Öl- und Kraftstoffmärkten? Zur Ergänzung der Beiträge im ifo Schnelldienst 11/2012 erläutert Andreas Mundt die Gründe für den Gesetzentwurf zur Einrichtung einer Markttransparenzstelle für die Kraftstoffmärkte beim Bundeskartellamt.

Das Oligopol in Schach halten

An Stammtischen, in der Politik, in der Wissenschaft und nicht zuletzt im Bundeskartellamt entspinnen sich viele Diskussionen um die Kraftstoffmärkte. Der Blick der Verbraucher richtet sich insbesondere auf das Niveau der Kraftstoffpreise und auf deren häufige Änderungen. Beide Aspekte stellen für eine Vielzahl von Verbrauchern ein großes Ärgernis dar. Dementsprechend groß ist der Druck auf die Politik, korrigierend einzugreifen. Die Bandbreite der diskutierten Maßnahmen, um der Verärgerung der Verbraucher abzuwehren, reicht von der Senkung der Steuern und Abgaben auf Kraftstoffe über mehr Preistransparenz bis hin zur Regulierung der Kraftstoffpreise.

Das Oligopol und die Folgen

Die Ursachen für die Situation auf den Kraftstoffmärkten hat das Bundeskartellamt in seiner im Frühjahr 2011 vorgelegten Sektoruntersuchung Kraftstoffe detailliert herausgearbeitet: Die Kraftstoffmärkte werden von fünf vertikal integrierten Mineralölunternehmen – BP/Aral, ConocoPhillips, Esso, Shell und Total dominiert, die zusammen ein wettbewerbsloses Oligopol bilden. Die oligopolistische Struktur auf den Kraftstoffmärkten wird dadurch begünstigt, dass es sich bei Kraftstoffen um homogene Massengüter handelt, auf der Anbieterseite eine hohe Transparenz vorliegt und dass die Oligopolmitglieder untereinander über umfangreiche Sanktionsmechanismen verfügen. Hinzu kommt die herausgehobene Stellung der Oligopolmitglieder gegenüber kleineren und mittleren Mineralölunternehmen, zu denen sie aufgrund ihrer vertikalen Integration nicht nur horizontal im Wettbewerb stehen, sondern auch vertikale Lieferbeziehungen aufrechterhalten.

Die fünf Oligopolisten beeinflussen die Preissetzung an etwa zwei Drittel aller Tankstellen – teils über eigene »Farbentankstellen«, teils über eigene »weiße« Tankstellen oder über sogenannte »Markenpartnerverträge«. Aufgrund ihrer marktstarken Position können die Oligopolmitglieder kleinere und mittlere Unternehmen aus dem Markt verdrängen, indem sie Strategien wie Untereinstandspreis-Verkäufe oder Preis-Kosten-Scheren praktizieren, bei denen vertikal integrierte Unternehmen Kraftstoffe an eigenen Tankstellen zu niedrigeren Preisen verkaufen, als sie für die Belieferung freier Tankstellen in Rechnung stellen.

Die Folgen dieser oligopolistischen Marktstruktur lassen sich an der Preissetzung durch die Unternehmen ablesen. In einer umfangreichen quantitativen Analyse hat das Bundeskartellamt in der Sektoruntersuchung Kraftstoffe Preis- und Mengenänderungen an rund 400 Tankstellen in vier Modellregionen über den Zeitraum von dreieinhalb Jahren ausgewertet. Für diesen Zeitraum wurden klar nachvollziehbare Preissetzungsmuster festgestellt: Montags war Kraftstoff regelmäßig am günstigsten mit im Wochenverlauf ansteigenden Preisen. Die Preisänderungen spiegelten sich auch in den abgesetzten Mengen wider, die montags am höchsten und sonntags am geringsten ausfielen. Besonders eindrucksvoll waren die Erkenntnisse zum Preisänderungsverhalten der Oligopolisten. Bei rund 90% aller Preiserhöhungen ging entweder Aral oder Shell voran; das jeweils andere Unternehmen hat regelmäßig innerhalb eines festen Zeitabstands denselben Preis gesetzt wie der »First Mover«. Bei diesem identifizierten Preissetzungsverhalten handelt es sich um Parallelverhalten (*»tacit collusion«*), das als solches nicht gegen das



Andreas Mundt*

* Andreas Mundt ist Präsident des Bundeskartellamts.

Kartellrecht verstößt. Auch andere Hinweise auf kartellrechtswidrige Verhaltensweisen wie z.B. verbotene Absprachen zwischen den Unternehmen wurden – entgegen fortwährender Vermutungen von Verbrauchern – nicht identifiziert.

Regulierungskonzepte als Patentrezept?

Das Marktergebnis, das sich als Konsequenz der oligopolistischen Strukturen auf den Kraftstoffmärkten einstellt, ist weder aus Nachfrager- noch aus wettbewerbsrechtlicher Sicht erfreulich. Dass sich die Wettbewerbssituation aus dem Marktgeschehen heraus verbessert, ist gegenwärtig nicht abzusehen. Um Verbesserungen der Wettbewerbssituation zu erreichen, bedarf es allem Anschein nach marktexogener Impulse. Ins Spiel gebracht wurden u.a. Regulierungskonzepte, wie sie beispielsweise in Österreich oder in West-Australien praktiziert werden.

Die österreichische »Spritpreisbremse« gibt vor, dass Tankstellenbetreiber die Kraftstoffpreise nur einmal täglich, um 12 Uhr, erhöhen dürfen. Preissenkungen sind hingegen jederzeit möglich. In Österreich müssen alle Preisänderungen von den Tankstellenbetreibern an eine zentrale Datenbank gemeldet werden. Den Verbrauchern werden bei Internetabfragen jeweils die fünf günstigsten Tankstellen in einem bestimmten Umfeld angezeigt. Ähnlich wie im österreichischen Regulierungsmodell müssen die Tankstellenbetreiber auch bei der west-australischen »24-Stunden-Regel« ihre Preise im Voraus an eine Datenbank melden, über die die Verbraucher die Kraftstoffpreise abfragen können. Gemäß der »24-Stunden-Regel« müssen die Tankstellenbetreiber ihre Kraftstoffpreise über einen Zeitraum von 24 Stunden konstant halten.

Verschiedene wissenschaftliche Studien haben u.a. an diese beiden Regulierungsmodelle angeknüpft und sie im Hinblick auf ihre Wirkungen auf den Wettbewerb untersucht. Weder für die österreichische »Spritpreisbremse« noch für die west-australische »24-Stunden-Regel« gibt es bislang Untersuchungen, die von einer durchweg positiven wettbewerblichen Wirkung der Regulierungskonzepte ausgehen. Mit Hilfe der Preissetzungsregeln lassen sich zwar die Preisschwankungen begrenzen. Dass die Preissetzungsregeln jedoch zu einem niedrigeren Preisniveau führen, ist nach derzeitigem Kenntnisstand nicht zu erwarten. Andererseits konnten – zumindest für das west-australische Modell – auch preiserhöhende Wirkungen nicht belegt werden. Insgesamt bedeuten Preissetzungsregeln – ungeachtet ihrer konkreten Ausgestaltung – einen Eingriff in die freie Preisbildung am Markt und sind ordnungspolitisch zu hinterfragen.

Einzelne Elemente der in Österreich und West-Australien praktizierten Regeln könnten die Wettbewerbssituation auf den hiesigen Kraftstoffmärkten möglicherweise positiv be-

einflussen. Insbesondere ließe sich die auf Seiten der Nachfrager gegenüber den marktmächtigen Anbietern bestehende Informationsasymmetrie beseitigen, indem Tankstellenbetreiber zur Meldung ihrer Kraftstoffpreise an eine zentrale Datenbank verpflichtet und den Nachfragern diese Informationen transparent zur Verfügung gestellt würden. Das würde eine rationale Auswahlentscheidung der Nachfrager ermöglichen. Allerdings handelte es sich um eine »volatile Transparenz«: Zwischen der Preisabfrage durch die Verbraucher und der konkreten Nachfrage könnten sich die Preise bereits geändert haben, was wiederum zu Unmut bei den Verbrauchern führen könnte. Dergleichen ließe sich beispielsweise durch oben besprochene Preissetzungsregeln beheben, wenngleich diese die genannten Nachteile in Bezug auf das Parallelverhalten und möglicherweise sogar ein höheres Preisniveau nach sich zögen.

Markttransparenzstellen-Gesetz

Mit dem Gesetzentwurf für die Einrichtung einer Markttransparenzstelle für die Kraftstoffmärkte beim Bundeskartellamt hat der Gesetzgeber im Frühjahr 2012 nun erste Maßnahmen ergriffen, um den auf den Kraftstoffmärkten identifizierten Wettbewerbsdefiziten zu begegnen. Mit Hilfe einer fortlaufenden Marktbeobachtung und einer umfangreichen Datensammlung durch die Markttransparenzstelle soll den Kartellbehörden die Verfahrensführung in Fällen vermuteter Preis-Kosten-Scheren oder Untereinstandspreis-Verkäufen erleichtert werden. Je breiter die Datenbasis ist, desto einfacher können die Kartellbehörden Verdrängungsstrategien identifizieren und missbräuchliche Verhaltensweisen sanktionieren. Der vorliegende Gesetzentwurf wirft jedoch die Frage auf, ob der von den Mineralölunternehmen an die Markttransparenzstelle zu meldende Datenumfang im Verhältnis zu dem bei den Kartellbehörden generierbaren Zusatznutzen steht. Insbesondere die fortlaufende Meldung von Einkaufspreisen von Kraftstoff erscheint nicht zwingend erforderlich zu sein, um Verdrängungsstrategien auf den Grund gehen zu können. Verdachtsmomente für missbräuchliche Preis-Kosten-Scheren lassen sich auch anhand veröffentlichter Notierungen für Raffinerieerzeugnisse aufspüren. Durch gezielte Nachfragen im Verdachtsfall könnte so der bürokratische Aufwand sowohl auf Seiten der Mineralölunternehmen als auch seitens der Markttransparenzstelle reduziert werden, ohne dass es behördlicherseits zu Informationseinbußen kommt.

In Sachen Transparenz sieht der Gesetzentwurf bislang vor, lediglich die Behörden umfassend über die Kraftstoffpreise zu informieren. Die Möglichkeit, die zulasten der Nachfrager bestehenden Informationsasymmetrien bei den Kraftstoffpreisen zu beseitigen, ist derzeit nicht vorgesehen. Sollte dies im weiteren Gesetzgebungsprozess erwogen werden, wäre zu prüfen, alle Tankstellenbetreiber – Oligopolis-

ten und freie Tankstellen gleichermaßen – zur Meldung ihrer Kraftstoffpreise an die Markttransparenzstelle zu verpflichten. Das würde zwar vor allem bei kleineren und mittleren Tankstellen zusätzliche Kosten verursachen. Ließe man sie außen vor, tauchten sie bei einer transparenten Veröffentlichung der Kraftstoffpreise aber nicht auf und fielen wahrscheinlich aus dem Fokus zahlreicher preisbewusster Nachfrager heraus. Inwiefern die Preise aller Tankstellen in einem gewissen Umkreis oder nur die der z.B. fünf preisgünstigsten Tankstellen veröffentlicht werden sollten, müsste unter dem Gesichtspunkt des Geheimwettbewerbs gegebenenfalls weiter geprüft werden. Dem Bedenken des Gesetzgebers, eine Veröffentlichung von Kraftstoffpreisen durch eine staatliche Stelle verdränge private Anbieter von Online-Plattformen zur Abfrage von Kraftstoffpreisen, könnte begegnet werden, indem die Kraftstoffpreise von der Markttransparenzstelle zentral und frei zugänglich gemacht würden. So könnten Anbieter von Online-Plattformen oder Applikationen für Mobiltelefone und Navigationssysteme ausgehend von den Rohdaten bei den Verbrauchern um das beste Modell konkurrieren.

Wettbewerbssituation schwierig, aber nicht völlig aussichtslos

Die Wettbewerbssituation auf den Kraftstoffmärkten ist nicht zufriedenstellend. Verbesserungen aus dem Markt heraus sind gegenwärtig nicht zu erwarten. Die geplante kontinuierliche Marktbeobachtung durch eine Markttransparenzstelle kann disziplinierend auf die Marktteilnehmer wirken und möglicherweise zu Verhaltensänderungen auf der Anbieterseite beitragen. Veränderungen im Nachfragerverhalten könnten durch den Abbau der im Vergleich zu den Anbietern bestehenden Informationsasymmetrien durch eine transparente Veröffentlichung der Kraftstoffpreise angestoßen werden. Unklar ist jedoch, wie die Nachfrager auf eine derartige »volatile Transparenz« reagieren würden. Angesichts der Preisschwankungen könnte auch eine vorherige Information über die Kraftstoffpreise zum Zeitpunkt der Nachfrage schon überholt sein. Dem könnte durch Preissetzungsregeln begegnet werden. Solche regulierenden Maßnahmen stellen jedoch einen erheblichen Markteingriff dar, der aus ordnungspolitischer Sicht wohl überlegt sein will und einer umfassenden Folgenabschätzung bedarf.

Ein Patentrezept zur Verbesserung der Wettbewerbssituation auf den Kraftstoffmärkten wird noch gesucht. Selbst wenn eine Wettbewerbsbelebung gelingen sollte, wird man über kurz oder lang von der zunehmenden Knappheit von Rohöl und den damit verbundenen Preisanstiegen die Augen nicht verschließen können. Vor diesem Hintergrund ist es umso wichtiger, die Verhaltensspielräume des Oligopols durch eine effektive Missbrauchsaufsicht und mit gut informierten Nachfragern zu begrenzen.

Symposium »Die Zukunft der Energieversorgung: Atomausstieg, Versorgungssicherheit und Klimawandel«

6

Rundgespräch am 24. und 25. Januar 2012

Dienstag, 24. Januar 2012

Begrüßung

Prof. Dr. Karl-Heinz Hoffmann

Präsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Prof. Dr. Karl O. Stetter

Vorsitzender der Kommission für Ökologie

Einführung

Prof. Dr. Dres. h.c. Hans-Werner Sinn

Präsident des ifo Instituts, München

Prof. Dr.-Ing. Franz Mayinger

Kommission für Ökologie

Klimapolitik – Entscheidungszwänge bei hoher Unsicherheit

Prof. Dr. Carl Christian von Weizsäcker

Max-Planck-Institut zur Erforschung von
Gemeinschaftsgütern, Bonn

Die gesellschaftspolitischen Dimensionen der
»Energiewende«

Alois Glück

Ethikkommission der Bundesregierung für sichere
Energieversorgung

Wettbewerbsfähigkeit von Erneuerbaren Energien

Prof. Dr. Fritz Vahrenholt

RWE Innogy, Hamburg

Kurzkommentar

Dipl.-Kfm. Hans-Dieter Karl

ifo Institut, München

Nachwachsende Rohstoffe: Nutzungsoptionen
und Nutzungskonkurrenz

Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich

Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie,
TU München

Kurzkommentar

Prof. Dr. Wolfgang Haber

Lehrstuhl für Landschaftsökologie, TU München

Zukünftige Energieversorgungskonzepte für Gebäude
und Stadtquartiere – von der Energie zur Exergie

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen

Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik, TU München

Kurzkommentar

Dr. Hans-Peter Ebert

Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V.
(ZAE Bayern), Würzburg

Was bewegt uns in Zukunft? – Neue Verkehrs- und
Energiesysteme für umweltschonende Mobilität

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Wagner

Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik,
TU München

Kurzkommentar

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp

Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, TU München

Mittwoch, 25. Januar 2012

Unverzichtbare fossile Energie – Wahrnehmung und
Wirklichkeit

Prof. Dr. Dietrich H. Weite

Integrated Exploration Systems Inc., Aachen
Kurzkommentar

Dr.-Ing. Dietrich Böcker

ehem. Vorstand RWE/Rheinbraun,
Bereich Energieerzeugung

CO₂-Minderungskosten für Technologien und
Energieszenarien im Vergleich

Dr. rer. pol. Ulrich Fahl

Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart
Kurzkommentar

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Spliethoff

Lehrstuhl für Energiesysteme, TU München

Das energiepolitische Zieldreieck und die Energiewende

Prof. Dr. Karen Pittel

ifo Institut, München

Kurzkommentar

Prof. Dr. Wolfgang Buchholz

Institut für Volkswirtschaftslehre und Ökonometrie,
Universität Regensburg

Die Nutzung globaler Gemeinschaftsgüter:

Politökonomische Herausforderungen an die Klimapolitik

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung

Wie sinnvoll ist der klimapolitische Alleingang Deutschlands?

Prof. Dr. Joachim Weimann

Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik, Universität Magdeburg

Kurzkommentar

Prof. Dr. Kai A. Konrad

Max-Planck-Institut für Steuerrecht und
Öffentliche Finanzen, München

Stromversorgung nach der Energiewende –
geht es ohne Kernenergie?

Prof. Dr. Konrad Kleinknecht

Ludwig-Maximilians-Universität, München, und
Universität Mainz

Kurzkommentar

Dr. Peter Fritz

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Podiumsdiskussion

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer

Prof. Dr. Hans-Werner Sinn

Prof. Dr. Carl Christian von Weizsäcker



Symposiumsteilnehmer

Bayerische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.), Die Zukunft der Energieversorgung: Atomausstieg, Versorgungssicherheit und Klimawandel, Verlag Pfeil, München 2012.

Die Versorgung mit Energie ist die Basis unseres Wohlstands. Eine unbeschränkte Nutzung bisheriger Energieträger, ob zur Strom- und Wärmezeugung oder auch für den Verkehr, trägt aber zugleich wesentlich zum Klimawandel bei. Der Beschluss, alle deutschen Kernkraftwerke bis 2022 still zu legen und Strom überwiegend aus erneuerbaren Energien zu gewinnen, stellt enorme Herausforderungen an Technik und Wirtschaft. Es gilt, die Balance zwischen Wettbewerbsfähigkeit und Klimaschutz bei hoher Zuverlässigkeit der Energieversorgung und ohne unverhältnismäßigen Anstieg der Energiepreise zu wahren. Zu dieser Problematik veranstaltete am 24. und 25. Januar 2012 das ifo Institut gemeinsam mit der Kommission für Ökologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ein Rundgespräch mit dem Titel »Die Zukunft der Energieversorgung: Atomausstieg, Versorgungssicherheit und Klimawandel«.

Die Veranstaltung beleuchtete die Probleme der zukünftigen Energieversorgung aus verschiedenen Blickwinkeln. Ökologische und ökonomische Aspekte bis hin zur Frage der Rolle der Bundesrepublik im globalen Klimaschutz kamen zur Sprache, Nutzen und zukünftige finanzielle Belastungen wurden einander gegenübergestellt und die Rolle der Bundesrepublik in der internationalen Gemeinschaft wurde diskutiert, die Verfügbarkeit von Energieträgern sowie zukünftig völlig neue Techniken zur Energieversorgung wurden erörtert.

Das Programm ist auf der ifo-Website unter http://www.cesifo-group.de/link/_confother/zukunft-energie-01-2012.htm zu finden. Die vollständige Videodokumentation ist in der ifo Mediathek online verfügbar unter: <http://mediathek.cesifo-group.de> – Veranstaltungen – Einzelveranstaltungen – Rundgespräch zur Energieversorgung.

Im Folgenden werden einige der ökonomisch ausgerichteten Beiträge in einer Kurzform veröffentlicht. Die gesamte Tagung erscheint voraussichtlich Mitte August 2012:

Die Menschheit steht in der Klimapolitik vor einer großen Herausforderung. Insbesondere ist nicht auszuschließen, dass eine adäquate Antwort auf die bisher von ihr selbst verursachte Anreicherung der Atmosphäre mit Treibhausgasen keinen Aufschub zulässt, dass aber andererseits die richtige Antwort noch keineswegs mit Sicherheit auszumachen ist. Es bestehen somit Entscheidungszwänge bei hoher Unsicherheit.



Carl Christian von Weizsäcker*

Es ist sicher nicht das erste Mal in der Menschheitsgeschichte, dass die Menschheit selbst durch ihr Verhalten Veränderungen hervorruft, die mit großen Schäden verbunden sind. Man denke nur an den Schwarzen Tod, die Pest, die 1348 in Europa ausbrach. Sie wurde insofern von den Menschen selbst verursacht, als diese Seuche sich mittels der von den Menschen erfundenen und benutzten Verkehrsmittel, nämlich der Seeschifffahrt, verbreitete. Der Unterschied zur Klimaproblematik war nur, dass die Menschheit damals die Kausalkette des Unglücks gar nicht verstand – und insofern auch zuvor gar nichts Spezifisches gegen diese Katastrophe vornehmen konnte. Insofern war die Menschheit vielleicht Ursache der Pestepidemie, aber dennoch nicht »an ihr schuld«.

Das »Neue« an der Klimathematik ist, dass man heute glaubt zu verstehen, was die von den Menschen selbst generierten Ursachen für eine gegebenenfalls eintretende Klimakatastrophe sind, und dass es deshalb Möglichkeiten gibt, diese Katastrophe zu verhindern.

Aber können wir sicher sein, dass wir dieses Mal die richtige Theorie unser eigen nennen? Der IPCC gilt als das offizielle Wissenschaftsorgan zur Klimathematik. Auch hier lohnt sich ein Vergleich mit der Großen Pest. Auch damals gab es ähnliche Gremien der Wissenschaft, die die wissenschaftliche Erkenntnis verkündeten, die Medizinische Fakultät der Universität Paris. Ihre empfohlenen Verhaltensregeln zur Vermeidung der Krankheit waren jedoch praktisch nutzlos, und

die Epidemie konnte mit den Ratschlägen dieser Experten nicht eingedämmt werden.

Es gibt durchaus Streit – auch unter Fachleuten –, ob die vom IPCC verkündete Kausalanalyse und die darauf aufbauenden Empfehlungen zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels die richtigen sind. Und auch die Wissenschaft kann sich dem Ideologieverdacht nicht ohne weiteres entziehen. Zwar ist es schwer, jemandem »Ideologie« vorzuwerfen, der nur behauptet, zwei plus zwei sei gleich vier. Aber dort, wo die Zusammenhänge kompliziert und deshalb Meinungsverschiedenheiten zwischen Wissenschaftlern legitim und für den wissenschaftlichen Fortschritt sogar produktiv sind, kann sich der Ideologievorwurf durchaus legitimieren.

Wir geraten hier in eine interessante Diskussion über die Grundregeln unseres Gemeinwesens. Exemplarisch hierfür ist das letzte Hauptgutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU). Es führt den Titel »Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation«. Beide Bezeichnungen sind Zitate. Mit der Großen Transformation meinte der Sozialphilosoph Karl Polanyi den Übergang von der vormodernen Gesellschaft in die moderne bürgerliche Industriegesellschaft, also das, was auch als »Industrielle Revolution« bezeichnet worden ist. Eine Große Transformation gleichen Ausmaßes sei erforderlich, um die »Dekarbonisierung« unserer Energiewirtschaft und überhaupt unserer Lebensformen zu erreichen – und dies alles, im Vergleich zur industriellen Revolution, quasi im Zeitraffer. Um dieses zu erreichen, sei ein neuer »Gesellschaftsvertrag« erforderlich, in dem ein »gestaltender Staat« dafür sorgt, dass alles Notwendige geschieht und dies rechtzeitig. Der »Gesellschaftsvertrag« ist eine theoretische Kons-

* Prof. Dr. Carl Christian von Weizsäcker ist Senior Research Fellow am Max-Planck-Institut zur Erforschung von Gemeinschaftsgütern, Bonn.

Der Beitrag ist eine gekürzte Fassung des Vortrags. Die Langfassung erscheint im Tagungsband des Symposiums, herausgegeben von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

truktion der Sozialphilosophen der Aufklärungszeit. Er diente der Begründung des Naturrechts und einer gewissen Delegitimierung der damaligen, staatlichen Ordnung. Der neue »Gesellschaftsvertrag« soll, so muss man die Ausführungen des WBGU verstehen, eine fundamentale Verfassungsreform bringen, mit deren Hilfe Interessengruppen, die den Status quo verteidigen, ausgeschaltet werden, damit zum Wohle des Ganzen die Umgestaltung der Gesellschaft im Sinne der Nachhaltigkeit rasch genug vorangehen kann. Der WBGU betont den Zeitdruck, unter dem wir stehen, wenn wir das berühmte 2-Grad-Ziel nicht verfehlen wollen. Er malt ein Bild in schwärzesten Farben, was der Klimawandel mit sich bringe, wenn dieses Ziel verfehlt wird.

Dieses mit den Weihen eines Beirats nicht nur eines einzelnen Ressorts, sondern der gesamten Bundesregierung ausgestattete Gremium stellt die Lage so dar, als wären wir in einem großen Krieg. Im Krieg muss alles sehr schnell gehen. Und man weiß, dass man im Krieg auch keine Zeit hat, lang und breit mit Vertretern abweichender Meinungen zu diskutieren. Die offizielle Meinung ist quasi sakrosankt. Nach ihr wird gehandelt. Die Geschichte des Ersten oder des Zweiten Weltkrieges zeigt die massiven Einschränkungen der Meinungs- und Pressefreiheit auch in Ländern, in denen diese Individualrechte in Friedenszeiten sehr effektiv geschützt waren.

Ich habe Verständnis dafür, dass der WBGU die Eilbedürftigkeit des Handelns betont. Andererseits interpretiere ich die historische Erfahrung so, dass die Beseitigung von rechtsstaatlichen und auf der Meinungs-, Koalitions- und Versammlungsfreiheit beruhenden Hemmschwellen der Reform immer noch in Katastrophen geführt hat. Der vom WBGU geforderte »gestaltende Staat« hat in vielen historischen Beispielen versagt – gerade auch in der Geschichte der letzten 100 Jahre. Man denke nur an den gestaltenden Staat des sowjetischen Systems, der letztlich gerade an seiner Gestaltungsunfähigkeit gescheitert ist. Und dort, wo von Gestaltungsunfähigkeit keine Rede sein kann, wie im »Dritten Reich« oder bei Maos Kulturrevolution, war das Ende die absolute Katastrophe. Die Demokratie, wie sie sich herkömmlich entwickelt hat, ist die beste Staatsform, um Entscheidungen gerade unter großer Unsicherheit zu fällen. Dies sind dann immer Mehrheitsentscheidungen, die bei geänderten Erkenntnissen und daraufhin geänderten Mehrheitsverhältnissen wieder revidiert werden können.

Das Klimaproblem ist, was die Wirkungen eines Klimawandels betrifft, ein langfristiges Problem. Wie ökonomische Analysen, etwa die von Stern, ergeben haben, liegen die Schäden von Treibhausgasemissionen weiter in der Zukunft als die Kosten einer Vermeidung des Klimawandels. Das bedeutet, dass der Klimawandel bei einer untätigen Klimapolitik, abgezinst auf die Gegenwart, nur dann höhere Kosten verursacht als die Kosten einer aktiven Kli-

mapolitik, wenn man mit einem sehr niedrigen Abzinsungssatz rechnet. Das hat Nicholas Stern getan, ist dafür allerdings von anderen Ökonomen kritisiert worden. Es ist nun allgemein menschliche Erfahrung, dass bei aktueller materieller Not, bei niedrigem Einkommen, die heutigen eigenen Bedürfnisse Priorität vor Zielen wie der weltweiten Klimastabilisierung in 100 Jahren haben. Daher hängt die Bereitschaft, sich einer aktiven Klimapolitik anzuschließen, ganz wesentlich davon ab, wie hoch der Lebensstandard der eigenen Bevölkerung ist.

Insofern kann das Ziel der Stabilisierung des Klimas schon im Interesse dieses Ziels selbst nicht verabsolutiert werden. Es hat keinen Sinn, eine Politik des weltweiten Wachstumsverzichts im Interesse des Klimas zu propagieren, weil genau das Ausbleiben dieses Wachstums in China, Indien und anderen Schwellenländern den Erfolg einer weltweit akzeptierten Klimapolitik verhindert. Es bleibt also gar nichts anderes übrig als andere Ziele neben dem der Klimastabilisierung mit ins Kalkül zu ziehen. Das aber bedeutet insbesondere, dass die Kosten verschiedener Varianten der Klimapolitik von entscheidender Bedeutung sind. Die Suche nach kostengünstigen Formen der Klimapolitik muss hohe Priorität behalten.

Die seit Rio 1992 verfolgte Linie der Klimapolitik mit dem Kyoto-Abkommen als wichtigste Komponente ist mit den enttäuschenden Ergebnissen der Kopenhagen- bis Durban-Konferenzen in eine Sackgasse geraten. Damit werden neue Ansätze zu eruieren sein. Dazu können sowohl Forschungsvereinbarungen als auch ein neues Nachdenken um »Geo-Engineering« gehören. Eine einfache Forderung nach Reduktion und Eliminierung von menschenverursachten Treibhausgasen reicht nicht mehr aus.

Da die Eindämmung des Klimawandels als globale Politik nicht sicher ist, muss verstärkt über Anpassung an den Klimawandel nachgedacht werden. Dies kann vielfach mit Erfolg lokal, national oder regional erfolgen.

Nicht unerwähnt sollte hier unser Anspruch auf eine europäische Vorreiterrolle in der globalen Klimapolitik bleiben und die Frage, ob dies tatsächlich erstrebenswert/ist? Das »grüne Paradoxon« von Hans-Werner Sinn und ein potenzielles bevorstehendes Peak-Oil-Problem vor Augen, bewirkt die massive Förderung erneuerbarer Energien in Europa global etwas ganz anderes als intendiert? Nämlich mehr wirtschaftliches Wachstum im Rest der Welt bei gleichbleibendem globalem Verbrauch fossiler Energie? Ob dieser Effekt einer Vorreiterrolle Europas intendiert war, bleibe dahingestellt. Alles spricht auf anderen Politikfeldern von dem Ziel einer erhöhten Wettbewerbsfähigkeit Europas. Wenn aber die europäische Klimapolitik vor allem das wirtschaftliche Wachstum in den Ländern fördert, in denen keine Klimapolitik betrieben wird, dann kommt man dem eigentlichen Ziel dieser

Vorreiterrolle nicht näher, nämlich das Klima zu retten. Jedenfalls darf die Vorreiterrolle Europas nicht dazu führen, dass Europa – und das heißt insbesondere Deutschland – de-industrialisiert wird.

Und schließlich noch ein Wort zur Kernenergie. Es kann nicht bestritten werden, dass sich bei einem gegebenen Weltstrombedarf das Substitutionsverhältnis nicht nur auf Kernenergie versus erneuerbare bezieht, sondern insbesondere auch auf das zwischen Kernenergie und Kohle. Man denke nur an die hohen Hürden, die die Erneuerbaren noch zu überwinden haben, um Grundlaststrom bereitzustellen, der das Terrain der Kernenergie und des Kohlestroms ist. Wenn dem aber so ist, was bedeutet es dann, wenn Anhänger der Klimapolitik zugleich Gegner der Kernenergie sind? Ist es dann noch möglich, zugleich, wie es der WBGU tut, die Priorität der Klimapolitik selbst gegenüber der überkommenen demokratischen Ordnung zu konstatieren und sich gegen die Kernenergie auszusprechen?

Geht es nach der Politik und Gesellschaft, wird unser Energiesystem in den kommenden Dekaden massiv umgebaut. Dabei werden die damit einhergehenden Herausforderungen gerne ignoriert oder unterschätzt. In den kommenden zehn Jahren wird sich zeigen, ob erneuerbare Energiequellen weitere Kostendegressionen realisieren können, insbesondere Wind offshore und Biomasse, und ob die Integration in den Strommarkt gelingt. Zu dieser erfolgreichen Einbindung sind große Anstrengungen zum Netz- und Speicherausbau unumgänglich. All dies geschieht vor dem Hintergrund der Unsicherheiten in Bezug auf die erwartete Klimaveränderung, die als Hauptmotivation herangezogen wird.

RWE Innogy ist der größte deutsche Investor in Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen. Es gibt viele gute Gründe auf erneuerbare Energieträger zu setzen, unter anderem die Importabhängigkeit, die Endlichkeit der Ressourcen und die Vermeidung von CO₂-Emissionen. Wir können es uns aber nicht leisten, auf Dauer eine neue Subventionsmaschine zu betreiben, die den einzelnen Bürger und letztlich auch die Wirtschaft belastet. Diese Belastung entsteht zum einen durch die direkte Förderung von erneuerbaren Energien im Rahmen des EEG. Zum anderen werden indirekte Kosten durch die Integration der erneuerbaren Energien in den Strommarkt anfallen, z.B. durch den notwendigen Netzausbau.

Wettbewerbsfähigkeit der Technologien

Die langfristige Tragfähigkeit von erneuerbaren Energien ist von der Entwicklung der Stromgestehungskosten abhängig. Augenblicklich müssen alle Technologien, abgesehen von Laufwasserkraftwerken an günstigen Standorten, gefördert werden. Onshore-Windenergie sollte innerhalb der nächsten zehn Jahre an einem durchschnittlichen Standort gegenüber dem Großhandelsstrompreis wettbewerbsfähig werden. Offshore-Windenergie wird dieses Ziel voraussichtlich erst nach 2025 erreichen. Schlechte Aussichten attestieren wir hingegen der Biomasse,

wenn das Umdenken auf großtechnische Anlage nicht stattfindet. Bei Photovoltaik stellt sich die Wettbewerbssituation anders dar. Die Anlagen werden meist als Dachanlagen von Privatpersonen betrieben. Dabei stellt die Investition eine betriebswirtschaftliche Einzelentscheidung des jeweiligen Haushalts dar, wobei der Vergleichsstrompreis nicht der Großhandels-, sondern der Privatkundenstrompreis ist. Dieser ist mit 25 ct pro kWh augenblicklich in etwa fünfmal so hoch, wie der Großhandelsstrompreis von 5 ct pro kWh. Diese sogenannte Netzparität bei Photovoltaik ist bereits erreicht. Allerdings werden aufgrund des regulatorischen Rahmens diverse Zusatzkosten, die durch die Photovoltaik entstehen, systematisch unterschätzt, z.B. die inkrementellen Netzzubaukosten, die nicht von den Anlagenbetreibern (Privatpersonen) getragen werden müssen. Diese Einschätzung zur zukünftigen Entwicklung der Technologien ist unabdingbar, um ihre Rolle in unserem Energiesystem beurteilen zu können.

Windenergie onshore

Die Onshore-Windenergie ist mittlerweile an guten Standorten wettbewerbsfähig. Zum einen sind die Rotordurchmesser im Durchschnitt stark angewachsen¹, von weniger als 20 Meter zu Beginn der 1980er Jahre auf mehr als 100 m heute. Mit der Vergrößerung der Rotordurchmesser wuchsen auch die Nabenhöhen, so dass die Windenergie aus höheren Schichten gewonnen werden kann. Zum anderen wurde durch originären technischen Fortschritt, z.B. durch Einführung



Fritz Vahrenholt*

* Prof. Dr. Fritz Vahrenholt ist Vorsitzender der Geschäftsführung der RWE Innogy GmbH, Essen.

Der Beitrag ist eine gekürzte Fassung des Vortrags. Die Langfassung erscheint im Tagungsband des Symposiums, herausgegeben von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

¹ Die Energieerzeugung steigt mit dem Quadrat des Radius der Rotorblätter.

der Drehzahlvariabilität und Pitchfähigkeit, ein Mehrertrag von 25 bis 35% bei sonst gleichen Bedingungen realisiert. Dadurch ist es möglich, auch an guten Binnenstandorten Strom aus Windenergie wirtschaftlich zu erzeugen.² Dies bedeutet allerdings auch, dass Anlagen heute 180 bis 200 Meter hoch sind, was zunehmend zu Akzeptanzproblemen in der Bevölkerung führt. Zudem sinkt die Flächenverfügbarkeit, da mit der Größe der Windenergieanlage auch der gesetzlich vorgegebene Mindestabstand zu umliegenden Wohnsiedlungen, Gebäuden und Anlagen zunimmt. RWE Innogy hat vor kurzem einen Windpark mit vier Anlagen der Drei-MW-Klasse im Rheinischen Revier gebaut, der eine Fläche von etwa 100 Fußballfeldern benötigt. Neben der Erschließung neuer Standorte spielt deshalb das sogenannte »repowering«, d.h. die Windenergieertragssteigerung pro Quadratmeter Fläche durch den Ersatz von alten durch neue Windenergieanlagen, eine große Rolle. Vor dem Hintergrund, dass bereits heute knapp 30 GW Wind-onshore-Kapazität installiert sind, ist das Ziel der Bundesregierung von 36 GW Windenergiekapazität im Jahr 2050 realistisch (vgl. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Prognos AG und Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH 2011).

Windenergie offshore

Bei den Offshore-Anlagen stecken wir noch in der Pionierphase. Wir erwarten nach der Fertigstellung der augenblicklich im Bau befindlichen Offshore-Windparks eine Reifephase der Industrie. Damit einher geht eine signifikante Reduktion der Stromgestehungskosten von derzeit 15 ct pro kWh_{el} auf 10 ct pro kWh_{el} im Jahr 2020. Diese Kostenreduktion wird maßgeblich durch Produktivitätssteigerungen in den drei Hauptkomponenten eines Offshore-Windparks realisiert. Erstens, die steigende Nachfrage nach Windenergieanlagen führt zu mehr Wettbewerb unter den Anlagenherstellern und damit zu niedrigeren Preisen und höheren Anreizen für Forschung und Entwicklung. Zudem werden die Turbinen größer und leistungsstärker. Zweitens, durch die Standardisierung der Konstruktionen und Normen von Fundamenten sowie der Serienfertigung werden die Fundamentkosten abnehmen. Drittens, durch zukünftige Synergien bei der Wartung und Instandhaltung von Offshore-Windparks werden Kostensenkungen eintreten. Technologiseitig ist somit noch einiges zu leisten.

Dies gilt ebenso für regulatorische Maßnahmen. Unsere Herangehensweise an den Naturschutz könnte dabei mehr Pragmatismus vertragen. Beispielsweise haben wir sehr strenge Lärmschutzvorgaben für die Errichtung der sogenannten Monopiles (Fundamenttyp bei dem ein Stahlrohr in den Meeresboden gerammt wird). Konkret dürfen wir einen

Dezibel Wert von 160 nicht überschreiten, um den Lebensraum der Schweinswale, der in Europa unter Artenschutz steht, nicht zu stark zu beeinträchtigen. Diese starren Vorgaben führen zu aufwändigen und teuren Verfahren bei der Gründung von Offshore-Anlagen mittels Monopiles. In Großbritannien geht man mit diesem Sachverhalt pragmatischer um. Der Lärmpegel wird von einem niedrigen Niveau kontinuierlich innerhalb von ein bis zwei Stunden auf 160 Dezibel gesteigert. Dadurch ziehen sich die Schweinswale temporär in andere Gewässer zurück.

Wasserkraft

Die Wasserkraft ist eine sehr wettbewerbsfähige Form der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, bietet allerdings in Deutschland kaum noch Ausbaupotenzial. Dafür gibt es vor allen Dingen Naturschutzgründe. Große Potenziale für mittelgroße bis große Lauf- und Speicherwasserprojekte liegen jedoch in Südosteuropa und der Türkei.

Biomasse

Die Kostendegressionspotenziale bei der Biomasse sind leider äußerst gering. Die Technologie ist bekannt und konventionellen Kraftwerken sehr ähnlich, aber die weitaus höheren Brennstoffkosten gegenüber einem Braun- oder Steinkohlekraftwerk – trotz CO₂-Preis – benachteiligen diese Energiequelle. Der Wettbewerbsnachteil wird dadurch verstärkt, dass die Förderung auf Kleinkraftwerke beschränkt ist, obwohl die spezifischen Investitionskosten, d.h. die Investitionskosten pro MW, mit der Größe erheblich abnehmen. Mit dieser Förderpolitik könnte die einzige kommerzielle Grundlasttechnologie der erneuerbaren Energie marginalisiert werden. In den aktuellen Diskussionen spielt Biomasse kaum eine Rolle, der Zubau von Biomassekraftwerken liegt weit hinter den Erwartungen zurück. Deshalb müssen wir in Deutschland zu einem Paradigmenwechsel kommen. Das Motto »small is beautiful« muss auf den Prüfstand.

Derzeit liegen die Stromgestehungskosten für Biomasseanlagen bei mehr als 12 ct pro kWh, und wir rechnen auch bis 2030 mit geringen Kostensenkungspotenzialen. Daher sollte die Politik darüber nachdenken, große Biomassekraftwerke mit einer Kapazität von mehr als 150 MW und Mitverfeuerung von Biomasse in existierenden Kohlekraftwerken zu fördern. Damit würde man mit geringem Aufwand und innerhalb kurzer Zeit große Mengen von CO₂ vermeiden. Die Stromgestehungskosten (kleiner 9 ct pro kWh) dieser Option und folglich auch die CO₂-Vermeidungskosten sind sehr viel niedriger.

In Großbritannien und den Niederlanden wird diese Form der Stromerzeugung aus Biomasse bereits praktiziert. In

² Als Faustwert gilt etwa 1% Ertragssteigerung pro Meter Nabenerhöhung.

Deutschland scheitert eine Umsetzung vor allen Dingen am Widerstand der Politik. Dabei wird häufig das Argument bemüht, dass man die Kohle nicht »grün anstreichen« möchte. Man muss sich allerdings darüber im Klaren sein, dass Biomasse aus dem Ausland importiert werden muss, um die entsprechenden Volumina für Großkraftwerke bereitstellen zu können. Das setzt eine Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette von der Biomasseproduktion über den Handel bis zur Stromerzeugung voraus.

Photovoltaik

Mit einer Sonneneinstrahlung, die derjenigen von Alaska entspricht, ist Deutschland wenig prädestiniert für Solarenergie. Mit durchschnittlich 850 Volllaststunden, bei 8 760 Jahresstunden, muss der Strom für rund 90% des Jahres aus anderen Quellen kommen. Es gibt in Europa aber durchaus Länder, in denen die Volllaststunden an guten Standorten bei mehr als 1 800 liegen. Die Stromgestehungskosten sinken ceteris paribus entsprechend.

Deshalb sollte die Nutzung erneuerbarer Energieträger als eine kooperative, europäische Aufgabe verstanden werden. Anstatt Strom aus Photovoltaikanlagen in Flensburg auf dem Hausdach zu produzieren, wäre eine Produktion in Spanien oder in Marokko kosteneffizienter.

Man muss der Photovoltaik allerdings zugestehen, dass sie von ihrem sehr hohen Kostenniveau aufgrund der vorteilhaften Förderung zu einem Massenprodukt geworden ist. Durch die hohe Standardisierung und großvolumige Zell- und Modulproduktion, insbesondere in Asien, sowie die Spezialisierung eines gesamten Wirtschaftszweigs auf die Installation der Photovoltaikanlagen, konnten enorme Kostensenkungen erreicht werden. Deshalb kann man davon ausgehen, dass in südeuropäischen und nordafrikanischen Ländern Photovoltaik auf absehbare Zeit gegenüber dem dortigen Großhandelsstrompreis wettbewerbsfähig wird.

Man darf allerdings nicht vergessen, dass die starken Kostendegressionen durch enorme anfängliche Subventionen überhaupt möglich gemacht wurden. Damit ist die Photovoltaik eine volkswirtschaftliche Fehlallokation. Sinnvoller wäre es, diese Subventionen in die Förderung von Speichertechnologien und den dringend notwendig Netzausbau zu investieren.

Volatilität der Erzeugung als Wettbewerbsnachteil

Neben den Stromgestehungskosten der erneuerbaren Energien spielt die Integrationsfähigkeit dieser Technologien und

die dadurch entstehenden indirekten Kosten eine entscheidende Rolle.

Wind und Sonne sind volatile Energiequellen mit sehr geringen Grenzkosten. Dies in Kombination mit dem Einspeisevorrang von Strom aus erneuerbaren Energien führt bei starkem Wind und schönem Wetter zu einer Verschiebung der Angebotskurve nach außen. Fällt diese Situation mit Schwachlast im System, z.B. an Sonntagen oder nachts, zusammen, sind konventionelle Kraftwerke teilweise bereit, für die Abnahme ihrer Stromproduktion zu bezahlen. Diese Situation ist ein Auswuchs des unkontrollierten, massiven Ausbaus der erneuerbaren Energien, die sich bei Einhaltung der Ausbauziele der Bundesregierung für Erneuerbare bis 2020 weiter zuspitzen wird (vgl. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Prognos AG und Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung mbH 2011).

Eine Notwendigkeit zur erfolgreichen Integration der Erneuerbaren ist daher die Vorhaltung von Reservekapazitäten. Um die hohe Versorgungssicherheit im deutschen Stromnetz aufrechtzuerhalten, sind flexible Kraftwerke, z.B. offene Gasturbinen, notwendig. Auch Blindleistung, das »Schmieröl« des Stromnetzes, kann nur im begrenzten Umfang von Erneuerbaren zur Verfügung gestellt werden.

Weitere Maßnahmen, die durch die Einbindung der erneuerbaren Energien notwendig werden, sind der Netz- und Speicherausbau. Der zügige Netzausbau wird durch zeit- und kostenintensive Genehmigungsverfahren erschwert. Diese dauern, nicht zuletzt aufgrund mangelnder öffentlicher Akzeptanz, im Schnitt zwischen acht und zehn Jahren. Unter diesen Bedingungen kann die Notwendigkeit zur bedarfsgerechten Verteilung des Offshore-Windenergiestroms und des Onshore-Windenergiestroms aus den nördlichen Bundesländern nur schwer erreicht werden.

Ein weiterer Schlüssel zum Gelingen der Energiewende ist die Speicherung. Bei Stromgestehungskosten von unter 10 ct pro kWh sind Pumpspeicherkraftwerke augenblicklich die Speicher der Wahl. Man darf auch nicht vergessen, dass neben Tagesspeichern auch saisonale und sogar jährliche Speicher notwendig sein werden, um die Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Haupttreiber Klimawandel – die Unsicherheiten nehmen zu

Neben dem Klimaschutz gibt es weitaus wichtigere Gründe, warum es sinnvoll ist, erneuerbare Energien auszubauen, wie z.B. die Importabhängigkeit von fossilen Rohstoffen. Deshalb müssen wir zu einer sachlichen und kontroversen Diskussion über die Auswirkungen und Folgen der Klimaveränderung zurückkehren. Es ist richtig, dass die Konzen-

tration an CO₂ in der Atmosphäre seit der Industrialisierung angestiegen ist. In der gleichen Zeit hat aber auch die Sonnenaktivität zugenommen. Viele Wissenschaftler führen den Temperaturanstieg auf das CO₂ zurück, aber dies passt nicht zu der Tatsache, dass die globale Temperatur seit 1998 nicht mehr gestiegen ist. Wir stellen aber fest, dass in dieser Zeit die Sonnenaktivität abgenommen hat und kosmische Strahlen bis in die tiefen Wolken eindringen und die Wolkendichte erhöhen, wodurch es kälter wird. Wir befinden uns in einem der schwächsten Sonnenzyklen seit 100 Jahren, und viele Solarforscher sagen eine sich weiter abschwächende Sonne voraus.

Es ist schon bemerkenswert, dass es dem Weltklimarat (IPPC) gelungen ist, die seit tausenden von Jahren stattfindenden Temperaturschwankungen, die gut mit der Sonnenaktivität korrelieren, in den Klimaprognosemodellen auf eine vernachlässigbare Größe zu reduzieren. Wir wissen aber, dass, als Grönland vor 1 000 Jahren von den Wikingern besiedelt wurde, die Erdtemperatur etwa genauso hoch war wie heute. 500 Jahre später hat die kleine Eiszeit zu einer Absenkung der Erdtemperatur um etwa 1°C gegenüber dem langjährigen Mittel geführt. Wir können diesen etwa 1 000-jährigen Zyklus rund 7 000 Jahre verlässlich zurückverfolgen. Dieses Auf und Ab in der Menschheitsgeschichte wurde nicht durch das CO₂, sondern durch die Sonne bewirkt.

Dazu kommt ein weiterer Einfluss, der wenig bedacht wird. Neben der Nordatlantischen Oszillation gibt es die sogenannte Pazifische Dekaden-Oszillation, die in einem 60-jährigen Zyklus zwischen Kalt- und Warmphase hin und her schwingt. In den Berichten des IPPC sind diese Fluktuationen nicht enthalten. Dort spielt nur der Einfluss von CO₂ bzw. CO₂-Äquivalenten auf die Temperaturentwicklung eine Rolle.

Berücksichtigt man diese natürlichen Fluktuationen, kommt man zu einer ganz anderen Trendlinie, die entscheidend von der IPPC-Prognose abweicht, aus der die oft zitierte Temperaturerhöhung von 4°C stammt. Diese Prognose ist unserer Einschätzung nach eine Überzeichnung und schürt unbegründet Angst, was für die Entwicklung eines nachhaltigen Konzepts für die Energiewende eher hinderlich ist (vgl. Vahrenholt und Lüning 2012).

Meine These lautet: Wir können uns für den Umbau unseres Energiesystems, der erhebliche negative Folgen für die Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit unserer Stromerzeugung hat, etwas mehr Zeit lassen als geplant. Die sich abkühlende Sonne gibt uns die Zeit, mit Vernunft und Augenmaß den Umbau der Energieversorgung in Deutschland vorzunehmen.

Literatur

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Prognos AG und Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (2011), *Energieszenarien 2011*, online verfügbar unter: http://www.ewi.uni-koeln.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Studien/Politik_und_Gesellschaft/2011/EWI_2011-08-12_Energieszenarien-2011.pdf.

Vahrenholt, F. und S. Lüning (2012), *Die kalte Sonne – warum die Klimakatastrophe nicht stattfindet*, Hoffmann und Campe, Hamburg.

Erneuerbare Energieträger zur Stromerzeugung unterschiedlich nah an der Wettbewerbsfähigkeit

Kommentar zum Vortrag Wettbewerbsfähigkeit von erneuerbaren Energieträgern

15

Gegenwärtig ist Strom aus erneuerbaren Energiequellen in Deutschland mit Ausnahme der Erzeugung durch Laufwasserkraftwerke nicht wettbewerbsfähig gegenüber der konventionellen Stromerzeugung. Ein wesentlicher Grund dafür ist die geringe Energiedichte des Dargebots an erneuerbaren Energieträgern, insbesondere von Wind und Sonne. Um diese Energien nutzbar machen zu können, sind umfangreiche, über große Flächen verteilte Investitionen erforderlich. Das gilt aber auch für den Einsatz großer Mengen von Biomasse, für deren Produktion große Flächen benötigt werden.

Derzeitige Situation bei der Nutzung erneuerbarer Energieträger

Grundsätzlich hat die Stromerzeugung aus Wind und Sonne die größten Potenziale, und sie nehmen daher auch im Energiekonzept der Bundesregierung einen herausragenden Platz ein. Ihre Nutzung wirft aber auch große Probleme auf:

- Niedrige Vollnutzungsstunden und eine fluktuierende Erzeugung führen zu einer vergleichsweise geringen Kapitalproduktivität der Anlagen. Die Auslastung soll erhöht werden, indem man in Regionen mit höherem Wind- oder Sonnenaufkommen geht oder verstärkt auf technische Fortschritte setzt.
- Nur ein vergleichsweise kleiner Teil der installierten Leistung der Wind- und Sonnenkraftwerke ist sicher verfügbar. Um die Versorgungssicherheit aufrecht zu erhalten zu können, sind leistungsstarke und flexibel einsetzbare Reserve- und Regelkraftwerke erforderlich.
- Gegenwärtig substituieren Wind- und Sonnenstrom – aufgrund der weitgehend fehlenden Leistungskomponente – überwiegend den Brennstoffeinsatz in fossil befeuerten Kraftwerken. Daher bietet es sich an, Strom aus erneuerbaren Energieträgern anhand des verdrängten Brennstoffkostenmix oder anhand der gegenwärtigen Notierungen an der Strombörse zu bewerten. Ein Vergleich zeigt, dass sich für Erdgas mit den heute bestehenden Anlagen im Durchschnitt Brenn-

stoffkosten der Stromerzeugung in Höhe von 6,6 ct/kWh ergeben, für Steinkohle in Höhe von 3,3 ct/kWh und für Braunkohle in Höhe von 0,5 ct/kWh. Damit besteht eine erhebliche Differenz zu den Stromgestehungskosten für Windkraft (onshore) mit rund 8 ct/kWh und für Photovoltaik mit etwa 22 ct/kWh. Nun könnte man diese Differenz überbrücken, indem man die Preise für CO₂-Zertifikate spürbar erhöht. Gegenwärtig liegen sie bei knapp unter 10 Euro/t CO₂. Die Brennstoffkosten der fossilen Erzeugung kommen aber erst ab einem Zertifikatspreis von 50 Euro/t CO₂ in die Nähe der Windstromerzeugung.

Perspektiven der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern

Es ist davon auszugehen, dass Onshore-Windkraftanlagen zuerst das Stadium der Wettbewerbsfähigkeit erreichen werden. Bei Offshore-Windkraftanlagen und vor allem bei der Photovoltaik dürfte es noch wesentlich länger dauern, wettbewerbsfähig zu werden. Das setzt aber auch für die Windkraft an Land entsprechende Veränderungen am Markt voraus. Grundsätzlich müssten folgende Bedingungen erfüllt sein:

- ein kräftiger Anstieg der Brennstoffpreise und/oder Verteuerung der CO₂-Zertifikate,
- ein Rückgang der spezifischen Investitionen für Anlagen zur Stromerzeugung durch erneuerbare Energieträger,
- die Steigerung der Ausnutzungsdauer an Land durch Repowering, d.h. durch den Ersatz vorhandener Anlagen durch leistungsfähigere und



Hans-Dieter Karl*

* Hans-Dieter Karl ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Industrieökonomik und neue Technologien am ifo Institut.

Der Beitrag ist eine gekürzte Fassung des Vortrags. Die Langfassung erscheint im Tagungsband des Symposiums, herausgegeben von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

größere Windkraftwerke, die gut 2 000 Volllaststunden pro Jahr erreichen werden.

Dagegen ist zu erwarten, dass Offshore-Windkraftwerke eine Ausnutzungsdauer von rund 4 000 Stunden pro Jahr haben werden. Allerdings sind für diese Anlagen wesentlich höhere spezifische Investitionen erforderlich als für an Land errichtete Windkraftwerke.

Die Frage der Leistungssicherung, d.h. der Versorgungssicherheit, bleibt dabei aber weiter ausgeklammert.

Wirtschaftlichkeit der Stromerzeugung

Letztlich kommt es darauf an, dass die gesamte Stromerzeugung wirtschaftlich ist. Es wird kaum bestritten, dass die Energiewende unter den derzeitigen Bedingungen zunächst zu einem starken Kostenschub führen wird. Im Rahmen dieser Anpassung sollte man daher überlegen, welche Schritte zu einer Begrenzung des Kostenanstiegs vorgenommen werden könnten. Dazu gehören:

- Die Konzentration des Ausbaus auf »Erneuerbare« mit niedrigen Erzeugungskosten, also vor allem auf die Windenergie; das erfordert eine Umgestaltung der Förderprogramme.
- Die Sicherung der Versorgung durch den Zubau von Kraftwerksleistung mit niedrigen spezifischen Investitionen, wie etwa Gasturbinen. Gegenwärtig gibt es noch ausreichend Kraftwerke, die die anfallenden Regelaufgaben wahrnehmen können. Aber auf längere Sicht werden viele dieser Anlagen außer Betrieb genommen. Sie müssten bevorzugt durch Kraftwerke mit geringem Investitionsaufwand ersetzt werden.
- Die Errichtung von Speicheranlagen, deren Bedeutung künftig noch zunehmen wird.

Auf lange Sicht wird es zu einer Veränderung in der Kostenstruktur der Stromerzeugung kommen. Die Strombereitstellung soll dann überwiegend durch erneuerbare Energieträger übernommen werden und nur ein vergleichsweise kleiner Teil durch konventionelle Kraftwerke. Die fossil befeuerten Kraftwerke werden zusammen mit Speicheranlagen aber noch für lange Zeit durch die Bereitstellung von Leistung die Sicherheit der Stromversorgung gewährleisten müssen. Möglicherweise lassen sich mit der neuen Anlagenstruktur aber auch Kapitalkosten sparen, indem vor allem konventionelle Kraftwerke mit niedrigen spezifischen Investitionen für diese Leistungsvorhaltung herangezogen werden.

Der Klimawandel, die Knappheit fossiler wie auch metallischer und mineralischer Rohstoffe sowie die steigende Weltbevölkerung stellen unsere moderne Industriegesellschaft in den nächsten Jahrzehnten vor vielfältige Herausforderungen. In der Folge steht ebenso die zukünftige Energieversorgung vor einem fundamentalen Wandel. Zukünftig werden überwiegend regenerative Quellen, insbesondere Wind und Sonne, die Energiebereitstellung übernehmen. Auch Nachwachsende Rohstoffe sind ein potenzieller Baustein im zukünftigen Energiemix. Darüber hinaus werden sie schon seit längerem als Ausgangsstoff für Kraftstoffe und in geringem Maße in der Chemischen Industrie eingesetzt. Die hierfür erforderlichen Agrar- und Futtermittelflächen, welche naturgemäß begrenzt sind, sollen allerdings in erster Linie für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden. Flächenumwandlungen oder gar Flächenvergrößerung sind aus naturschutzfachlichen Aspekten nicht ohne weiteres möglich. Die daraus resultierende »Teller-oder-Tank«-Diskussion ist hinlänglich bekannt und wird sicher weitergeführt, da angesichts der steigenden Weltbevölkerung langfristig mit einer gesteigerten Nachfrage nach pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln zu rechnen ist. Die Flächen- und Nutzungskonkurrenz wird sich somit sicherlich weiter verschärfen.

Globale Herausforderungen

Die Frage nach einer sicheren und bezahlbaren Energieversorgung dominiert die öffentliche Diskussion seit der Katastrophe von Fukushima und dem damit einhergehenden abrupten Richtungswechsel in der Energiepolitik der Bundesregierung mehr denn je. Der in Deutschland beschlossene Ausstieg aus der Kernkraft bis 2022 und die Tatsache, dass die konventionellen Energiequellen wie Erdöl und Erdgas in wenigen Jahrzehnten versiegen werden, sind mit großen technischen und politischen Herausforderungen verbunden. Zwar gibt es auf der Erde Kohle noch für Jahrtausende, allerdings stellt deren Nutzung angesichts des drohenden irreversiblen Klimawandels keine nachhaltige Perspektive dar.

Der Verbrauch fossiler Energierohstoffe steigt seit Beginn der Industrialisierung unaufhörlich an. Gleichzeitig kann ein Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre verzeichnet werden, der mit dem Temperaturanstieg auf der Erde korreliert. Dennoch treten immer wieder Skeptiker auf den Plan, die den anthropogenen Einfluss relativieren oder bisweilen sogar hartnäckig abstreiten. Das Vorsorgeprinzip gebietet jedoch, sich im Zweifel für den sicheren Weg zu entscheiden – und das heißt klar, den Klimawandel ernst zu nehmen.

Die Weltgemeinschaft hat sich daher, zuletzt 2010 in Cancún und 2011 in Durban, mit großer Mehrheit dazu bekannt, gemäß den Ergebnissen des IPCC den Temperaturanstieg gegenüber vorindustrieller Zeiten bis zum Jahr 2100 auf max. 2 °C begrenzen zu wollen. Dies ist zweifelsohne ein außerordentlich ambitioniertes Ziel, hält man sich vor Augen, dass mit der derzeitigen Erhöhung von rund 0,9 °C beinahe die Hälfte dieses »Puffers« bereits ausgeschöpft ist.

Deshalb ist die Weltgemeinschaft aufgefordert, bis 2050 mindestens 50% ihrer klimarelevanten Emissionen zu mindern, die Industrieländer aller Voraussicht nach sogar bis zu 95% (vgl. IPCC 2007).

Zukünftige Substitutionsstrategien verfolgen eine möglichst vollständige Dekarbonisierung der Bereiche Strom, Wärme und Mobilität. Fossile Rohstoffe sollten dort



Martin Faulstich*,
Sebastian Egner** und
Markus Köglmeier***

* Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich ist Inhaber des Lehrstuhls für Rohstoff- und Energietechnologie an der Technischen Universität München.

** Dipl.-Ing. (FH) M.Sc. Sebastian Egner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie an der Technischen Universität München.

*** Dipl.-Ing. (FH), Markus Köglmeier ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie an der Technischen Universität München.

Der Beitrag ist eine gekürzte Fassung des Vortrags. Die Langfassung erscheint im Tagungsband des Symposiums, herausgegeben von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

zuerst substituiert werden, um sie während einer Übergangszeit noch für die stoffliche Nutzung einsetzen zu können, da etliche Prozesse und Verfahren beispielsweise in der chemischen und metallurgischen Industrie maßgeblich auf Kohlenstoff angewiesen sind. Trotz umfassender Bestrebungen, Biomasse und Kohlenstoffdioxid als regenerative Kohlenstoffträger der Zukunft zu gewinnen, werden Erdöl und in zunehmendem Maße Erdgas mittelfristig die führenden Kohlenstoffträger für die chemische Industrie bleiben (vgl. DECHEMA 2010).

Im Bereich der Energieversorgung ist – neben Energieeffizienzmaßnahmen als unabdingbare Basis – die wesentliche Aufgabe der Zukunft, flächendeckend regenerative Energiequellen zu erschließen sowie die dafür erforderliche Energieinfrastruktur zu schaffen.

Ein besonderes Augenmerk fällt dabei auch auf nachwachsende Rohstoffe, welche in vielerlei Hinsicht die Möglichkeit bieten, einerseits energetisch zur Erzeugung von Strom und (Prozess-)Wärme, andererseits stofflich zur Herstellung von Produkten und Kraftstoffen auf Kohlenwasserstoffbasis einen möglichen Beitrag zur regenerativen Energie- und Ressourcenwirtschaft leisten zu können.

Nachwachsende Rohstoffe sind erneuerbar und prinzipiell klimafreundlich, allerdings wird der intensivierte Anbau von Biomasse für stoffliche und energetische Nutzungspfade in der breiten deutschen Öffentlichkeit durchaus kontrovers diskutiert. Oftmals stützen sich sowohl Befürworter als auch Gegner der Biomassenutzung gleichermaßen auf Umweltschutzargumente. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) hat in diesem Kontext bereits 2007 für eine maßvolle und umweltverträgliche Biomassenutzung in Deutschland plädiert (vgl. SRU 2007).

Nachwachsende Rohstoffe in Deutschland

Nachwachsende Rohstoffe sind Erzeugnisse aus der Land- und Forstwirtschaft, welche in erster Linie stofflich, aber auch zur Erzeugung von Strom, Wärme oder Kraftstoffen genutzt werden und nicht als Nahrungs- oder Futtermittel Verwendung finden. Das Produktportfolio bei der stofflichen Umsetzung ist sehr groß. Nachwachsende Rohstoffe sind schon lange ein wesentlicher Bestandteil unseres Alltags. Beispielsweise für Holz- und Naturdämmstoffe im Bauwesen, für biobasierte und naturfaserverstärkte Kunststoffe, Farben, Klebstoffe, Pflegemittel, Lacke und Papier als auch für Holz-Polymer-Werkstoffe dienen nachwachsende Rohstoffe als biogene Ausgangsstoffe. Weiterhin können aus nachwachsenden Rohstoffen in speziellen Bio-Raffinerien chemische Grund-, Fein- und Spezialchemikalien als auch Pharma- und Arzneimittelprodukte hergestellt werden. Angesichts dieser vielfältigen Perspektiven forciert die Bundesregierung den

weiteren Ausbau der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe (vgl. BMELV 2009).

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland ist im Erntejahr 2011 um rund 120 000 ha auf insgesamt knapp 2,3 Mill. ha (davon 86% für energetisch und 14% für stofflich genutzte Pflanzen) angestiegen. Treiber war allen voran die Biogastechnologie. Damit nehmen nachwachsende Rohstoffe hierzulande inzwischen ein Fünftel der etwa 12 Mill. ha Ackerfläche ein (vgl. FNR 2011). Bei der Forstwirtschaft verhält es sich umgekehrt: Rund 40% gehen in die energetische Nutzung, knapp 60% in die stoffliche Nutzung (vgl. Mantau 2009). Angesichts dieser Entwicklung stellt sich die grundlegende Frage, wo die Grenzen für den Ausbau der nachwachsenden Rohstoffe liegen.

Prinzipiell ist die Fläche der limitierende Faktor. Theoretisch ließe sich ein stetig forcierter Anbau von nachwachsenden Rohstoffen durch folgende Strategien realisieren:

- Flächenvergrößerung,
- Nutzungsintensivierung und
- Nutzungsänderung.

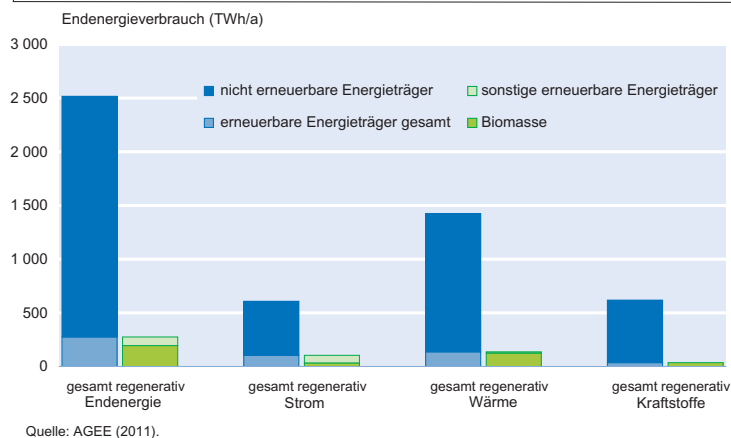
Die absolute Fläche ist territorial begrenzt, eine diesbezügliche Flächenvergrößerung scheidet daher ohnehin aus. Eine Flächenumwandlung beispielsweise von Wald- oder auch Wasserflächen in landwirtschaftliche Nutzflächen unterliegt strengen Restriktionen und wird nicht angestrebt. Auch die Umwandlung von Grünland sollte tabu sein. Eine intensive Bewirtschaftung der bestehenden Flächen stößt schnell an ökologische Grenzen, was Biodiversität, Boden- und Gewässerschutz betrifft. Aufgrund dieser Tatsachen bleibt die Nutzungsänderung die einzige Option mit dem theoretisch größten Potenzial, um den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen weiter zu erhöhen.

Eine Nutzungskonkurrenz ist folglich immer gegeben. Liegt der Fokus des Landwirts auf der Energieerzeugung, werden in der Konsequenz weniger biogene landwirtschaftliche Erzeugnisse für die Nahrungs- und Futtermittelerzeugung oder für die stoffliche Nutzung zum Beispiel in der chemischen Industrie zur Verfügung stehen. Wird die energetische Nutzung von Holz intensiviert, steht weniger Biomasse beispielsweise für die Papierindustrie zur Verfügung. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in Deutschland nur innerhalb der jeweiligen Nutzungspfade Verschiebungen möglich sind, ein weiterer Ausbau der nachwachsenden Rohstoffe ist nur in sehr begrenztem Maße möglich.

In der breiten Öffentlichkeit entsteht durch die vielfältige Berichterstattung über Holzhackschnitzel, Pellets und Biogasanlagen bisweilen der Eindruck, als wäre die Energieversorgung schon weitestgehend auf Biomasse umgestellt. Das ist mitnichten der Fall: Am Endenergieverbrauch in Deutsch-

Abb. 1

Anteil der Biomasse, sonstigen erneuerbaren Energieträgern sowie nicht erneuerbaren Energieträgern am Endenergieverbrauch in Deutschland für die Bereiche Wärme, Strom, Kraftstoffe



land (Strom, Wärme, Mobilität) haben erneuerbare Energieträger nur einen Anteil von 11% gegenüber 89% fossiler Energieträger (Stein-, Braunkohle, Mineralöl, Erdgas) und Kernenergie. Diese 11% erneuerbare Energieträger setzen sich derzeit zusammen aus rund 71% Biomasse (feste und flüssige Biomasse, Biogas, Deponie- und Klärgas, biogener Anteil des Abfalls, Biokraftstoffe), 14% Windkraft, 7% Wasserkraft und 8% Sonstige (vgl. AGEE-Stat 2011).

Etwa die Hälfte des Endenergieverbrauchs in Deutschland geht nach wie vor in die Wärmebereitstellung, die andere Hälfte etwa zu gleichen Teilen in die Strom- und Kraftstoffbereitstellung (vgl. Abb. 1).

Die Wärmebereitstellung erfolgt zu etwa 10% durch erneuerbare Energieträger (davon über 90% aus holzartiger Biomasse), bei der Kraftstoffbereitstellung liegt der Anteil erneuerbarer Energieträger bei 6%, die wiederum zu 100% biogenen Ursprungs sind.

Der SRU hatte bereits 2007 der Bundesregierung geraten, die Substitutionsquote bei Diesel und Benzin nicht zu erhöhen und von der geplanten Substitution von bis zu 20% Biokraftstoff abzusehen. Nach den Berechnungen des SRU ließen sich, selbst wenn man die komplette für den Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen vorgesehene Fläche in Deutschland ausschließlich für die Produktion von Biokraftstoffen nutzen würde, nur 7% des Diesels und Benzins substituieren. Ein Anteil von 20% Biokraftstoff hieße also, dass man etwa zwei Drittel davon importieren müsste, vielfach aus Ländern wie beispielsweise Brasilien, Malaysia oder Indonesien, wo ebenso entsprechende Nutzungskonkurrenzen auftreten können.

Die inländische Stromerzeugung basiert zu nahezu 20% auf regenerativen Quellen (vgl. Abb. 1), davon über 30% aus Biomasse.

Nachwachsende Rohstoffe weltweit

Nachdem in Deutschland nicht zu erwarten ist, dass die Nahrungsmittelversorgung der nationalen Bevölkerung durch den maßvollen Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen gefährdet ist, soll weiterführend nun die weltweite Situation betrachtet werden. Nach Angaben der »Food and Agriculture Organization« (FAO) wird die globale Landfläche nur zu etwa 38% für die Landwirtschaft genutzt, 62% unterliegen anderen Nutzungsformen, worunter auch Wüsten, Regenwälder oder die Forstwirtschaft fallen. Innerhalb der landwirtschaftlichen Nutzfläche dominieren Weideland und Ackerflächen sowie in geringem Maße Dauerkulturen ohne jährliche Fruchtfolge. Eine detailliertere Betrachtung der weltweiten Ackerflächen kommt zu dem Ergebnis, dass derzeit nur etwa zwei Drittel für die Ernährung (Lebensmittelproduktion) genutzt werden und rund ein Drittel zur Produktion von Viehfutter. Energiepflanzen werden lediglich auf 2% der Flächen angebaut.

Obwohl die Biomasseproduktion (Nachwachsende Rohstoffe) nur einen sehr geringen weltweiten Flächenanteil einnimmt (2%), kann sich auf regionaler bzw. nationaler Ebene, beispielsweise in Brasilien oder Malaysia, die Situation gänzlich anders darstellen. Auch nach Auffassung des SRU sollte dieser Anteil nicht weiter ausgebaut werden. Grund hierfür ist sowohl die stetig wachsende Weltbevölkerung als auch der weltweit ansteigende Lebensstandard, welcher mit dem erhöhten Verzehr von tierischem Protein einhergeht (vgl. Tab. 1).

Dieser Trend wirkt sich insbesondere auf die erforderliche landwirtschaftliche Fläche aus. Eine Reduktion des Verzehrs tierischer Proteine zugunsten pflanzlicher Proteine würde den Nutzungsdruck auf die landwirtschaftlichen Flächen reduzieren.

Nachhaltige Energieversorgung

Soll die Biomasse einen Beitrag zur Energieversorgung leisten, so darf dies nur in Maßen erfolgen. Primäres Ziel ist es,

Tab. 1
Fleischkonsum und für die Landwirtschaft zur Verfügung stehende Fläche ausgewählter Länder; 2007

	Fleischkonsum kg/(Person x Jahr)	Landw. Fläche ha/(Person x Jahr)
USA	123	1,33
Deutschland	88	0,21
China	53	0,40
Indien	3	0,15

Quelle: UN (2009); Bruinsma (2009).

die Nachwachsenden Rohstoffe aus Land- und Forstwirtschaft sowie biogene Reststoffe und Abfälle jeweils in effizienten und nachhaltigen Verwertungspfaden zu nutzen. Darauf wird auch in den Empfehlungen des Bio-ÖkonomieRats zum Thema »Nachhaltige Nutzung von Bioenergie« (BÖR 2012) sowie den Nationalen Biomasseaktionsplan für Deutschland (BMELV 2011) hingewiesen.

Während in der Landwirtschaft grundsätzlich immer die Konkurrenz zwischen »Teller, Tank, Wärme, Strom und Grundstoffen« besteht, können insbesondere biogene Reststoffe und Abfälle, beispielsweise Holzpellets aus Sägewerksabfällen, Bioabfall oder Landschaftspflegegut energetisch eingesetzt werden. Selbst die Hälfte unseres Hausmülls ist letztlich biogenen Ursprungs. Auch die Nutzung von Koppel- und Nebenprodukten in verschiedenen Nutzungskaskaden trägt zu einer nachhaltigen »Biomasse-Strategie« bei (vgl. Arnold et al. 2009).

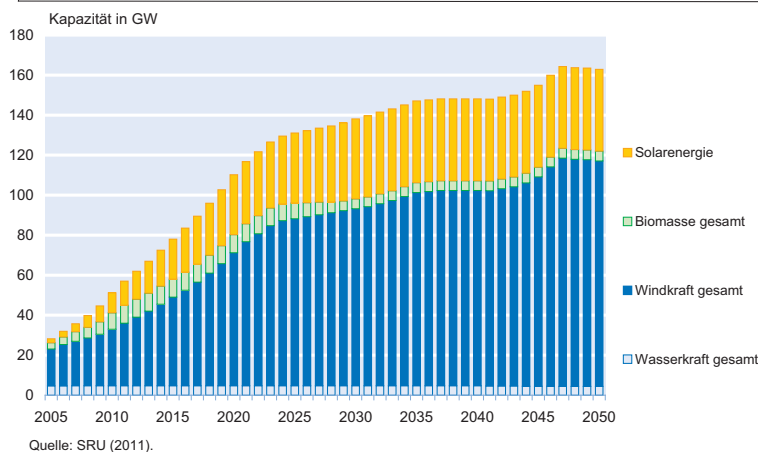
Beispielsweise können Scheitholz, Hackschnitzel und Pellets vorrangig einen Beitrag zur Wärmebereitstellung leisten. Weiterhin eignen sich Hackschnitzel und Biogas besonders gut zur Erzeugung von »erneuerbarem« Strom. Im Bedarfsfeld Mobilität sollte die Biomasse in Form von Biogas und durch »Flottenkraftstoffe« zum Einsatz kommen. Anstelle einer generellen Beimischung sollte diese begrenzte Menge an Biokraftstoff vorrangig in Bus-, Logistik- oder Taxi-Flotten eingesetzt werden. Die dafür erforderliche Biomasse von land- und forstwirtschaftlichen Flächen muss dabei stets unter nachvollziehbaren Nachhaltigkeitsstandards produziert werden.

Neben diesen nachhaltigen Nutzungsoptionen der Biomasse stellt sich weiterführend die grundsätzliche Frage, ob in Zukunft eine vollständig regenerative Energieversorgung möglich ist und welche Rolle die Biomasse hier einnimmt. Berechnungen des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU 2011) zeigen, dass dies prinzipiell bis zum Jahr 2050 machbar ist. Die Zusammensetzung des Erneuerbaren-Mixes aus den einzelnen regenerativen Energieträgern ist dabei in Szenarien nach den voraussichtlich zu erwartenden Kosten berechnet worden.

Die Stromerzeugungskapazitäten verteilen sich vorrangig auf die Quellen Windkraft, Solarenergie und Wasserkraft (vgl. Abb. 2). Den Großteil des Stroms erzeugen in Zukunft vermutlich Offshore-Windkraftanlagen, da der Bau von einigen Tausend Großanlagen nur »offshore« hinsichtlich Leistung und Anzahl der Standorte, Akzeptanz und Eingriffe in Natur und Landschaftsbild vorteilhaft erscheint. Die Biomasse hingegen geht im Bereich der Stromver-

Abb. 2

Entwicklung der regenerativen Stromerzeugungskapazitäten (Szenario 2.1.a / 509 TWh/a in 2050)



sorgung bis 2050 tendenziell sogar auf einen Anteil von unter 10% zurück, da diese vorrangig für Kraftstoffe und chemische Grundstoffe genutzt wird und für die Verstromung langfristig kaum preiswerter werden wird. Während aus Wind- und Solarenergie fluktuierend Strom erzeugt wird, welcher wenig regel- und prognostizierbar ist, kann die Biomasse eine wichtige systemstabilisierende Funktion einnehmen (vgl. SRU 2011). Ein noch vielfach ungenutztes Potenzial bieten hierin vor allem biogene Rest- und Abfallstoffe.

In einem System mit 100% erneuerbaren Energieträgern, welches weitestgehend strombasiert ist, spielt innerhalb der großtechnischen Speicherung vor allem die Konversion eine maßgebliche Rolle. Durch Strom kann mittels Elektrolyse aus Wasser Wasserstoff erzeugt werden, welcher anschließend in einem weiteren Prozessschritt mit Kohlenstoffdioxid in Methan oder Methanol umgewandelt wird. Für die Stromerzeugung kommen dann auch die windreichen Standorte an südamerikanischen Küsten oder sonnenreiche Wüsten in Betracht. Die dort erzeugten Kohlenwasserstoffe können weltweit in bewährten etablierten Infrastrukturen transportiert werden und flexibel in den Bereichen der Strom- und Wärmezeugung als auch im Mobilitätssektor und der Grundstoffindustrie Verwendung finden.

Ausblick

Globale Herausforderungen wie Klimawandel und Rohstoffknappheit, die steigende Weltbevölkerung sowie der weltweit steigende Lebensstandard haben vielfältige Auswirkungen auf die Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen. Bezogen auf die Landwirtschaft bedeutet dies eine steigende Nachfrage nach Nahrungsmitteln und nach tierischem Protein wie Fleisch, Milch und Milchprodukten

bei gleichzeitig sinkender Ackerfläche pro Kopf. Aufgrund von Flächendegradierung durch Auslaugung, Erosion, Versalzung und Wüstenbildung wird die zur Verfügung stehende Ackerfläche weiter eingeschränkt werden. Hieraus folgt in den nächsten Jahrzehnten sicherlich eine Verschärfung der Flächenkonkurrenz. Selbst moderne Züchtungsmethoden und der umstrittene Einsatz von grüner Gentechnik können diese Nutzungskonkurrenz kaum ernsthaft entspannen. Für eine nachhaltige Nutzung von Biomasse ergeben sich folglich klare Prioritäten. An erster Stelle gilt es, das Gros der Ackerfläche für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion zu nutzen. Anschließend folgt die stoffliche Nutzung der Biomasse – inklusive der Erzeugung von höherwertigen Kohlenwasserstoffen. Zuletzt sollte die Biomasse für die energetische Nutzung eingesetzt werden, wobei hier neben der Nutzung der originären Biomasse in Kaskaden der Fokus ebenso auf biogene Reststoffe und Abfälle zu legen ist.

Letztlich stellt sich immer die Frage, wo kann der fossile Rohstoff am Besten und am Kostengünstigsten substituiert werden. Beim Anbau der Biomasse in der Land- und Forstwirtschaft ist zudem die Einhaltung strenger Nachhaltigkeitsstandards notwendig. Auch importierte Biomasse muss nach ebenso strengen Anforderungen zertifiziert sein, wobei die Umsetzung dieser Forderung einen enormen Überprüfungsaufwand bedeuten würde (vgl. UBA 2010).

Das zukünftige Energiesystem wird allen voran auf den Energieträgern Windkraft, Solarstrahlung und Wasserkraft basieren, deren Nutzung an günstigen Standorten erfolgt. Die daraus gewonnene Energie kann für den Strom- und Wärmeeinsatz, für Mobilitätsw Zwecke sowie für die Grundstoffindustrie verwendet werden. Eine nachhaltige Industriegesellschaft, die auf überwiegend erneuerbaren Energien und zudem auf weitgehend geschlossenen Stoffkreisläufen basiert, ist also durchaus eine realistische Vision.

Literatur

- AGEE Stat – Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien (2011), Zeitreihen zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.
- Arnold, K. et al. (2009), »Kaskadennutzung von nachwachsenden Rohstoffe: Ein Konzept zur Verbesserung der Rohstoffeffizienz und Optimierung der Landnutzung«, Wuppertal Papers Nr. 180, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal.
- BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2010), *Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen*, Kurzstudie, Hannover.
- BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2009); *Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe*, Berlin.
- BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2011), *Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland – Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung*, Berlin.
- BÖR – Forschungs- und Technologierat Bioökonomie (2012), *Nachhaltige Nutzung von Bioenergie: Empfehlungen des BioÖkonomieRats* Nr. 03, Berlin.
- BP (2011), BP Statistical Review of World Energy, online verfügbar unter: <http://www.bp.com/sectionbodycopy.do?categoryId=7500&contentId=7068481>; aufgerufen am 20. Januar 2012.
- Bruinsma, J. (2009), »The Resource Outlook to 2050«, Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
- DECHEMA (2010), *Rohstoffbasis im Wandel*, Positionspapier, gemeinsamer Arbeitskreis GDCh, DecHEMA, DGKM und VCI, Frankfurt am Main.
- FAO STAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011), Datenbank, aufgerufen am 20. Januar 2012.
- FNR – Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2011), *Jahresbericht 2010/2011 der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V.*, Gülzow.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001), »Indicators of the human influence on the atmosphere during the Industrial era«.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), *Klimaänderung, Synthesericht, deutsche Übersetzung zum IPCC-Bericht »Climate Change 2007«*, Berlin (2008).
- Mantau, U. (2009), »Holzrohstoffbilanz Deutschlands: Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012«, v.TI *Landbauforschung Agriculture and Forestry Research* Sonderheft 327, 27–36.
- PBL – Netherlands Environmental Assessment Agency (2011), »Total final energy consumption 2011«, online verfügbar unter: <http://themasites.pbl.nl/en/themasites/hyde/consumptiondata/totalenergy/index.html>; aufgerufen am 20. Januar 2012.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2007), *Klimaschutz durch Biomasse*, Sondergutachten, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG., Berlin.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2011), *Wege zur 100% erneuerbaren Stromversorgung*, Sondergutachten, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. (Hrsg.), Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin.
- UBA – Umweltbundesamt (2010), *Entwicklung von Strategien und Nachhaltigkeitsstandards zur Zertifizierung von Biomasse für den internationalen Handel*, Dessau-Roßlau.
- UN (2009), *World Urbanization Prospects – The 2009 Revision*, Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat.
- WOR – World Ocean Review (2010), *Mit dem Meer leben*, Maribus GmbH, Hamburg.

Der Umbau des deutschen Energiesystems im Zuge der Energiewende wirkt sich in vielfältiger Weise auf die Ziele des energiepolitischen Zieldreiecks – Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit – aus. Diese Auswirkungen werden in der politischen und wissenschaftlichen Diskussion in der Regel nur punktuell aufgegriffen, eine systematische Darstellung der Ziele wie auch der Auswirkungen erfolgt jedoch selten. Der vorliegende Aufsatz gibt zunächst einen Überblick über die verschiedenen Ziele und betrachtet im Anschluss die Implikationen unterschiedlicher energiepolitischer Maßnahmen auf die Zielerreichung. Abgeschlossen wird der Beitrag durch einige grundsätzliche Überlegungen zum Design eines optimalen Energiesystems.



Karen Pittel*

Das Zieldreieck der Energiepolitik

Das sogenannte Zieldreieck der Energiepolitik – Wirtschaftlichkeit (Bezahlbarkeit), Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit – wird in Deutschland aus §1 des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) abgeleitet. Obwohl häufig separat betrachtet, stehen die einzelnen Ziele durchaus in Wechselwirkung miteinander. Im Folgenden werden die Ziele kurz bezüglich ihres Inhalts und des aktuellen Stands ihrer Realisierung betrachtet und im nächsten Abschnitt in Bezug auf die Auswirkungen der Energiewende untersucht.

Umweltverträglichkeit

Obwohl allgemein formuliert, wird das Ziel der Umweltverträglichkeit häufig allein im Sinne einer Reduktion der Kohlendioxidemissionen interpretiert. Auswirkungen der Energieversorgung auf die Umweltverträglichkeit, die über CO₂-Emissionen hinausgehen und auch durch die Nutzung erneuerbarer Energieträger entstehen, werden zwar teilweise thematisiert, jedoch in weit geringerem Umfang als die zu erwartenden Klimaschäden.

Abbildung 1 zeigt einen Versuch, die Umweltschäden aus der Energieversorgung

in umfassenderer Weise zu monetarisieren (vgl. auch DLR und ISI 2006).¹ Über die im Rahmen einer Lebenszyklusanalyse ermittelten Kosten aus CO₂-Emissionen hinaus wurden dabei Gesundheitschäden, Materialschäden und Ernteverluste in die Evaluierung einbezogen. Die Abbildung zeigt, dass die Kosten für nicht CO₂-bezogene Umweltschäden im Durchschnitt unter den prognostizierten Kosten für Schäden aus CO₂-Emissionen liegen. (Kosten aufgrund geänderter Flächennutzung, Landschaftsveränderung oder anderen sozialen oder kulturellen Effekten wurden allerdings nicht berücksichtigt.)

Versorgungssicherheit

In Bezug auf das Ziel der Versorgungssicherheit muss zwischen technischer und politischer Versorgungssicherheit unterschieden werden.² Technische Versorgungssicherheit bezieht sich darauf, wie gut ein System geeignet ist, zu jedem Zeitpunkt zuverlässig Strom zu liefern und auf technische Störungen zu reagieren. Hier schneidet Deutschland im europäischen Vergleich sehr gut ab (vgl. Röpke und Lippelt 2011).

Zur politischen Versorgungssicherheit gehört die Frage nach der Abhängigkeit und Verflechtung der Energieversorgung mit dem Ausland. Diese Abhängigkeit manifestiert sich beispielsweise in einer Konzentration von Energieträgerimporten aus

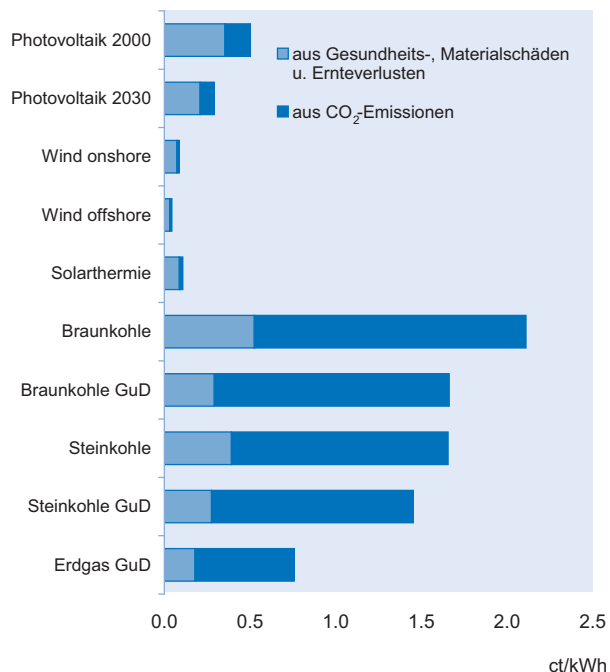
* Prof. Dr. Karen Pittel ist Leiterin des Bereichs Energie, Umwelt und erschöpfbare Ressourcen am ifo Institut und Inhaberin einer Professur für Volkswirtschaftslehre, insbes. Energie, Klima und erschöpfbare natürliche Ressourcen an der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Der Beitrag ist eine gekürzte Fassung des Vortrags. Die Langfassung erscheint im Tagungsband des Symposiums, herausgegeben von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

¹ Die Kernkraft fehlt in der Abbildung aufgrund der angesprochenen Schwierigkeiten, die Risiken bzw. die Kosten im Falle eines Unfalls abzuschätzen.

² Für einen Überblick über verschiedene Konzeptionalisierungen der unterschiedlichen Aspekte von Versorgungssicherheit vgl. auch Winzer (2011).

Abb. 1
Externe Kosten für verschiedene Technologien zur Stromerzeugung



Annahme: Schadenskosten von 15 Euro/t CO₂.
Quelle: DLR und ISI (2006).

bestimmten Ländern. Um eine Gefährdung der Versorgungssicherheit einschätzen zu können, muss aber auch berücksichtigt werden, wie hoch der Anteil der Importe eines Energieträgers am Gesamtverbrauch ist, wie wichtig dieser Energieträger für die Energieversorgung ist und wie zuverlässig die jeweiligen Handelspartner sind. In Deutschland ist beispielsweise die Abhängigkeit von einem Land (Russland) in Bezug auf Rohöl und Gas – also den Energieträgern, deren Anteil am Primärenergieverbrauch am höchsten ist – seit 1991 stark gestiegen und lag im Jahr 2009 für beide Energieträger bei einem Anteil von ca. 35% an der Gesamtimporten (vgl. Pittel und Lippelt 2012).

Zur Abschätzung und Quantifizierung der Versorgungssicherheit werden häufig preis- und mengenbezogene Indikatoren herangezogen, die die Risiken bewerten, die z.B. aus Marktkonzentration und Preisvolatilitäten resultieren (für einen Überblick vgl. Löschel et al. 2010). Problematisch sind insbesondere Preise, die volatil und schlecht prognostizierbar sind und Knappheiten nicht korrekt widerspiegeln. Als Folge kann es zu Engpässen in der Versorgung kommen, auf die das Energiesystem nicht ausgelegt ist und die die Planbarkeit erschweren.

Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung wird meist im Sinne einer preisgünstigen und/oder kosteneffizienten

Stromversorgung interpretiert. Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit liegt der Fokus entsprechend auf Marktkonzentration, staatlicher Regulierung (insbesondere auf Steuern und Subventionen) und – im Falle des Elektrizitätsmarkts – den Stromgestehungskosten. Wirtschaftlichkeit kann allerdings auch in einem weiteren Sinne interpretiert werden, auf den im letzten Abschnitt dieses Aufsatzes kurz eingegangen wird.

Betrachtet man den heutigen Stand der Technologie, so schneiden in Bezug auf die Stromgestehungskosten (also Investitions- und laufende Kosten), Kernkraft und Braunkohle am besten ab, gefolgt von Steinkohle, Erdgas, Wind- und Wasserkraft und schließlich der Photovoltaik (vgl. Abb. 2 sowie Wissel et al. (2008) bzgl. der Stromgestehungskosten für Kernenergie). Aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive müssen zusätzlich zu den Stromgestehungskosten allerdings auch die Systemkosten in eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einfließen. Systemkosten umfassen insbesondere Investitionen, die bei einem Ausbau der verschiedenen Erzeugungstechnologien zusätzlich anfallen, z.B. für Investitionen in Stromnetze und -speicher. Werden diese Systemkosten vernachlässigt, so muss dies notwendigerweise zu Fehleinschätzungen im gesamtwirtschaftlichen Kontext führen.

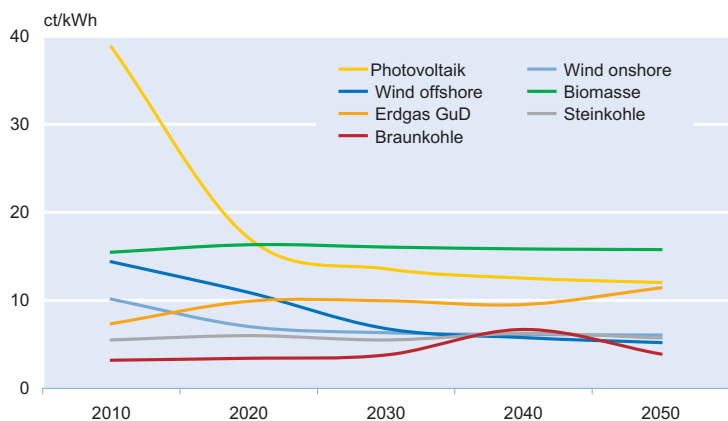
Auswirkungen der Energiewende

Wie sich die Umsetzung der Maßnahmen des Zieldreiecks der Energiewende auf das energiepolitische Zieldreieck auswirkt, ist keine einfach zu beantwortende Frage. Die drei Ziele der Energiepolitik können nicht isoliert voneinander betrachtet werden, da sich Änderungen in der Versorgungsstruktur in der Regel auf alle Ziele auswirken. Eine umfassende Aussage im Sinne einer Steigerung oder Senkung des Zielerreichungsgrads als Folge der Energiewende ist schon aufgrund der Vielfalt der Auswirkungen schwer möglich. Im Folgenden sollen die Auswirkungen der wichtigsten Maßnahmen im Rahmen der Energiewende diskutiert werden, ohne ein abschließendes Urteil über die jeweiligen Nettoeffekte zu fällen.

Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energieträger

Der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energieträger ist in Bezug auf die **Wirtschaftlichkeit** zumindest kurzfristig kritisch zu sehen. Die Stromgestehungskosten erneuerbarer Technologien liegen heute zum Teil weit höher als diejenigen fossiler Energieträger und der Kernenergie, allerdings werden in Bezug auf Wind und Photovoltaik auch die höchsten Kostensenkungspotenziale prognostiziert (vgl. Abb. 2). Trotz hoher Lerneffekte bei der Photovoltaik wird aber auch geschätzt, dass die Stromgestehungskosten im Jahr 2050 immer noch über denen der Windenergie liegen. Das Argu-

Abb. 2
Stromgestehungskosten^{a)}



^{a)} Ohne CO₂-Zertifikate.

Quelle: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.; ifo Institut (2012).

ment der Kostendegression für eine spezielle Förderung der Photovoltaik heranzuziehen, ist daher kritisch zu sehen. Da die Stromproduktion aus Windkraft- und Photovoltaikanlagen sehr schwankend ist und regional nicht notwendigerweise dem Ort der Nachfrage entspricht, werden zudem erhebliche Investitionen in Back-up-Kapazitäten, Speicher und Netze notwendig sein. Das Investitionsvolumen in der Energiewirtschaft wird im Zuge eines Ausbaus von Windkraft und Photovoltaik entsprechend ansteigen. Wie sich die Wirtschaftlichkeit erneuerbarer Energien im Verhältnis zu fossilen Energieträgern entwickelt, hängt zudem maßgeblich von der Entwicklung der Preise für Erdgas, Kohle und CO₂-Emissionen ab.

Aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive müssen des Weiteren die Rückwirkungen von Investitionen in erneuerbare Energien auf andere Sektoren der Volkswirtschaft berücksichtigt werden. Grundlegend wäre zu erwarten, dass Unternehmen hohe Wertschöpfungspotenziale in einem Sektor erkennen und marktwirtschaftliche Prozesse zu einer Reallokation der Investitionen in den entsprechenden Sektor führen. Verschiedene Marktfehler wie Lernkurveneffekte oder Kurzsichtigkeit auf Seiten der Unternehmensplanung können zwar zu Fehlallokationen führen und Staatseingriffe sinnvoll machen, die Frage besteht allerdings, inwiefern der Staat in der Lage ist, langfristige Profit-, Beschäftigungs- und Exportpotenziale besser als private Unternehmen zu erkennen und zu fördern.

Die Wirkungen einer verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger auf die **Umweltverträglichkeit** wären für sich genommen (d.h. ohne Existenz des Europäischen Emissionshandelssystems ETS) grundsätzlich positiv zu sehen, da die eingesparten CO₂-Schäden die Umweltschäden, die bei einer verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger entstehen, überkompensieren würden. Da allerdings die CO₂-

Emissionen des Energiesektors bereits zu 99% durch das ETS erfasst werden, wird die Reduktion der Emissionen aus dem Ausbau der Erneuerbaren lediglich zu einer Verlagerung der Emissionen in andere Sektoren und Länder führen. Eine Netto-Reduktion der Emissionen wird entsprechend nicht erreicht.

In Bezug auf die **Versorgungssicherheit** ist die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energieträger relativ ergebnisoffen. Ein Minus ergibt sich in technischer Hinsicht aufgrund der hohen Fluktuation der Einspeisung aus Sonnen- und Windenergie, wenn die Netz- und Speicherkapazitäten nicht entsprechend ausgebaut werden. Ein Plus ergibt sich grundsätzlich in Bezug auf das politische Versorgungsrisiko, da die Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger abnimmt. Allerdings spielt in Bezug

auf das Gesamtrisiko aus Importen auch eine Rolle, welcher Energieträger importiert wird. So schätzt die IEA beispielsweise das mit Kohleimporten verbundene Versorgungsrisiko als geringer ein als das von Erdgasimporten (vgl. IEA 2007), wenn der Erdgaspreis an den Erdölpreis gekoppelt ist und ein Ausweichen auf andere Anbieter schwierig ist (z.B. aufgrund einer Belieferung durch Pipelines). Diese Risikoverlagerung ist bei einem Ausbau Erneuerbarer insofern relevant, da Gaskraftwerke aufgrund ihrer hohen Flexibilität als gute Ergänzung zur fluktuierenden Stromspeisung aus erneuerbaren Energieträgern gesehen werden.

Steigerung der Energieeffizienz

Eine Steigerung der Energieeffizienz hat in Bezug auf die **Wirtschaftlichkeit** zunächst einen positiven Effekt, da pro eingesetzter Einheit Energie mehr produziert werden kann. Allerdings sind zur Steigerung der Energieeffizienz Investitionen notwendig, welche diesen positiven Effekt auf die Gesamtkosten zumindest partiell kompensieren. Zudem dürfen in einer gesamtwirtschaftlichen Betrachtung – ebenso wie bei der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger – die Rückwirkungen auf andere volkswirtschaftliche Sektoren nicht außer Acht gelassen werden, die sich zum Beispiel aus der Verdrängung von Investitionen oder aus dem Verlust von Arbeitsplätzen ergeben.

In Bezug auf die **Umweltverträglichkeit** ist eine Steigerung der Energieeffizienz grundsätzlich positiv zu sehen, da eine geringere Energienachfrage zu weniger Produktion bzw. Produktionskapazitäten und damit geringeren Umweltschäden im Energiesektor führt. Allerdings muss auch hier berücksichtigt werden, dass die Verwendung alternativer Technologien neue Umweltschäden induzieren kann und dass im Strombereich ein Rückgang der Nachfrage wiederum lediglich zu einer Reallokation der Zertifikate in Europa führt.

Auch kann eine Erhöhung der Energieeffizienz über Kosten- und Preiseffekte kompensierende Nachfragesteigerungen hervorrufen.

Die **Versorgungssicherheit** steigt bei einer höheren Energieeffizienz, da bei einer geringeren nachgefragten Energiemenge die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern ebenso wie von erneuerbaren Energieträgern sinkt. Allerdings wird bei höherer Energieeffizienz pro eingesetzter Einheit Energie mehr an Wertschöpfung produziert, so dass jede Einheit, die aufgrund eines Energieausfalls nicht produziert werden kann, umso wertvoller ist.

Ausstieg aus der Kernenergie

Ein Wegfall der Kernenergie reduziert zunächst die **Wirtschaftlichkeit**, da die Stromgestehungskosten für Atomenergie im Vergleich zur Nutzung erneuerbarer Energieträger wesentlich günstiger sind.

Hinsichtlich der **Umweltverträglichkeit** sind die Wirkungen eines Kernenergieausstiegs zweischneidig. Einerseits verursacht die Kernenergie keine direkten CO₂-Emissionen, andererseits können die potenziellen Kosten eines Reaktorunfalls in dicht besiedelten Regionen erheblich sein (vgl. z.B. Versicherungsforen Leipzig 2011 für eine Übersicht über entsprechende Studien). Da die Wahrscheinlichkeit eines solchen Unfalls allerdings sehr niedrig ist, wird seit Jahren trefflich über die Höhe der zu erwartenden Schäden gestritten. Als weitere Schwierigkeit ergibt sich, dass die langfristige Lagerung der Abfälle bis heute ungeklärt ist. Positiv sei anzumerken, dass negative Externalitäten, die mit der Nutzung erneuerbarer Energieträger einhergehen (wie z.B. Landschaftsverhandlung und Konkurrenz bei der Flächennutzung), bei der Kernenergie in geringem Maße entstehen.

Bzgl. der technischen **Versorgungssicherheit** würde eine Kompensation des Ausfalls der Kernenergie durch einen vermehren Einsatz fossiler Energieträger keine nennenswerten Auswirkungen mit sich bringen, während ein Ersatz durch erneuerbare Energien das Risiko tendenziell erhöht. Hinsichtlich der politischen Versorgungssicherheit wirkt sich ein Ersatz der Kernenergie durch erneuerbare Energien allerdings positiv aus, da die Abhängigkeit von Importen aus dem Ausland bei Erneuerbaren geringer ist.

Die obigen Ausführungen machen deutlich, dass sich keine Alternative ausschließlich positiv oder negativ auf die Ziele des energiepolitischen Dreiecks auswirkt. Es ist entsprechend zu erwarten, dass ein Mix der verschiedenen Maßnahmen gesamtwirtschaftlich zu bevorzugen wäre. Nun sieht das Zieldreieck der Energiewende ja auch eine Parallelität der verschiedenen Maßnahmen vor. Die Frage, die sich da-

her stellt, ist, ob der gewählte Mix und die Festschreibung der Einzelziele optimal sind.

Ein optimales Energiesystem?

Bei Diskussionen über das Thema optimale Energiesysteme stehen meist die Auswirkungen der Energiewende auf das energiepolitische Zieldreieck im Vordergrund. Energiepolitische Ziele stellen jedoch immer nur wirtschaftspolitische Teilziele dar, und so wichtig jedes einzelne Ziel für sich genommen auch ist, führt die Fokussierung auf einzelne Ziele doch häufig dazu, dass die gesamtwirtschaftliche Perspektive aus den Augen verloren wird.

Bei einer Evaluierung energiepolitischer Maßnahmen kann es hilfreich sein, sich vor Augen zu führen, dass »Wirtschaftlichkeit« nicht nur im Sinne der Produktionskosten von Energie interpretiert werden kann. Wirtschaftlichkeit kann (und sollte) in einem weiteren Sinn alle Kosten und Nutzen der Energieversorgung – also auch die Kosten und Nutzen von Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit – umfassen. Bei einer solchen Interpretation würde das Streben nach Wirtschaftlichkeit automatisch das Streben nach einer optimalen Kombination der energiepolitischen Einzelziele beinhalten, wobei Trade-offs zwischen den einzelnen Zielen berücksichtigt würden. So kann eine Verbesserung der Umweltverträglichkeit zu Lasten der Versorgungssicherheit aus gesamtwirtschaftlicher Sicht durchaus wünschenswert sein, solange der Nutzen aus der erhöhten Umweltverträglichkeit die Kosten des höheren Risikos überkompensiert.

Durch die derzeitigen energiepolitischen Vorgaben (z.B. hinsichtlich Energieeffizienzsteigerungen und des Anteils erneuerbarer Energien) wird das gerade beschriebene allgemeine Optimierungsproblem mit Nebenbedingungen versehen. Diese Restriktionen implizieren eine Reduktion der Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen energiepolitischen Maßnahmen. Ist die optimale Kombination als Folge nicht mehr realisierbar, wird dies die Kosten der Energiewende erhöhen. Ein gutes Beispiel für diesen Effekt liefert die Energy Road Map der Europäischen Kommission (2011), bei der die Kosten der CO₂-Emissionsreduktion bei einem »Diversifizierte-Technologien«-Szenario geringer ausfallen als bei in der Regel politisch motivierter Schwerpunktsetzung auf einzelne Technologien.³

Zuletzt sei schließlich noch auf ein Thema hingewiesen, welches hier zwar nicht aufgegriffen wurde, für die Kosten der Energiewende aber ebenso wie für die Erreichung der Ziele des energiepolitischen Dreiecks von hoher Relevanz ist:

³ Die Kostenschätzungen der Energy Road Map sind allerdings nur beschränkt aussagekräftig, da die Road Map keine Aussagen über die regulatorische Implementierung der Reduktionspfade macht.

die Integration der Energieversorgung und Koordination der Energiepolitik auf europäischer Ebene. Die Vernachlässigung der Implikationen dieser Integration stellt ein großes Problem der derzeitigen Politik dar. Ein nationaler Sonderweg inmitten liberalisierter Strommärkte mag zwar technisch machbar sein, wird aber nicht zuletzt durch ungenutzte Diversifizierungspotenziale im Bereich erneuerbarer Energien zu überhöhten Kosten führen und damit zu einer Gefährdung der Energiewende beitragen.

Literatur

CDIAC (2011), »Preliminary CO₂ Emissions«, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge, Tennessee, online verfügbar unter: http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/meth_reg.html.

DLR und ISI (2006), *Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern*, Gutachten im Rahmen von Beratungsleistungen für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, April 2006 (im Mai 2007 ergänzt, deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, Karlsruhe, und Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Stuttgart, online verfügbar unter: www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/37085.php).

Europäische Kommission (2011), »Energy Roadmap 2050, Impact Assessment, Part 2/2«, Commission Staff Working Paper, SEC 1565.

IEA (2007), *Energy security and climate policy: Assessing interactions*, International Energy Agency, Paris.

ifo und fFe (2012), »Die Zukunft der Energiemärkte – Ökonomische Analyse und Bewertung von Potentialen und Handlungsmöglichkeiten«, unveröffentlichter Zwischenbericht für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, ifo Institut, München, und Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., München.

Löschel, A., U. Moslener und D. Rübhelke (2010), »Indicators of energy security in industrialised countries«, *Energy Policy* 38(4), 1665–1671.

Pittel, K. und J. Lippelt (2012), »Kurz zum Klima: Die Energiewende und das energiepolitische Zieldreieck – Teil 1: Versorgungssicherheit«, *ifo Schnelldienst* 65(10), 57–60.

Röpke, L. und J. Lippelt (2011), »Kurz zum Klima: Sichere und umweltfreundliche Stromversorgung – ein Zielkonflikt?«, *ifo Schnelldienst* 64(2), 32–34.

Versicherungsforen Leipzig (2011), *Berechnung einer risikoadäquaten Versicherungsprämie zur Deckung der Haftpflichtrisiken, die aus dem Betrieb von Kernkraftwerken resultieren*, Studie im Auftrag des Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE), Leipzig, online verfügbar unter: <http://www.bee-ev.de/Publikationen/Studien.php>, aufgerufen am 24. März 2012.

Winzer, C. (2011), »Conceptualizing Energy Security«, University of Cambridge, Electricity Policy Research Group, EPRG Working Paper 1123, und Cambridge Working Paper in Economics 1151.

Wissel, S., S. Rath-Nagel, M. Blesl, U. Fahl und A. Voß (2008), *Stromerzeugungskosten im Vergleich*, Arbeitsbericht, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendungen der Universität Stuttgart, Bericht Nr. 4, Stuttgart.

Der Vortrag von Karen Pittel hat unter anderem aufgezeigt, wie sich die im Rahmen der Energiewende verfolgten Ziele als Teilziele des für die Ökonomie zentralen Ziels der Wohlfahrtsmaximierung begreifen lassen. Zwischen den Teilzielen bestehen Konflikte, so dass die Aufgabe des Staates bei der Gestaltung der Energiepolitik auch darin zu bestehen hat, einen die Wohlfahrt maximierenden Kompromiss zwischen den einzelnen Zielen zu finden und dieses Zielbündel durch die Wahl geeigneter Maßnahmen umzusetzen. In meinem Kommentar möchte ich kurz darzustellen versuchen, welche spezifischen Charakteristika die mit der Energiewende verfolgten Ziele aufweisen und welche Konsequenzen sich daraus für eine an ökonomischen Standards orientierte Energiepolitik ergeben.

Die Energiewende als Übergang zu einem mittel- bis längerfristig weitgehend von erneuerbaren Energien getragenen Versorgungssystem ist in erster Linie umweltpolitisch motiviert. Dabei geht es darum, die durch die Emission von Treibhausgasen – vor allem CO₂ – verursachte Erwärmung der Erdatmosphäre zu stoppen und längerfristig auf einen bestimmten Wert (wie das auf dem Klimagipfel in Kopenhagen 2010 lose vereinbarte »2-Grad-Ziel«) zu beschränken.

Die Nutznießer klimapolitischer Maßnahmen in Deutschland sind aber nicht primär wir selber, d.h. die zurzeit lebenden Bundesbürger, sondern die zukünftigen Generationen auf der ganzen Welt. Eine solche Globalisierung der umweltpolitischen Zielsetzung spricht natürlich nicht gegen klimapolitische Aktivitäten, hat aber erhebliche Auswirkungen auf die von der Politik zur konkreten Durchführung der Energiewende ergriffenen Maßnahmen. Aus ökonomischer Sicht sind diese Auswirkungen alles andere als erfreulich. Denn im Fall der Energiewende ist – angesichts der Dominanz ihrer Fernziele und der daraus folgenden Länge der Planungszeiträume – das Investitionsrisiko bei vielen Klimaschutzmaßnahmen, von Offshore-Windenergie über CCS bis hin zu DESERTEC, sehr groß. Zu den technologischen und ökonomischen Risiken treten politische Risiken, auf internationaler Ebene beispielsweise die Kooperationsbereit-

schaft anderer Staaten beim Klimaschutz, auf nationaler Ebene Änderungen in den Wählerpräferenzen.

Dass man bei der Energiewende mit sehr hohen Risiken konfrontiert ist, hat Auswirkungen auf die Investitionsbereitschaft in diesem Bereich. Die Bereitschaft zur Übernahme von Risiken ist ein knapper Produktionsfaktor, der höher entlohnt werden muss, je mehr man ihn benötigt (vgl. Konrad 1992). Weil der Staat die Risiken besonders gut auf viele Schultern verteilen kann, scheint er zur Übernahme der mit der Energiewende verbundenen Risiken prädestiniert. Dabei steckt er allerdings in einem Dilemma: Entweder fördert er durch direkte Subventionen oder großzügige Verlustausgleichsregelungen breitflächig eine Vielzahl von Investitionen und begünstigt dabei ineffizientes Moral-Hazard-Verhalten (vgl. hierzu Buchholz und Konrad 2000), oder er bevorzugt von vornherein spezielle Technologien, wie es beim Erneuerbaren-Energien-Gesetz in Deutschland der Fall ist, bei dem durch langfristig garantierte Zahlungen an die Investoren das von ihnen zu tragende Risiko stark vermindert wird. Dadurch wird aber der Wettbewerb verzerrt, und eine Verschwendung öffentlicher Mittel droht. Auch lassen sich einmal eingeführte Subventionen nur schwer wieder abbauen (vgl. hierzu beispielsweise Buchholz und Pfeiffer 2011). In beiden Fällen sind Ineffizienzen vorprogrammiert.

Die Langfristigkeit der Ziele der Energiewende birgt aber noch andere Gefahren für die ökonomische Effizienz, die auf eine »Paradoxie der Kurzsichtigkeit bei Fernzielen« zurückzuführen ist (vgl. hier-



Wolfgang Buchholz*

* Prof. Dr. Wolfgang Buchholz ist Inhaber des Lehrstuhls für Finanzwissenschaft, insbesondere Umweltökonomie, an der Universität Regensburg.

Der Beitrag ist eine gekürzte Fassung des Vortrags. Die Langfassung erscheint im Tagungsband des Symposiums, herausgegeben von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

zu bereits Buchholz 1989). Die Bürger können die erst nach Jahrzehnten eintretenden Erfolge oder Misserfolge der langfristig ausgerichteten Politik heute nicht überprüfen und zum Kriterium für ihre Entscheidung bei der kommenden Wahl machen. Den Politikern geht es jedoch in erster Linie darum, die nächste Wahl zu gewinnen. Um ihre Wiederwahlchancen zu erhöhen, werden sie mit ihrer aktuellen Politik sichtbare Signale setzen, die zumindest vordergründig in Zusammenhang mit den Langfristzielen stehen und deren Umsetzung suggerieren. Auf diese Weise kommt es zu einem Bias zugunsten einer rein symbolischen, auf die nächste Wahl und die öffentliche Stimmungslage schielenden Politik im Sinne eines »So tun als ob«, die mit einer am Effizienzziel ausgerichteten Politik allenfalls zufällig übereinstimmt. Dieser Effekt wird noch verstärkt, wenn der Stimme wirtschaftlicher Vernunft das Etikett des kalten und umweltethisch verantwortungslosen Neoliberalismus angeheftet wird.

Literatur

Buchholz, W. (1989), »Umweltschutz als Kollektiventscheidungsproblem«, *Wirtschaftspolitische Blätter* 36, 382–394.

Buchholz, W. und K.A. Konrad. (2000), »Risiko und Steuern«, in: N. Andel (Hrsg.), *Probleme der Besteuerung III*, Duncker & Humblot, Berlin, 63–139.

Buchholz, W. und J. Pfeiffer (2011), »Energiepolitische Implikationen einer Energiewende«, *ifo Schnelldienst* 64(18), 30–39.

Konrad, K.A. (1992), *Risikoproduktivität*, Studies in Contemporary Economics, Springer, Berlin, Heidelberg und New York.

Die Nutzung globaler Gemeinschaftsgüter: Politökonomische Herausforderungen an die Klimapolitik

Um ein ambitioniertes Klimaschutzziel zu erreichen, muss die Nutzung der Atmosphäre als globales Gemeinschaftsgut begrenzt und die Nutzungsrechte neu verteilt werden. Dies hat weitreichenden Folgen: Zum einen werden die Besitzer fossiler Ressourcen einen großen Teil ihrer Ressourcenrente verlieren. Zum anderen wird die Klimapolitik zu weiteren Konflikten in den internationalen Verhandlungen führen. Denn obwohl Emissionsreduktionen für alle Länder vorteilhaft wären, haben die Staaten einen starken Anreiz, als Trittbrettfahrer aufzutreten. Da weder eine Weltregierung noch eine entsprechend enge Koordination nationaler Politiken existiert, müssen unilaterale Initiativen und Abkommen zwischen Nationalstaaten und subnationalen politischen Initiativen implementiert werden, mit denen sich das Kooperationsproblem anreizkompatibel überwinden lässt.

Versicherung gegen katastrophalen Klimawandel

Dass sich die Erde erwärmt, und dies hauptsächlich durch den Menschen verursacht ist, kann mittlerweile nicht mehr ernsthaft bezweifelt werden. Umstritten ist die Frage, in welchem Ausmaß die Folgen Anlass zur Sorge geben. Da die genauen Auswirkungen der Erderwärmung nicht mit Sicherheit vorhersagbar sind und Klimaschutz Kosten verursacht, erscheinen manchen Beobachtern Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel kostengünstiger als Maßnahmen zur Reduktion der CO₂-Emissionen; zumal Anpassungsmaßnahmen auf lokaler Ebene durchgeführt werden, ihr Nutzen unmittelbar in der Region sichtbar wird und es keiner komplizierten internationalen Vereinbarungen bedarf (vgl. Prins et al. 2010). Auf den ersten Blick erscheint dieses Verhalten rational. Es kann aber nur gelten, wenn sichergestellt ist, dass die Anpassung an den Klimawandel auch bei einem Anstieg der globalen Mitteltemperatur von möglicherweise deutlich mehr als 4°C noch zu akzeptablen Kosten möglich ist. So besteht Unsicherheit über das genaue Ausmaß der Erderwärmung gegeben eine Verdopplung der atmosphärischen Treibhausgasemissionen, die sogenannte Klimasensitivität. Hier kann eine drastische

Reaktion des Erdsystems nicht ausgeschlossen werden (vgl. IPCC 2007). Zudem hat die Klimaforschung bereits mögliche Ereignisse identifiziert – sogenannte »Kippschalter«, wie das Abschmelzen des Grönlandeisschildes oder ein Austrocknen des Amazonasregenwaldgebiets (vgl. Lenton et al. 2008) –, deren Eintreten zu irreversiblen, großskaligen und vielleicht katastrophalen Umweltschäden führen könnte, bei denen die Anpassungsstrategie an ihre Grenzen gerät. Der genaue Schwellenwert, an dem diese »Kippschalter« aktiviert werden, ist jedoch ungewiss.

Wenn aber die Schäden des Klimawandels potenziell katastrophal sind – auch wenn die Eintrittswahrscheinlichkeit dafür sehr gering wäre – und wenn diese Katastrophe mit allen Mitteln verhindert werden soll, dann versagen die üblichen Methoden der Kosten-Nutzen-Analyse, da die Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung einer Menschheitskatastrophe gegen unendlich geht (vgl. Weitzman 2009). Eine alternative Strategie des Risikomanagements ist es, den Klimawandel zumindest so weit zu begrenzen, dass irreversible und potenziell katastrophale Schäden weitestgehend ausgeschlossen werden können (vgl. Weitzman 2010). Das in den Vereinbarungen von Kopenhagen und Cancún erwähnte globale 2°C-Ziel lässt sich in genau diesem Sinn interpretieren, und seine Kosten können als »Versicherungsprämie« gegen einen katastrophalen Klimawandel verstanden werden. Die Anpassung an den Klimawandel ist darüber hinaus erst dann sinnvoll, wenn katastrophale Risiken vermieden werden können (vgl. Edenhofer et al. 2010a).



Ottmar Edenhofer*
und Christian Flachsland**

* Prof. Dr. Ottmar Edenhofer ist stellvertretender Direktor und Chefökonom des Potsdam-Instituts für Klimaforschung.

** Dr. Christian Flachsland ist Gruppenleiter am Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC), Berlin.

Der Beitrag ist eine gekürzte Fassung des Vortrags. Die Langfassung erscheint im Tagungsband des Symposiums, herausgegeben von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

In diesem Zusammenhang wird es in den nächsten Jahren zu einer heftigen Debatte darüber kommen, wie viel die Menschheit für diesen Versicherungsschutz zu zahlen bereit ist. So argumentieren die Inselstaaten bereits jetzt, dass das 2°C-Ziel unzureichend ist, weil damit bereits das Verschwinden kleinerer Inseln wie Tuvalu oder der Malediven sehr wahrscheinlich ist. Die Industrie- und Schwellenländer dagegen befürchten, dass die Einhaltung des 2°C-Ziels ihre wirtschaftliche Entwicklung beschränkt. Ökonomische Analysen beziffern die Kosten des Klimaschutzes zur Einhaltung eines 2°C-Ziels, das mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit erreicht wird, auf 0,5 bis 2% des gesamten globalen Bruttozusatzprodukts bis 2050 (vgl. Knopf, Luderer und Edenhofer 2011). Sollten einige Vermeidungstechnologien nicht zur Verfügung stehen oder die globalen klimapolitischen Bemühungen durch zeitliche Verzögerungen ineffizient sein, können diese Kosten allerdings auch höher ausfallen (vgl. Edenhofer et al. 2009; 2010b).

Ein global optimales Stabilisierungsziel kann wegen der verbleibenden Unsicherheiten bei den Folgen der Klimaveränderung nicht eindeutig festgelegt werden. Deshalb muss man das 2°C-Ziel auch als möglichen Fokuspunkt einer globalen gesellschaftspolitischen Risikodebatte verstehen, mit dem die erforderliche Konvergenz von Erwartungen und abgestimmtes kollektives Handeln auf globaler Ebene überhaupt erst möglich wird (vgl. Schelling 1960; Jaeger und Jaeger 2010).

Transformation der fossilen Ressourcenrente in die Klimarente

Durch die Festlegung eines Klimaziels wird die Atmosphäre als knappes globales Gemeinschaftsgut definiert. Dies führt einerseits dazu, dass die Besitztitel der Eigentümer von Kohle, Öl und Gas entwertet werden, da global ein höherer Bestand an fossilen Energieträgern im Boden liegt, als die Menschheit nach Abschluss eines ambitionierten Klimazieles in die Atmosphäre emittieren darf. Die Begrenzung der Nachfrage nach fossilen Ressourcen führt zu einer Senkung ihrer Preise (vgl. Leimbach et al. 2010). Andererseits wird der atmosphärische Deponieraum zu einer knappen Ressource, deren Wert steigt, so lange fossile Energieträger genutzt werden. Damit werden die Eigentums- bzw. Nutzungsrechte an der Atmosphäre, die bisher kostenlos nutzbar war, Gegenstand eines globalen Verteilungsprozesses. Insgesamt kommt es zu einer Umverteilung von Vermögen und Einkommen zwischen den Eigentümern der fossilen Ressourcenbestände und den noch zu definierenden Eigentümern der Atmosphäre. Die aus der Knappheit der fossilen Energieträger resultierende Ressourcenrente wird in die aus der Knappheit der Deponie Atmosphäre entstehende Klimarente transformiert. Dieser ökonomische Zusammenhang verdeutlicht, warum es gegen jede ambitio-

nierte Klimapolitik von den betroffenen Gruppen erhebliche Widerstände geben wird.

Die Klimapolitik könnte aber auch aus liberaler Perspektive als illegitimer Angriff auf die zu schützende Institution des Privateigentums verstanden werden, da die Eigentumsrechte an Kohle-, Öl- und Gasressourcen entwertet werden. Unterstellt man allerdings eine Sozialpflichtigkeit des Privateigentums und geht man davon aus, dass Emissionen aus der Verbrennung fossiler Ressourcen schädlich sind und durch Klimaschutz Risiken, die aus diesen Verbrennungsprozessen resultieren, abgewendet werden, dann lässt sich die Überführung der privaten Ressourcenrente in die Klimarente ethisch begründen (vgl. Edenhofer, Flachsland und Brunner 2011). Auch ökonomisch ist eine Besteuerung von Renteneinkommen aus begrenzt verfügbaren Produktionsfaktoren sinnvoll, da diese Steuern – im Gegensatz etwa zu Steuern auf Kapital, Arbeit oder Markttransaktionen – kaum Effizienzverluste verursachen und bevorzugt zur Finanzierung öffentlicher Güter verwendet werden (vgl. Vivid Economics 2012).

Es stellt sich also die Frage, wie die Klimarente verteilt werden soll. Dieser Verteilungskonflikt ist einer der zentralen Gründe für den bisher äußerst geringen Erfolg internationaler Abkommen.

Ethische Herausforderungen in der Allokation der Klimarente

Eine effiziente Nutzung des atmosphärischen Deponieraums kann entweder mit einer CO₂-Steuer oder durch ein Emissionshandelssystem gesteuert werden. Wir betrachten hier nur die Option eines Emissionshandelssystems, da der Emissionshandel im Kyoto-Protokoll festgelegt wurde und in der EU verankert ist und er gegenüber einer CO₂-Steuer einige Vorteile hat (vgl. Edenhofer und Kalkuhl 2009).

Beim Emissionshandelssystem wird die Gesamtmenge der Emissionen durch die Ausgabe von Emissionsrechten begrenzt, die zwischen den Marktteilnehmern handelbar sind. Jeder, der Kohle, Öl oder Gas verbrennen will, muss das entsprechende Emissionsrecht erwerben. Bei steigender Nachfrage am Emissionsmarkt steigt der Preis der Emissionsrechte. Dadurch werden Verfahren marktfähig, die keine fossilen Energieträger nutzen und nicht auf den Zukauf von Emissionszertifikaten angewiesen sind.

Eine globale Klimazentralbank oder eine Koordination zwischen regionalen Klimazentralbanken könnten das verbleibende Kohlenstoffbudget für die Menschheit treuhänderisch verwalten (vgl. Barnes et al. 2008). Ihre Aufgabe wäre die Stabilisierung von Erwartungen, um einen Anreiz für tech-

nologische Innovationen und eine effiziente Planung von Emissionsreduktionen über die Zeit zu ermöglichen.

Hierfür sind zwei Voraussetzungen notwendig:

- die Festlegung eines globalen Kohlenstoffbudgets, also die »Deponiegröße«, und
- die Festlegung der regionalen Verteilung der Nutzungsrechte.

Ersteres ist mit der Einigung auf das 2°C-Ziel geschehen, da sich von dem Temperaturziel das kumulative Emissionsbudget ableiten lässt (vgl. Meinshausen et al. 2009). Am zweiten Punkt sind die Verhandlungen bisher gescheitert. Die Industrieländer fordern eine Aufteilung des verbleibenden Deponieraums nach Maßgabe gegenwärtiger Emissionen. Sie argumentieren, dass sie ein größeres Emissionsbudget für den Betrieb ihrer energieintensiven Wirtschaftssysteme benötigen. Die Entwicklungs- und Schwellenländer, darunter vor allem China, plädieren für ein Prinzip der »historischen Verantwortung«. Je mehr ein Land in der Vergangenheit emittiert hat, desto weniger Rechte soll es in der Zukunft zur Verfügung haben. Denn – so wird argumentiert – es sollten über die Menschheitsgeschichte hinweg alle Menschen, und damit alle Weltregionen, das gleiche Recht auf die Nutzung der Atmosphäre haben. Deshalb sollte den Menschen in reichen Ländern aufgrund der schon verbrauchten hohen Emissionen ihrer Vorfahren diese vergangenen Emissionen von ihrem Budget abgezogen werden. Die Besitzer von Öl- und Gasvorkommen schließlich verlangen einen Verteilungsschlüssel für Emissionsrechte, der sie für den Wertverlust kompensiert, der ihnen durch die Festlegung von Nutzungsrechten an der Atmosphäre entsteht.

Bei der Frage nach der gerechten Verteilung von Emissionsrechten verdient aus ethischer Sicht die Möglichkeiten zur Erweiterung von Handlungschancen der global ärmsten Bevölkerungsgruppen besondere Aufmerksamkeit. Die Gleichverteilung von Emissionsrechten für jeden Menschen ist vor diesem Hintergrund eine vergleichsweise einfache und pragmatische Lösung. Es lässt sich zeigen, dass ein solcher Verteilungsschlüssel in einem globalen Emissionshandel zu einer Nettoverteilung der Vermeidungskosten führt, bei der die Entwicklungsländer die geringsten Lasten zu tragen haben oder sogar profitieren (vgl. Edenhofer et al. 2010a, 172). Mittel- bis langfristig erscheint daher aus ethischer Perspektive die Gleichbehandlung aller Menschen bei der Verteilung des neu zu schaffenden Vermögens aus »Rechten an der Erdatmosphäre« als überzeugendste Option und hilfreicher Fokuspunkt in den Verhandlungen. Ein erfolgreiches internationales Abkommen muss für seine Akzeptanz aber nicht nur ethisch überzeugend ausgestaltet sein, sondern auch die Interessen der verschiedenen Akteure berücksichtigen.

Politische Ökonomie der internationalen Klimaverhandlungen: Klimastabilisierung als öffentliches Gut

Staaten orientieren sich erfahrungsgemäß nicht primär an ethischen Erwägungen, sondern vor allem an ihrem nationalen Interesse. Spieltheoretische Analysen zeigen, dass dies in der Klimapolitik zu einem typischen sozialen Dilemma führt. Das Problem der Stabilisierung des globalen Klimas durch Emissionsreduktionen weist nämlich alle Eigenschaften eines öffentlichen Gutes auf: Die Reduktionen eines Landes kommen allen Ländern zu Gute, und keines lässt sich von den Vorteilen eines stabileren Klimas ausschließen. Die Kosten der Reduktion fallen aber zunächst nur für dasjenige Land an, das klimapolitische Anstrengungen unternimmt. Dann aber hat jedes sich rational-egoistisch verhaltende Land einen Anreiz, als Trittbrettfahrer aufzutreten und die anderen reduzieren zu lassen. Am Ende reduziert keiner seine Emissionen, obwohl dies im gemeinsamen Interesse aller wäre. Die Menschheit befindet sich nach dieser Theorie in einem klassischen Gefangenendilemma (vgl. etwa Barrett 2003).

Daher muss sich ein internationales Klimaabkommen aus spieltheoretischer Sicht für jeden der Nationalstaaten lohnen, denn sie vergleichen ihren individuellen Gesamtnutzen als Teilnehmer einer solchen Koalition mit ihrem Nutzen als Trittbrettfahrer außerhalb der Koalition (vgl. Barrett 2003; Finus 2001). Nur wenn sie innerhalb der Koalition besser gestellt sind, treten sie einem Abkommen bei. Spieltheoretische Analysen zeigen, dass bei Verhandlungen mit wenigen Akteuren stabile Abkommen mit relativ hoher Teilnehmerzahl auch zwischen egoistischen Staaten möglich sind (vgl. Carraro und Siniscalco 1993). Problematischer sind jedoch Verhandlungen mit vielen Akteuren (an den Verhandlungen unter der Klimarahmenkonvention etwa nehmen 194 Vertragsstaaten teil). Zwar ist es für einige wenige Länder auch bei einer großen Zahl von Spielern noch rational, eine Klimaschutzkoalition zu bilden. Für den Großteil der übrigen Länder ist es jedoch vorteilhafter, sich als Trittbrettfahrer zu verhalten. Sobald einige andere Länder bei der Emissionsminderung in Vorleistung treten, lohnt es sich nicht mehr, die Kosten zusätzlicher Emissionsreduktionen auf sich zu nehmen.

Der Anreiz zum Trittbrettfahren wird dadurch erhöht, dass Länder durch Klimaschutz – z.B. die Einführung eines Preises für Treibhausgasemissionen – Wettbewerbsnachteile erleiden können, wenn sie Emissionen im nationalen Alleingang reduzieren, da dies dazu führt, dass der Preis von Produkten mit hohem Emissionsanteil auf den Weltmärkten steigt. Auch führt die Reduktion der Nachfrage nach fossilen Brennstoffen durch klimapolitische Vorreiter zu sinkenden fossilen Rohstoffpreisen. Länder, die sich nicht an der Klimapolitik beteiligen, weiten dann ihre Nachfrage nach den billigeren fos-

silien Brennstoffen aus, was die Effektivität der Klimapolitik unterminiert und zudem Wohlfahrtsgewinne für Trittbrettfahrer generiert. Es scheint also, als seien die internationalen Klimaverhandlungen zu einem Scheitern verurteilt.

Strategien zur Überwindung des Sozialen Dilemmas

Bislang liegen keine überzeugenden Vorschläge für ein erfolgreiches internationales Klimaabkommen vor, allerdings gibt es einige vielversprechende Ansätze. Zentral dabei ist, dass das Verhältnis von Kosten und Nutzen von Klimaschutzmaßnahmen für die einzelnen Länder so modifiziert wird, dass sie zu mehr Klimaschutz und größerer Kooperation bereit sind und damit das Paradox internationaler Umweltabkommen unterlaufen werden kann.

Das Paradox internationaler Umweltabkommen kann folgendermaßen zusammengefasst werden (vgl. Barrett 1994): Immer dann, wenn von einem internationalen Abkommen alle Teilnehmer in hohem Maße profitieren würden, ist der Anreiz besonders hoch, sich als Trittbrettfahrer zu verhalten. Je entbehrlicher sie dagegen sind, umso wahrscheinlicher ist es, dass sie zustande kommen. Abkommen, denen sich viele Länder anschließen, sind nur dann stabil, wenn ihnen über die nationalen Anstrengungen hinaus keine bedeutenden zusätzlichen Lasten aufgebürdet werden. Dann allerdings bleibt der Effekt solcher umfassenden Abkommen gering. Damit es zu einem ambitionierten Klimaschutz kommt, müssen die Staaten entweder die Kosten der Emissionsreduktion als relativ gering einschätzen, die Folgen des Klimawandels für ihr Land als relativ schwerwiegend erachten, oder beides. Unter diesen Voraussetzungen würden sie ihre Emissionen auch ohne internationales Abkommen reduzieren. Liegen die wahrgenommenen Schäden jedoch in einer vergleichbaren Größenordnung wie die Kosten der Reduktion, tritt das Paradox der internationalen Abkommen besonders deutlich auf.

Wir diskutieren im Folgenden einige Ansätze, die das wahrgenommene Verhältnis von Kosten und Nutzen modifizieren könnten (vgl. auch Buchholz und Rübberke 2011):

- Reduktion der Kosten des Klimaschutzes durch effiziente Klimapolitik, technische Innovationen und positive Zusatzeffekte von Emissionsreduktionen,
- Verknüpfung klimapolitischer Abkommen mit anderen internationalen Verhandlungsthemen, z.B. Transferzahlungen und Technologieabkommen, und
- Reputation als kooperativer Verhandlungspartner und ethische Anerkennung.

Effiziente Politiken und positive Zusatzeffekte

Das oben diskutierte Paradox der internationalen Umweltabkommen zeigt, dass eine Reduzierung der Vermeidungs-

kosten die Bereitschaft zu Klimaschutz und Kooperation erhöht. Daher ist es sinnvoll, über Maßnahmen nachzudenken, mit denen die Kosten von Emissionsreduktionen minimiert werden.

Ein zentraler Faktor für die Minimierung von Klimaschutzkosten sind effiziente Politikinstrumente. Das bis zum Jahr 2020 verabschiedete Klimapaket der Europäischen Union enthält zahlreiche sinnvolle Elemente einer effizienten Klimapolitik, insbesondere das EU ETS als Emissionshandelssystem für Unternehmen, sowie komplementäre Technologiepolitiken wie die Unterstützung von Pilotprojekten zur Abscheidung und Einlagerung von CO₂. Technologiepolitiken in Ergänzung zur Emissionsbepreisung sind dann sinnvoll, wenn zusätzliche Marktversagen über die Klimaexternalität von Emissionen hinaus existieren. Dies ist bei Niedrigemissionstechnologien zum Beispiel dann der Fall, wenn technologische Lerneffekte nicht vollständig internalisiert werden (vgl. Kalkuhl, Edenhofer und Lessmann 2012).

Gleichzeitig besteht auch in der EU-Klimapolitik noch Spielraum für Verbesserungen: So sollten etwa alle Sektoren, also auch der Transport- und Gebäudebereich, in das Europäische Emissionshandelssystem einbezogen werden (vgl. Flachsland et al. 2011). Angesichts der geplanten Emissionshandelssysteme in Kalifornien, in China und in anderen OECD-Staaten wie etwa Australien und Südkorea ist die Verknüpfung solcher regionalen Systeme eine vielversprechende Option zur Minderung von Klimaschutzkosten (vgl. Flachsland, Marschinski und Edenhofer 2009).

Die Entwicklung klimafreundlicher Technologien ist für eine kostengünstige Lösung des Klimaproblems unabdingbar. Je schneller und billiger die Alternativen zu Kohle, Öl, Gas verfügbar sind, umso geringer fallen die globalen und regionalen Klimaschutzkosten aus. Bereits heute sind die Kostenstrukturen einiger erneuerbarer Energietechnologien mit denen traditioneller Energietechnologien konkurrenzfähig (vgl. Edenhofer et al. 2011). Indem eine gute Technologiepolitik die wirtschaftliche Abhängigkeit von der knappen Ressource Atmosphäre vermindert, reduziert sie zudem den Wert der global verfügbaren Emissionszertifikate. Dadurch steht bei den internationalen Verhandlungen um Emissionsrechte weniger auf dem Spiel. Eine gute Technologiepolitik dürfte daher ein entscheidender Beitrag für eine Beilegung des oben beschriebenen Verteilungskonfliktes um die Klimarente sein. Klimapolitische Vorreiter könnten zudem einen besonderen Fokus auf die Entwicklung kostengünstiger Vermeidungstechnologien legen, um so durch eine Reduktion der Klimaschutzkosten (sowie die Unsicherheit über diese Kosten) zögerliche Regionen zu mehr Klimaschutz zu bewegen. Wenn in der Zukunft tatsächlich weltweit ambitionierte Klimaziele eingeführt werden, könnten solche Vorreiterregionen möglicherweise auch vom Export bereits entwickelter Klimaschutztechnologien profitieren.

Eine effiziente Klimapolitik muss zudem alle Vermeidungsoptionen berücksichtigen, und zwar nicht nur im Energiesystem, sondern auch bei der Vermeidung der Entwaldung – immerhin 20% der globalen Emissionen könnten vermieden werden, wenn die Abholzung beendet und der Waldbestand stabilisiert würde – sowie anderer Treibhausgase wie Lachgas und Methan.

Schließlich erhöhen positive Zusatzeffekte wie etwa saubere Luft, verringerte Energieimporte oder auch die gesundheitlichen Wirkungen bei der Benutzung von Fahrrädern den Nutzen des Klimaschutzes. Da solche Effekte typischerweise auf subnationaler Ebene auftreten, haben auch politische Einheiten wie Bundesstaaten oder Kommunen einen Anreiz, sie zu implementieren.

Elinor Ostrom (2009) weist darauf hin, dass ein mehrstufiger klimapolitischer Ansatz durch solche Zusatzeffekte anreizkompatibel und damit auch realistisch sein kann. Der Vorteil solcher lokalen Initiativen sind Emissionsminderungen in – möglicherweise – global relevantem Umfang. Darüber hinaus kann argumentiert werden, dass solche subnationalen Anstrengungen die nationalen Kosten des Klimaschutzes aus Sicht international verhandelnder Politiker reduzieren, so dass diese ehrgeizigeren internationalen Abkommen zustimmen können. Zudem können lokale Klimaschutzinitiativen als politisches Signal darüber verstanden werden, dass Teile der Bevölkerung eine ambitionierte Klimapolitik unterstützen.

Seitenzahlungen und CO₂-Zölle

Die Theorie internationaler Umweltabkommen zeigt, dass eine gezielte Verknüpfung von Verhandlungen über Emissionsverminderungen mit finanziellen oder anderen Transfers sowie Themen der exklusiven Entwicklungs- und Forschungszusammenarbeit die Chancen der Kooperation auch zwischen eigennützligen Staaten verbessern kann (vgl. Lessmann und Edenhofer 2011; Carraro, Eyckmans und Finus 2006). Der Beitritt Russlands zum Kyoto-Protokoll etwa wurde durch die Zusage der EU forciert, Russland im Gegenzug bei seinen Bemühungen um einen WTO-Beitritt zu unterstützen. Mögliche künftige Optionen sind gemeinsame Forschungsabkommen sowie direkte Transfers von Geld, Technologien oder anderen Gütern.

Diese Überlegungen werfen zudem ein anderes Licht auf die regionale Verteilung von Emissionsrechten in einem globalen Emissionshandelssystem. So ist neben einer ethisch wünschenswerten Verteilung von Emissionsrechten auch die Frage des Beitritts zu einem Klimaschutzabkommen zu berücksichtigen. In den internationalen Verhandlungen könnten Regionen mit relativ ambitionierten Klimazielen zurückhaltende Länder durch die Konzession von Emissionsrechten zur Übernahme von bindenden Emissionszielen bewegen (vgl. Keohane und Raustiala 2008). Der Zielkonflikt zwi-

schen Effizienz (Abschluss eines globalen Abkommens) und Fairness (z.B. Gleichbehandlung) wird gelöst werden müssen. So muss überlegt werden, ob Nationen mit großen fossilen Ressourcenvorkommen zumindest teilweise für den Verlust ihrer Ressourcenrenten kompensiert werden. Russland erhielt im Gegenzug für seine Teilnahme am Kyoto-Protokoll eine großzügige Überausstattung mit Emissionsrechten. Dieser »Erfolg« wurde allerdings mit deutlich verminderten globalen Emissionsverminderungen erkauft.

Da die Anreizstrukturen der Länder in den realen Verhandlungen nicht immer bekannt sind, haben alle Länder einen Grund, ihre Bereitschaft zur Übernahme von Emissionszielen zu untertreiben. Die Bereitstellung von Informationen über regionale Kosten und Nutzen des Klimaschutzes könnte dazu beitragen, diese Unsicherheiten zu verringern und so das Spiel um den bestmöglichen Vertragsabschluss zu verkürzen (vgl. Jakob und Lessmann 2012).

Sanktionsmechanismen wie etwa Handelszölle können ebenfalls die Kooperationschancen erhöhen (vgl. Lessmann, Marschinski und Edenhofer 2009). Diese Sanktionen verursachen allerdings auch bei den Staaten Kosten, die diese Maßnahmen androhen, so dass der Spielraum für glaubhafte Sanktionen begrenzt ist. Zum Beispiel könnten, um Wettbewerbsnachteile durch Emissionsreduktionen zu vermeiden, Zölle an den CO₂-Anteil gehandelter Güter aus Regionen ohne CO₂-Bepreisung gekoppelt werden. Dies ist allein schon darum sinnvoll, weil der güterwirtschaftliche Außenhandel auch zu CO₂-Exporten führt. So ist China nicht nur Nettoexporteur von Gütern und Kapital, sondern gegenüber Europa und den USA auch Nettoexporteur von CO₂-Emissionen (vgl. Peters et al. 2011). Die EU zum Beispiel würde so gewährleisten, dass die Emissionskosten aller hier konsumierten Güter in den Preisen der Endprodukte enthalten sind, auch wenn diese importiert werden.

Jenseits des Homo Oeconomicus

Auch internationale Beziehungen spielen sich nicht in einem normativen Vakuum ab. Die Verhandlungsmacht von Staaten hängt auch von ihrer Reputation in der Weltöffentlichkeit ab. So ist in der Theorie internationaler Beziehungen ein Paradigmenwechsel zu beobachten, wie er sich analog seit geraumer Zeit in der modernen Ökonomik abzeichnet: Das restriktive Verhaltensmodell des »rationalen Egoisten« wird erweitert (z.B. Keohane und Ostrom 1995; Hasenclever, Mayer und Rittberger 1997; Ostrom 2003). Staaten können durch Vorleistungen und Reziprozität im Bereich Klimapolitik demonstrieren, dass sie international glaubwürdige Verhandlungspartner sind, was sich für sie im Sinne verbesserter Aussichten auf gewinnbringende zukünftige Kooperationen auch in anderen Politikfeldern auszahlen kann. Ein wichtiger Aspekt beim Aufbau von Reputation und Vertrauen im Rahmen der internationalen Kli-

maverhandlungen wird etwa die Einhaltung der in Kopenhagen zugesagten Finanztransfers seitens der Industrieländer sein (vgl. WBGU 2010).

Darüber hinaus ist es ein geradezu triviales Ergebnis der Theorie öffentlicher Güter, dass ein gewisses Maß an Altruismus zu gesteigerten Anstrengungen in der Bereitstellung des öffentlichen Gutes führt. Die empirische Relevanz von Altruismus und Reputation in den internationalen Klimaschutzverhandlungen mag zwar skeptisch beurteilt werden. Aber auch über die Klimaverhandlungen hinaus wird eine intensive Diskussion darüber geführt, wie sich die Definition des nationalen Interesses unter den Bedingungen globaler Risiken erweitern lässt (vgl. Messner 2010).

Schluss

Die Klimapolitik ist untrennbar mit verteilungspolitischen Fragen verknüpft: fossile Ressourcenrenten werden in eine Klimarente transformiert. Ambitionierte Klimapolitik erfordert zudem einen Strukturwandel: Um die Dekarbonisierung der Weltwirtschaft bis Ende des 21. Jahrhunderts politisch zu ermöglichen, müssen kostengünstige Alternativen zur Nutzung von Kohle, Öl und Gas entwickelt werden.

Nationale Klimapolitik kann langfristig nur erfolgreich sein, wenn globale Kooperation gelingt. Auf der globalen Ebene ist es zwar sehr unwahrscheinlich, dass es bereits auf einer der nächsten UNFCCC-Konferenzen zu einer verbindlichen Zuteilung regionaler Emissionsbudgets im Rahmen des 2°C-Ziels kommt. Dennoch werden Nationalstaaten aus einer Reihe von Gründen erste Schritte zur Verminderung ihrer Emissionen unternehmen. Die Einrichtung des grünen Technologiefonds in Cancún ist ein weiterer Schritt in die richtige Richtung, Mechanismen zur Vermeidung der Entwaldung sowie der Aufbau von Anpassungskapazitäten an den unvermeidenden Klimawandel sind weitere Felder, in denen sichtbare Fortschritte möglich sind.

Im Falle eines umfassenden und ambitionierten globalen Abkommens werden klimapolitische Maßnahmen letztlich lokal und regional auf mehreren Handlungs- und Regulierungsebenen koordiniert und durchgeführt werden müssen. Daher ist es sinnvoll, bereits jetzt die erforderlichen institutionellen Rahmenbedingungen zu schaffen und klimapolitische Bemühungen in zahlreichen Regionen auch ohne ein internationales Abkommen umzusetzen.

Mit Blick auf die Empirie der Verhandlungen muss nüchtern festgehalten werden, dass das Kyoto-Protokoll von den USA, die darin die höchsten Kosten zu tragen gehabt hätten, nicht unterzeichnet wurde, und die USA derzeit auch nicht an einem Kyoto-II-Abkommen interessiert sind. Die Kopenhagener Vereinbarung über regionale Emissionsreduktionen von

2009 kann kaum als ein ernsthaftes Klimaabkommen betrachtet werden. Immerhin aber haben sich die Nationalstaaten zu Emissionsreduktionen bereit erklärt, die die globale Erderwärmung bis 2100 mit 50%iger Wahrscheinlichkeit auf etwa 3°C relativ zum vorindustriellen Niveau begrenzen würde (vgl. Rogelj et al. 2010). Allerdings bleibt offen, ob die Länder ihre Zusagen auch tatsächlich einlösen werden. Die Zusage der USA etwa, ihre Emissionen bis 2020 um 17% gegenüber dem Jahr 2005 zu reduzieren, ist an die Bedingung geknüpft, dass es zu einer entsprechenden klimapolitischen Gesetzgebung in den USA kommt. Die Chancen dafür sind jedoch auf Jahre hinaus gering. Es ist auch unklar, in welchem Ausmaß mit den Vereinbarungen von Kopenhagen das Risiko eines gefährlichen Klimawandels tatsächlich vermindert wird, denn eine zwanzigprozentige Wahrscheinlichkeit einer Erderwärmung zwischen 4 bis 5° schon bis 2100 bleibt auch dann bestehen, wenn alle Länder ihre Emissionen auf diesem Niveau stabilisieren würden (vgl. Rogelj et al. 2010).

Die internationalen Klimaschutzanstrengungen sind freilich nicht allein auf die Verhandlungen im Rahmen der Vereinten Nationen begrenzt. Die Europäische Union hat sich das unilaterale Ziel gesetzt, ihre Emissionen im Jahr 2020 um 20% gegenüber dem Niveau von 1990 zu begrenzen, und hat zur Erreichung dieses Ziels neben dem EU Emissionshandelssystem ein umfassendes Paket klimapolitischer Maßnahmen verabschiedet. Die deutsche Energiewende wird international mit größter Aufmerksamkeit verfolgt und könnte bei einem Gelingen eine große Signalwirkung entfalten. Australien führt gerade sein nationales Emissionshandelssystem ein, Kalifornien plant die Einführung eines sektorübergreifenden Emissionshandelssystems ab 2012, und in China werden derzeit in mehreren Provinzen Emissionshandelssystemen als Pilotversuche für die nationale Ebene aufgebaut.

Während Initiativen auf nationaler und sub-nationaler Ebene wichtige Bausteine der Klimapolitik sind, bleibt ein globales Abkommen zur Koordination von Emissionsreduktionen mittelfristig aber von zentraler Bedeutung. In einer subsidiären Arbeitsteilung zur Bewirtschaftung des knappen globalen Gemeinschaftsgutes Atmosphäre zwischen den verschiedenen politischen Ebenen liegt die Aufgabe der nationalen sowie regionalen Ebene zunächst in der effizienten Implementierung von Klimapolitiken. Die internationale Ebene bleibt zur Überwindung der Anreize zum Trittbrettfahren und die Sorgen über die Kosten ambitionierter unilateraler Reduktionen unverzichtbar.

Literatur

Barnes, P., R. Costanza, P. Hawken, D. Orr, E. Ostrom, A. Umana und O. Young (2008), »Creating an Earth Atmospheric Trust«, *Science Letters* (319), 724.

Barrett, S. (1994), »Self-Enforcing International Environmental Agreements«, *Oxford Economic Papers* 46, 878–894.

- Barrett, S. (2003), *Environment and Statecraft. The Strategy of Environmental Treaty-Making*, Oxford University Press, New York.
- Buchholz, W. und D. Rübbecke (2011), »Vermeidungs- vs. Anpassungsstrategien in der zukünftigen Klimapolitik: Der Versuch einer realistischen Einschätzung«, *ifo Schnelldienst* 64(5), 11–15.
- Carraro, C. und D. Siniscalco (1993), »Strategies for the International Protection of the Environment«, *Journal of Public Economics* 52, 309–328.
- Carraro, C., J. Eyckmans und M. Finus (2006), »Optimal transfers and participation decisions in international environmental agreements«, *The Review of International Organizations* 1, 379–396.
- Edenhofer, O., C. Carraro, J.-C. Hourcade, K. Neuhoff, G. Luderer, C. Flachsland, M. Jakob, A. Popp, J. Steckel, J. Strophsche, N. Bauer, S. Brunner, M. Leimbach, H. Lotze-Campen, V. Bosetti, E. de Cian, M. Tavoni, O. Sassi, H. Waisman, R. Crassous-Doerfler, S. Monjon, S. Dröge, H. van Essen, P. del Rio und A. Türk (2009), *The Economics of Decarbonization. Report of the RECIFE project*, Potsdam-Institute for Climate Impact Research, Potsdam.
- Edenhofer, O. und M. Kalkuhl (2009), »Das grüne Paradoxon – Menetekel oder Prognose«, in: Beckenbach et al. (Hrsg.), *Jahrbuch Ökologische Ökonomik, Band 6: Diskurs Klimapolitik*, Metropolis, Marburg, 115–151.
- Edenhofer, O., H. Lotze-Campen, J. Wallacher und M. Reeder (Hrsg.) (2010a), *Global, aber gerecht: Klimawandel bekämpfen, Entwicklung ermöglichen*, Beck, München.
- Edenhofer, O., B. Knopf, T. Barker, L. Baumstark, E. Bellevrat, B. Chateau, P. Criqui, M. Isaac, A. Kitous, S. Kypreos, M. Leimbach, X. Lessmann, B. Magné, S. Scricciolucci, H. Turton und D.P. van Vuuren (2010b), »The Economics of Low Stabilisation: Model Comparison of Mitigation Strategies and Costs«, *The Energy Journal* 31 (Special Issue 1), The Economics of Low Stabilization, 11–48.
- Edenhofer, O., C. Flachsland und S. Brunner (2011), »Wer besitzt die Atmosphäre? Zur politischen Ökonomie des Klimawandels«, *Leviathan* 39(2), 201–221.
- Edenhofer, O., R. Pichs Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (Hrsg.) (2011), *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom und New York.
- Finus, M. (2001), *Game Theory and International Environmental Cooperation*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- Flachsland, C., R. Marschinski und O. Edenhofer (2009), »Global Trading versus Linking. Architectures for international emissions trading«, *Energy Policy* 37, 1637–1647.
- Flachsland, C., S. Brunner, O. Edenhofer und F. Creutzig (2011), »Climate Policies for road transport revisited (II): Closing the policy gap with cap-and-trade«, *Energy Policy*, im Druck.
- Hasenclever, A., P. Mayer und V. Rittberger (1997), *Theories of International Regimes*, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2007), »Summary for Policymakers«, in: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor und H.L. Miller (Hrsg.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, und New York, NY, USA.
- Jaeger, C.C. und J. Jaeger (2010), »Three Views of Two Degrees«, *Climate Change Economics* 1(3), 145–166.
- Jakob, M. und K. Lessmann (2012), »Signaling in International Environmental Agreements: The Case of Early and Delayed Action«, accepted for publication in *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*.
- Kalkuhl, M., O. Edenhofer und K. Lessmann (2012), »Learning or Lock-in: Optimal Technology Policies to Support Mitigation«, *Resource and Energy Economics* 34(1), 1–23.
- Keohane, R.O. und E. Ostrom (1995), *Local Commons and Global Interdependence*, Sage Publications Ltd.
- Keohane, R.O. und K. Raustiala (2008), »Toward a Post-Kyoto Climate Change Architecture: A Political Analysis«, Discussion Paper 08-01, Harvard Project on International Climate Agreements, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School, July.
- Knopf, B., G. Luderer und O. Edenhofer (2011), »Exploring the feasibility of low stabilization targets«, *Wiley Interdisciplinary Reviews of Climate Change*, in Revision.
- Leimbach, M., N. Bauer, L. Baumstark, M. Lüken und O. Edenhofer (2010), »Technological Change and International Trade: Insights from REMIND-R«, *The Energy Journal* 31, Special Issue, 109–136.
- Lenton, T.M. et al. (2008), »Tipping elements in the Earth's climate system«, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105, 1786–1793.
- Lessmann, K., R. Marschinski und O. Edenhofer (2009), »The effects of tariffs on coalition formation in a dynamic global warming game«, *Economic Modelling* 26(3), 641–649.
- Lessmann, K. und O. Edenhofer (2011), »Research cooperation and international standards in a model of coalition stability«, *Resource and Energy Economics* 33(1), 36–54.
- Meinshausen, M., N. Meinshausen, W. Hare, S. Raper, K. Frieler, R. Knutti, D. Frame und M. Allen (2009), »Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C«, *Nature* 458, 1158–1163.
- Messner, D. (2010), »Wie die Menschheit die Klimakrise meistern kann«, *Aus Politik und Zeitgeschichte* (32–33).
- Ostrom, E. (2003), »Towards a Behavioral Theory Linking Trust, Reciprocity and Reputation«, in: E. Ostrom und S. Walker (Hrsg.), *Trust and Reciprocity*, Russell Sage.
- Ostrom, E. (2009), »A Multi-Scale Approach to Coping with Climate Change and Other Collective Action Problems«, *The Solutions Journal* (1), Issue 2, 27–36.
- Peters, J.P., J.C. Minx, C.L. Weber und O. Edenhofer (2011), »Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008«, *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 108(21), 8903–8908.
- Petherick, A. (2012), Sweetening the dragon's breath, *Nature Climate Change* 2, 309–311.
- Prins, G. et al. (2010), *Das Hartwell-Papier. Zur Neuausrichtung der Klimapolitik nach dem Zusammenbruch von 2009*, online verfügbar unter: <http://eprints.lse.ac.uk/27939/>.
- Rogelj, J., J. Nabel, C. Chen, W. Hare, K. Markmann, M. Meinshausen, M. Schaeffer, K. Macey und N. Höhne (2010), »Copenhagen Accord pledges are paltry«, *Nature* 464(7292), 1126–1128.
- Schelling, T. (1960), *The Strategy of Conflict*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Vivid Economics (2012): Carbon taxation and fiscal consolidation: the potential of carbon pricing to reduce Europe's fiscal deficits, Report prepared for the European Climate Foundation and Green Budget Europe, May 2012.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen (2010), »Klimapolitik nach Kopenhagen. Auf drei Ebenen zum Erfolg«, Politikpapier Nr. 6.
- Weitzman, M. (2009), »On Modelling and Interpreting the Economics of Catastrophic Climate Change«, *The Review of Economics and Statistics* 91(1), 1–19.
- Weitzman, M. (2010), »GHG Target as Insurance against Catastrophic Climate Damages«, Working Paper, online verfügbar unter: http://www.economics.harvard.edu/faculty/weitzman/papers_weitzman.

Um klimapolitische Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirkung abschätzen und bewerten zu können, ist es hilfreich, sich die wichtigsten Charakteristika des Klimaproblems noch einmal ins Gedächtnis zu rufen. Klimapolitik zu betreiben bedeutet, ein *global öffentliches Gut* zur Verfügung zu stellen. Die klassischen Eigenschaften eines öffentlichen Gutes sind erfüllt: Niemand kann vom Konsum des stabilen Klimas ausgeschlossen werden, und es besteht keinerlei Rivalität im Konsum. Daher ist jedes Land in der Lage, die *Freifahrerposition* einzunehmen: Es kann die Vorteile eines stabilen Klimasystems nutzen, auch wenn es selbst keinen Beitrag zum Klimaschutz geleistet hat. Verschärft wird dieses Problem dadurch, dass die Möglichkeit eines kollektiven Beschlusses im internationalen Kontext ausgeschlossen ist, da keine supranationale Institution existiert, die in der Lage wäre, eine kollektive Entscheidung durchzusetzen.

Diese Charakterisierung des Klimaproblems ist bekannt und unumstritten. Sie wird hier vorangestellt, weil die Beurteilung eines klimapolitischen Alleingangs unbedingt auf diese Besonderheiten des Klimaproblems Bezug nehmen muss. Im Folgenden wird zunächst die Frage gestellt, welche direkten ökologischen und ökonomischen Effekte ein Alleingang haben kann. Es wird sich dabei schnell zeigen, dass diese nicht in der Lage sind, einen solchen Alleingang zu begründen. Im Gegenteil, die unmittelbaren Effekte für das Land, das den Alleingang unternimmt, dürften negativ sein. Das Beispiel Deutschlands, um das es im Weiteren gehen wird, ist insofern ein besonderes, als zu der Entscheidung, Klimapolitik im Alleingang zu betreiben, im Kontext der sogenannten Energiewende der Ausstieg aus der Atomenergie hinzukommt.



Joachim Weimann*

Der deutsche Alleingang

Die klimapolitischen Entscheidungen der Bundesregierung sind im Wesentlichen Entscheidungen zugunsten bestimmter Technologien und damit verbunden der Verzicht auf andere. Obwohl nicht unmittelbar durch das Klimaproblem motiviert, ist der Ausstieg aus der Atomenergie, wie er 2011 beschlossen wurde, in diesem Zusammenhang zu sehen, weil er die technologischen und ökonomischen Bedingungen, unter denen die Energiewende und die in ihr enthaltene Klimapolitik stattfinden, maßgeblich mit beeinflusst.

Die Debatte um die Kernenergie ist in Deutschland seit je her sehr stark ideologisch und emotional aufgeladen. Ob vorhandene Atomkraftwerke abzuschalten sind, hängt davon ab, wie man die Risiken, die mit diesen Kraftwerken verbunden sind, bewertet. Unabhängig davon ist aber klar, dass mit der Stilllegung erheb-

liche Produktionspotenziale dauerhaft zerstört werden. Mit dem Abschalten des bestehenden Kraftwerksparks entscheidet sich Deutschland dafür, auf die treibhausgasfreie, kostengünstige Produktion von rund einem Viertel seines Strombedarfs dauerhaft zu verzichten. Es ist bis jetzt noch nicht absehbar, wie genau die Atomlücke geschlossen werden wird. Da erneuerbare Energien aufgrund der hohen Volatilität der Einspeisung nicht grundlastfähig sind, wird es darauf hinauslaufen, dass die Lücke überwiegend durch neue fossile Kraftwerke und Atomstromimporte geschlossen wird. Ceteris paribus wird dies zu steigenden Kosten für den Grundlaststrom und zu höheren CO₂-Emissionen führen.

Durch die in Fukushima gesammelten Erfahrungen ist weltweit das Bewusstsein für die Gefahren der Atomkraft gestiegen. Im Unterschied zu Deutschland hat man im Rest der Welt daraus allerdings die Konsequenz gezogen, dass es sinnvoll ist, in neue Atomkraftwerke und die Sicherheitsforschung zu investieren. Sollte sich herausstellen, dass die Atomenergie eine sichere, kostengünstige Technologie werden kann, dann eröffnet dies die

* Prof. Dr. Joachim Weimann ist Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftspolitik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Der Beitrag ist eine gekürzte Fassung des Vortrags. Die Langfassung erscheint im Tagungsband des Symposiums, herausgegeben von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Chance, den Ausstieg aus der CO₂-Wirtschaft mit geringen Energiekosten bei sicherer Energieversorgung zu leisten. Nehmen andere Industrieländer diese Option wahr und verzichtet Deutschland darauf, entsteht unter Umständen ein Wettbewerbsnachteil, insbesondere gegenüber den Regionen, mit denen ein Stromhandel nicht möglich ist.

Neben dem Ausstieg aus der Atomkraft beinhaltet der »deutsche Weg« die konsequente Förderung erneuerbarer Energien. Sie ist eindeutig dem Ziel untergeordnet, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Angesichts der Tatsache, dass der Anteil Deutschlands an den weltweiten Treibhausgasemissionen unter 2% liegt, würde selbst der vollständige Verzicht auf weitere Emissionen den globalen Temperaturpfad nicht verändern. Im günstigsten Fall hat der Alleingang Ansteckungseffekte, die dazu führen, dass schließlich eine große Zahl von Ländern freiwillig dem deutschen Beispiel folgt. Allerdings spricht eine Reihe von Gründen dagegen.

1. Die ökologische Wirkung der Förderung erneuerbarer Energien ist praktisch gleich null, da eine Minderung des CO₂-Ausstoßes nicht die Menge der in Europa zirkulierenden Emissionsrechte reduziert.
2. Der Emissionshandel führt nur dann zu einer kostenminimalen Realisation des Europäischen Cap, wenn die Entscheidungen über die Vermeidung (wer, wo, wie) den dezentralen Akteuren überlassen werden. Nur so können die dezentral vorliegenden Informationen über die wahren Vermeidungskosten nutzbar gemacht werden.
3. Die ökologische Wirkung des EEG ist vernachlässigbar, aber die ökonomischen Effekte sind massiv. Dadurch, dass mit dem EEG bestimmten Technologien Vorrang eingeräumt wird, ohne dass dabei Rücksicht auf die CO₂-Vermeidungskosten genommen wird, werden CO₂-Vermeidungen zu dramatisch höheren Kosten realisiert, als ohne EEG möglich wäre.

Zu den ökonomischen Folgen sollen an dieser Stelle einige wenige qualitative Überlegungen angestellt sein. Mitunter wird behauptet, dass durch die erneuerbaren Energien die Strompreise tendenziell sinken, da der Strompreis an den Spotmärkten jeweils den Grenzkosten des zuletzt zugeschalteten Kraftwerks entspricht. Allerdings werden dabei zwei Aspekte vernachlässigt. Erstens sind die erneuerbaren Energien weder grundlastfähig noch konstant verfügbar. Daher wird Regel- und Reserveenergie benötigt, deren Vorhaltung zusätzliche Kosten verursacht. Zweitens wird bei der Preisbildung am Spotmarkt die Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energiequellen vernachlässigt. Es handelt sich dabei aber um einen Preisbestandteil, den die Stromnachfrager in jedem Fall zu tragen haben. Deshalb muss die Förderung der erneuerbaren Energien notwendig zu einem Anstieg der Energiepreise führen. Diese beeinflussen die Produktionsbedingungen am

Standort Deutschland, die Faktornachfrage und die langfristigen Wachstumsaussichten des Landes. Zusätzlich wird als gewichtiges Argument für die Förderung erneuerbarer Energien immer wieder auf die Arbeitsplatzgewinne verwiesen, die in der Solar- und der Windbranche entstehen und mit einer Auflistung der neu entstandenen Arbeitsplätze begründet. Um jedoch die letztlich entscheidenden Nettoeffekte zu erhalten, müsste natürlich berücksichtigt werden, dass die Investitionen und Ausgaben für erneuerbare Energien zu einer Verdrängung anderer Investitionen führen und deshalb Arbeitsplätze kosten. Da die höheren Energiekosten ebenfalls negative Auswirkungen auf die Beschäftigung haben dürften, ist keineswegs klar, dass der Nettoeffekt positiv ausfallen muss.

Einem ökologischen Scheingewinn steht damit ein ökonomischer Schaden gegenüber, der, das zeigen die Berechnungen von Böhringer und Rosendahl (2010), erheblich sein dürfte. Die Hoffnung, dass Deutschlands massive Investitionen in den Klimaschutz von anderen Ländern als ein »gutes Beispiel« angesehen werden das diese dazu anregt, selbst aktiv zu werden, soll im folgenden Abschnitt diskutiert werden.

Internationale Klimaverhandlungen

Spieltheoretische Analyse

Wie eingangs bereits ausgeführt wurde, geht es beim Klimaschutz um die Bereitstellung eines global öffentlichen Gutes. Alle würden besser gestellt, wenn jedes Land einen Beitrag zum Klimaschutz erbringt und das Klima dadurch stabilisiert werden kann. Gleichzeitig ist es aber für jedes einzelne Land vorteilhaft, selbst keinen Beitrag zu leisten und sich auf die Freifahrerposition zurückzuziehen. Im nicht-kooperativen Gleichgewicht kommt es deshalb zu einer gravierenden Unterversorgung mit dem Kollektivgut Klimaschutz.

Aus diesem Dilemma können nur internationale Abkommen führen, in denen sich die beteiligten Länder *freiwillig* dazu verpflichten, Klimaschutzleistungen zu erbringen. Die entscheidende Frage ist deshalb, wie das Zustandekommen solcher Abkommen erreicht werden kann. Das zentrale Resultat der nicht-kooperativen Spieltheorie besteht darin, dass nur mit sehr kleinen Koalitionen gerechnet werden kann (vgl. Barrett 1994; Carraro und Siniscalco 1993). Der entscheidende Punkt ist, dass Koalitionen die Freifahrerposition umso attraktiver machen, je größer sie werden. Dazu kommt, dass Länder, die sich außerhalb der Koalition befinden, Anreize haben, ihre Emissionen sogar zu verstärken. Solche Rebound-Effekte machen die bescheidenen Erfolge, die die kleinen Koalitionen feiern können, zum Teil wieder zunichte.

Eine naheliegende Idee besteht darin, Seitenzahlungen einzusetzen. Die Signatarstaaten bezahlen die Nicht-Signatarstaaten dafür, dass sie der Koalition beitreten. Carraro und Siniscalco (1993) zeigen, dass mit solchen Zahlungen bei symmetrischen Ländern nicht zu rechnen ist. Damit Seitenzahlungen überhaupt erfolgreich sein können, müssen die Länder stark asymmetrisch sein. Barrett (2001) zeigt allerdings, dass Asymmetrie nur eine notwendige, keineswegs jedoch eine hinreichende Bedingung dafür ist, dass Seitenzahlungen zum Erfolg führen können. Eine weitere Möglichkeit, Staaten zum Eintritt in eine Klimakoalition zu bewegen, ist die Verknüpfung verschiedener Abkommen miteinander. Carraro und Siniscalco (1994) zeigen, dass dieses »Issue Linkage« tatsächlich zum Erfolg führen kann. Beispielsweise könnte das Klimaschutzabkommen mit einem Technologieabkommen gekoppelt werden. Nur die Länder, die bereit sind, Klimaschutz zu betreiben, dürfen dem Technologieabkommen beitreten, d.h. haben Zugang zu den neuen Techniken. Die entscheidende Frage ist, wie realistisch es ist, Länder von wichtigen technologischen Entwicklungen dauerhaft auszuschließen und sie andererseits *dauerhaft* zu Klimaschutzmaßnahmen zu bringen, wenn sie bereits im Besitz der neuen Technologie sind.

Hinzu kommt, dass der sogenannte »Trade-Leakage«-Effekt die Realisierung globaler Klimaschutzabkommen untergräbt, denn Nicht-Signatarstaaten profitieren von einer verbesserten Wettbewerbsposition in der Produktion energieintensiver Produkte. Durch veränderte Handelsströme wird ein Teil des von den Signatarstaaten durchgesetzten Klimaschutzes wieder zunichte gemacht. Eine mögliche Gegenmaßnahme ist die Erhebung von Importzöllen auf die Exporte der Nicht-Signatarstaaten. Deren Durchsetzbarkeit ist jedoch im Hinblick auf ihre Unvereinbarkeit mit den Regeln der WTO fraglich. Eine Alternative dazu sind strikte Handelsrestriktionen (vgl. Barrett 1999). Die Signatarstaaten könnten die Nicht-Signatarstaaten gewissermaßen vom Handel ausschließen. Eine solche Strategie wäre mit den WTO-Regeln vereinbar, setzt aber voraus, dass die Handelsvorteile unter den Signatarstaaten entsprechende Größenordnungen annehmen können. Fragwürdig ist, ob sich derartige Handelsrestriktionen politisch durchsetzen ließen. Die Zeichen der Zeit deuten in die Richtung einer immer weiteren Öffnung der Märkte und eine immer stärkere internationale Arbeitsteilung.

Damit muss konstatiert werden, dass auch dann, wenn man Seitenzahlungen, Issue Linkage und Handelsrestriktionen als flankierende Maßnahmen mit ins Auge fasst, die Aussichten auf ein wirksames internationales Klimaabkommen eher pessimistisch einzuschätzen sind. Bleibt die Frage, ob ein einzelnes Land oder eine Gruppe von Ländern (wie beispielsweise die EU) den Verhandlungsprozess dadurch befördern kann, dass einseitige Vorleistungen geleistet werden.

Die Wirkung von Leadership

Für die Wirkung, die einseitige Vermeidung auf potenzielle Verhandlungen hat, ist die nicht-kooperative Lösung entscheidend. Sie determiniert den Drohpunkt dieser Verhandlungen, denn es ist klar, dass die nicht-kooperative Lösung realisiert wird, wenn die Verhandlungen scheitern. Das Modell von Hoel (1991; 1992) zeigt, dass einseitige Vorleistungen eines Landes den Drohpunkt in einer für dieses Land unvorteilhaften Weise verändern. Das führt zu einer Lastenverteilung, bei der das vorleistende Land höhere Vermeidungsanstrengungen übernimmt, als es ohne Vorleistung zu erbringen hätte. Unter sehr realistischen Bedingungen hat die Vorleistung zur Folge, dass nach den Verhandlungen weniger Schadstoffe vermieden werden als vermieden worden wären, wenn keine Vorleistung erfolgt wäre. Der Wissenschaftliche Beirat beim Bundesfinanzministerium (2010) kommt angesichts dieser Ergebnisse zu einem sehr eindeutigen Urteil: »Eine Selbstverpflichtung ist in einer Situation nicht-kooperativer Umweltpolitik zum Schaden der eigenen Bevölkerung, weil sie hohe Kosten der Umweltpolitik auf sich zieht, ohne dass garantiert ist, dass sich die Belastung des Weltklimas wesentlich vermindert.« (S. 14)

Die verhaltensökonomische Analyse

Die restriktiven Annahmen der spieltheoretischen Analyse über strikt rationales Verhalten und Common Knowledge schränken die externe Validität der Modelle stark ein. Es ist nicht klar, ob sie tatsächlich das beschreiben, was in internationalen Klimaschutzverhandlungen geschieht. Neben der spieltheoretischen Analyse sind Klimaverhandlungen und das dahinter stehende Problem der Bereitstellung öffentlicher Güter auch experimentell untersucht worden.

So zeigt sich im Experiment, dass Versuchspersonen zu Kooperation fähig sind, auch wenn die dominante Strategie keine Kooperation vorsieht. Allerdings zeigt sich auch, dass Versuchspersonen selbst unter den idealtypischen Bedingungen, wie sie im Labor herrschen, nicht in der Lage sind, eine effiziente Bereitstellung des öffentlichen Gutes zu koordinieren. Dies gilt jedenfalls solange die Versuchspersonen anonym agieren. Wird Kommunikation zugelassen, steigert dies die Kooperationsfähigkeit erheblich (vgl. Brosig, Weimann und Ockenfels 2003). Dieser Befund macht deutlich, dass internationale Konferenzen für das Zustandekommen kooperativer Abkommen unter Umständen besonders wichtig sind.

Für die Beurteilung des deutschen Alleingangs in der Klimapolitik sind natürlich vor allem die Experimente bedeutsam, die explizit die Effekte eines Vorreiters (Leaders) bei Verhandlungen untersuchen. Die Theorie prognostiziert, dass die verstärkten Vermeidungsanstrengungen des Leaders dazu führen, dass die nachfolgenden Länder ihre Vermeidung reduzieren. Diese theoretische Prognose kann experimen-

tell nicht eindeutig bestätigt werden. Jedoch zeigen Sturm und Weimann (2008) unter anderen, dass Leadership nicht zu nachhaltigen oder substantiellen Effizienzgewinnen führt, wohl aber das Land, das vorangeht, deutlich schlechter stellt. Die experimentelle Analyse kommt letztlich zu ähnlichen Ergebnissen wie die spieltheoretische. Das gute Beispiel eines Landes hat für dieses Land hohe Kosten, führt aber im Ergebnis nicht zu mehr Klimaschutz.

Schlussfolgerungen

Aus den hier angestellten Überlegungen lassen sich die folgenden Schlüsse ziehen:

1. Mit der Förderung erneuerbarer Energien im deutschen Alleingang und der Missachtung des Europäischen Emissionshandels wird eine vollständig redundante Politik betrieben, die hohe volkswirtschaftliche Kosten zur Folge hat.
2. Die einzige Möglichkeit, den Alleingang überhaupt zu rechtfertigen, besteht in dem Argument, dass dadurch die Voraussetzungen für internationale Klimaschutzabkommen verbessert werden.
3. Die spieltheoretische Analyse zeigt, dass jede Form von Leadership kontraproduktiv ist. Gute Beispiele verschlechtern die Verhandlungspositionen der Leader und führen deshalb zu weniger Klimaschutz anstatt zu mehr.
4. Die verhaltensökonomische Analyse schwächt die spieltheoretischen Befunde zwar ab, kommt aber zu dem gleichen Resultat, dass Vorleistungen im Klimaschutz nicht zu empfehlen sind.

Damit gibt es keine tragfähige Grundlage, auf der ein deutscher Alleingang in der Klimapolitik begründet werden könnte. Auch unter Berücksichtigung der internationalen Klimaverhandlungen bleibt die deutsche Klimapolitik redundant und schädlich.

Eine Alternative zum Alleingang wäre ein koordiniertes europäisches Vorgehen, das drei wichtige Reformschritte vorsieht. Die Effizienz der europäischen Klimapolitik wird durch den Verzicht auf redundante ordnungsrechtliche Vorschriften gesteigert, der Emissionshandel wird massiv ausgebaut und langfristig verankert. Der dritte Schritt ist die regionale Erweiterung des Emissionshandels die durch ein Transfersystem ermöglicht wird, das sich aus den Effizienzgewinnen finanziert und außereuropäischen Ländern Anreize setzt, dem Emissionshandelssystem beizutreten (vgl. Weimann 2012).

Literatur

- Barrett, S. (1994), »Self-enforcing International Environmental Agreements«, *Oxford Economic Papers* 46, 878–894.
- Barrett, S. (1999), »The Credibility of Trade Sanctions in International Environmental Agreements«, in: P.G. Fredriksson (Hrsg.), *Trade, Global Policy, and the Environment*, World Bank Discussion Paper 402, 161–172.
- Barrett, S. (2001), »International Cooperation for Sale«, *Journal of Public Economics* 45, 1835–1850.
- Böhlinger Chr. und K.E. Rosendahl (2010), »Green Promotes the Dirtiest: On the Interaction between Black and Green Quotas in Energy Markets«, *Journal of Regulatory Economics* 37(3), 316–325.
- Brosig, J., J. Weimann und A. Ockenfels (2003), »The Effect of Communication Media on Cooperation«, *German Economic Review* 4(2), 217–241.
- Carraro, C. und D. Siniscalco (1993), »Strategies for the International Protection of the Environment«, Environmental papers.
- Carraro, C. und D. Siniscalco (1994), »R&D Cooperation and the Stability of International Environmental Agreement«, *Fondazione Eni Enrico Mattei, Milana, Nota di Lavoro*, 65–94.
- Hoel, M. (1991), »Global Environmental Problems. The Effects of Unilateral Actions Taken by one Country«, *Journal of Environmental Economics and Management* 20, 55–700.
- Hoel, M. (1992), »International Environment Conventions. The Case of Uniform Reductions of Emissions«, *Environmental & Resource Economics* 2, 141–159.
- Sturm, B. und J. Weimann (2008), »Unilateral Emissions Abatement. An Experiment«, *Environmental Economics, Experimental Methods*, Routledge, London, 157–183.
- Weimann, J. (2012), *Institutionen für die Beherrschung globaler Commons und global öffentlicher Güter*, Kurzexpertise für die Enquete-Kommission »Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität« des Deutschen Bundestages.
- Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesfinanzministerium (2010), *Klimapolitik zwischen Emissionsvermeidung und Anpassung*, Bundesfinanzministerium, Berlin.

Kommentar zum Vortrag von Joachim Weimann: Wie sinnvoll ist der klimapolitische Alleingang Deutschlands?

40

Kai Konrad bestätigt und verstärkt in seinem Kommentar die Kernthesen von Joachim Weimann. Er nimmt insbesondere Stellung zur Frage einseitiger Vorleistungen. Er referiert auch neuere Ergebnisse, die zeigen, dass solche Vorleistungen nicht nur zu einer internationalen Verlagerung der klimapolitischen Kosten zu Lasten des vorleistenden Landes führen, sondern dass sie auch die Wahrscheinlichkeit für ein erfolgreiches Klimaabkommen negativ beeinflussen.



© David Auserhofer

Kai A. Konrad*

Joachim Weimann beleuchtet mit großer Klarheit die Gefahren des deutschen Sonderwegs in der Energie- und Klimapolitik. Er beschreibt die Konsequenzen des kaum begründbaren Alleingangs in der Kernenergie, weist auf die gewaltigen Kosten der Förderung der Photovoltaik hin und auf die vollständige Wirkungslosigkeit dieser Subventionen im Hinblick auf die Vermeidung von Treibhausgasen angesichts einer durch die europäische Mengenregulierung der CO₂-Emissionen vorgegebenen Gesamtmenge an Emissionen.

Er identifiziert die Schwächen einer Industriepolitik im Bereich erneuerbarer Energien, deren Scheitern heute bereits zu erkennen ist. Unter den fünf größten Herstellern von Solarzellen befindet sich schon heute kein deutsches Unternehmen mehr, sondern es sind vier chinesische und ein amerikanischer Hersteller. In Deutschland ist die Branche im Übergang oder sogar schon in Abwicklung. Trotzdem werden in den kommenden Jahrzehnten auf der Basis der bereits bestehenden Verpflichtungen viele Milliarden Subventionen pro Jahr für die Photovoltaik fließen (vgl. Frondel, Ritter und Schmidt 2011).

Die letzte Komponente des deutschen Sonderwegs ist der Alleingang und die Vorreiterrolle Deutschlands in der Klimapolitik. Mit klaren einseitigen Zusagen zur Vermeidung von Treibhausgasen sollte man mit gutem Beispiel vorangehen, und die anderen würden folgen.¹ Diese Vorstellung hat keine wirtschaftstheoretische Grundlage, im Gegenteil, wie die Theorie der freiwilligen Bereitstellung internationa-

ler öffentlicher Güter – die maßgeblich von Martin McGuire (1974), Theodore Bergstrom, Lawrence Blume und Hal Varian (1986) und anderen entwickelt wurde – darlegt. Michael Hoel (1991) zeigt, welche erwarteten Wirkungen einseitige Vorleistungen haben. Andere Staaten beobachten, dass die Ziele, die sie durch Eigenanstrengungen erreicht hätten, bereits zu größeren Teilen durch eben diese Vorleistungen erfüllt werden. Als Reaktion reduzieren sie ihre eigenen Anstrengungen oder verzichten ganz auf sie. Auch empirische Ergebnisse aus dem Bereich der experimentellen Ökonomie liefern zum Teil ähnliche Befunde und sollten allen Befürwortern einer Vorreiterrolle als klimapolitische Strategie Deutschlands zu denken geben.

Eine globale Klimapolitik kann nur dann erfolgreich sein, wenn sich praktisch alle Staaten auf Vermeidungsaktivitäten verständigen und sich auf Emissionsminderungen festlegen. Aber ein Zustandekommen großer Koalitionen in einem internationalen Umfeld ohne Institutionen, die internationale Vertragsbrüche oder das einseitige Ausscheren aus Vereinbarungen wirkungsvoll unterbinden können, hat keine Aussicht auf Erfolg. Selbst bei Vorhandensein eines solchen Mechanismus dürften einseitige Vorleistungen das Zustandekommen solcher Vereinbarungen kaum erleichtern, im Gegenteil: Kai Konrad und Marcel Thum (2011) zeigen, dass einseitige Vorleistungen das Zustandekommen eines Vertrags sogar verhindern können.

Sie betrachten eine typische Gefangenendilemma-Situation, um die es sich bei Klimaverhandlungen handelt. Sie unterstel-

* Prof. Dr. Kai A. Konrad ist Geschäftsführender Direktor am Max-Planck-Institut für Steuerrecht und Öffentliche Finanzen, München.

Der Beitrag ist eine gekürzte Fassung des Vortrags. Die Langfassung erscheint im Tagungsband des Symposiums, herausgegeben von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

¹ Vgl. repräsentativ für diese Position die Forderung auf eine Festlegung auf 40% Minderung Deutschlands im Alleingang seitens der Grünen-Politikerin Renate Künast, Welt online, 19. November 2011, online verfügbar unter: http://www.welt.de/print/die_welt/politik/article13724854/Deutschland-Kompakt-I.html.

len, dass Länder gemeinsame Vorteile daraus hätten, wenn alle in entsprechendem Umfang Emissionsvermeidung betreiben würden, und dass sie ihre eigenen Nettovorteile aus effizienter Klimapolitik kennen, aber Unsicherheit darüber empfinden, wie groß die Nettovorteile ihrer Verhandlungspartner jeweils wären. Konrad und Thum vergleichen zwei Situationen. In der einen Situation können beide Verhandlungspartner A und B im Falle erfolgreicher Verhandlungen einen substanziellen Beitrag leisten, um ihre gemeinsame Wohlfahrt aus einem guten Weltklima zu steigern. In der anderen Situation hat einer der Verhandlungspartner (Land A) alle möglichen Effizienzgewinne, die er selbst beitragen kann, bereits vorab geleistet oder zugesagt. Durch diese einseitige Vorleistung verringert A den Umfang möglicher gemeinsamer Gesamtvorteile aus erfolgreichen Verhandlungen. Jeder Verhandlungspartner ist in der Regel bereit zu riskieren, dass die Verhandlungen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit scheitern, wenn er dafür im Erfolgsfall entsprechend einen größeren Anteil am Gesamtvorteil des Erfolgs erhält. Seine Forderung weitet er bis zu dem Punkt aus, an dem der eigene Verhandlungsgewinn im Erfolgsfall multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit des Eintretens des Verhandlungserfolgs maximal wird. Er wägt bei seinen Forderungen also die Wahrscheinlichkeit der Erzielung von Effizienzgewinnen gegen die eigene Verteilungsposition ab. Ein Verhandlungspartner mit Geschick verlangt einen substanziellen Anteil am Effizienzgewinn, auf die Gefahr hin, dass er dabei die Vorteilhaftigkeit des Deals für seinen Verhandlungspartner falsch einschätzt und die Verhandlung scheitert. In der Tendenz gilt: je größer der gesamte Effizienzgewinn und je kleiner die Unsicherheit über die Entscheidungssituation des jeweilig anderen Verhandlungspartners ist, desto wahrscheinlicher ist ein erfolgreicher Verhandlungsabschluss.

Hier kommen nun einseitige Vorleistungen ins Spiel. Sie verringern den insgesamt zur Disposition stehenden Effizienzgewinn, aber nicht unbedingt die Unsicherheit über die Entscheidungssituation des jeweiligen Verhandlungspartners. Die Verhandlungen werden deshalb härter: was man gemeinsam gewinnen kann, wird geringer. Umso mehr konzentriert sich die Verhandlung darauf, was man dem anderen wegnehmen kann. Das führt zu Verhaltensweisen, die ein Scheitern wahrscheinlicher machen. Die Nachteilhaftigkeit einseitiger Vorleistungen bestätigt sich also nicht nur in spieltheoretischen nicht-kooperativen Gleichgewichten und in verhaltenstheoretischen Laborexperimenten. Sie zeigt sich auch, was die Wahrscheinlichkeit eines echten Verhandlungserfolgs angeht.

Warum hat sich Deutschland auf diesen Sonderweg begeben? Bei dem Entschluss zum Ausstieg aus der Kernkraft scheint der Grund offensichtlich zu sein. Wenn man als regierende Partei das, was der politische Gegner im Falle eines Wahlsiegs durchsetzen würde, bereits vor der Wahl durchsetzt, nimmt man dem Gegner Wähler weg. Aber die

Partei, die auf die Position eines politischen Gegners zugeht, gibt damit politische Positionen frei, die von anderen Parteien besetzt werden könnten, und kann so Wähler verlieren; im Bereich der Energie- und Klimapolitik wäre das die Position einer Partei, die mit einem wirtschaftsliberalen Profil antritt. Ein zweiter Erklärungsansatz betrachtet die Rolle von Interessengruppen. Wenn bereits existierende Arbeitsplätze in Gefahr geraten, ist die Lobby-Arbeit zu ihrer Verteidigung erfolgreicher als bei der Verbandsarbeit zur Schaffung von noch nicht existierenden Arbeitsplätzen. Die Tatsache, dass Deutschland sich relativ früh auf den eingeschlagenen energiepolitischen und klimapolitischen Pfad begeben hat, mag insofern ebenfalls eine Erklärung für den deutschen Alleingang sein.

Literatur

Bergstrom, Th.C., L. Blume und H. Varian (1986), »On the Private Provision of Public Goods«, *Journal of Public Economics* 29, 25–49.

Frondel, M., N. Ritter und Chr.M. Schmidt (2011), »Die Kosten des Klimaschutzes am Beispiel der Strompreise«, *RWI Position* Nr. 45, 1. April.

Hoel, M. (1991), »Global Environmental Problems: The Effects of Unilateral Actions Taken by one Country«, *Journal of Environmental Economics and Management* 20, 55–70.

Konrad, K.A. und M. Thum (2011), »Climate Policy Negotiations with Incomplete Information«, SSRN Working Paper of the Max Planck Institute for Tax Law and Public Finance, No. 2011-19.

McGuire, M.C. (1974), »Group Size, Group Homogeneity, and the Aggregate Provision of a Pure Public Good under Cournot Behavior«, *Public Choice* 18, 107–126.

Das Tohoku-Erdbeben vom 11. März 2011 hat Japans Energiesystem physisch schwer getroffen. Quantitativ weit schwerwiegender war jedoch der Einschnitt, den die Abschaltung von Kraftwerksleistung wegen Verdachts auf einen allen Kernkraftwerken (KKW) gemeinsamen Auslegungsfehler mit sich brachte. Japan hat zunächst wie aus dem Lehrbuch des Risikomanagements reagiert, indem es alle verbliebenen funktionsfähigen KKW innerhalb eines Jahres vom Netz genommen hat, um ihre Sicherheitsauslegung einer Überprüfung zu unterziehen. Übliche und bekannte Konsequenz eines solchen Vorgehens ist ein Kapazitätsmangel. Mit dem hat man professionell umzugehen, was im Stromsektor besonders schwierig ist. Bei unkoordinierter Vorgehensweise entsteht im Verkehr z.B. lediglich ein Stau, d.h. ein lokal begrenzter und Nachfrage abschreckender Systemzustand, der sich inhärent stabilisiert, sich regional wenig und nur langsam ausbreitet. Bei der Stromversorgung ist das aber anders. Da kann aus einem unkoordiniert ins System eingebrachten Kapazitätsmangel leicht ein sich blitzartig aufschaukelnder, regional weiträumig ausgreifender instabiler Zustand resultieren – im Extremfall ein allgemeiner Netzzusammenbruch. Der Umgang mit einer aus Gründen des Risikomanagements oktroyierten Verkürzung von Kraftwerkskapazität bedarf deshalb eines Umgangs spezifischer Art. Dazu hat Japan, in der Not, eine neuartige Sozialtechnik entwickelt: Setsuden. Dieses Programm hat inzwischen die Aufmerksamkeit der OECD gefunden, zum Zwecke der transnationalen Gewinnung an Expertise. Für Deutschland könnte Setsuden im Zusammenhang mit der bevorstehenden Energiewende von Interesse sein.



© Wuppertal Institut

Hans-Jochen Luhmann*

Die Betroffenheit der Energie-Infrastrukturen durch das Tohoku-Erdbeben

Das Große Erdbeben, welches Japan am 11. März 2011 (»3/11«) traf, war in seiner Stärke für die Region präzedenzlos. Entsprechend auslegungsüberschreitend war es in mehreren Dimensionen. In seinen Konsequenzen für Japans Energiesystem wird es im Ausland in der Regel eklektisch nur wahrgenommen. Präsent ist der Tsunami, den das Erdbeben ausgelöst hat, dafür sorgt die Macht der bewegten Bilder des Tsunamis sowie der Verwüstungen und Todesopfer, die er mit sich gebracht hat. Und da das so anschaulich ist, ist es so eingängig, das Desaster in der Kraftwerksballung zu Fukushima Dai-ichi dem Tsunami, *einer* Erdbebenfolge, zuzurechnen. Mehr wird meist nicht wahrgenommen, der Rest wird ausgeblendet.

Erstens aber gilt selbstverständlich, dass das Desaster von Fukushima Dai-ichi Folge eines Zusammenwirkens von direkten Erdbebenfolgen und indirekten Erdbebenfolgen, also des Tsunamis, ist. Die

übliche gegenteilige Darstellung seitens der deutschen Kernkraft-Community ist interessegeleitet und nicht begründet. Ein schnellabgeschalteter Leichtwasserreaktor produziert gerade in den ersten Stunden noch eine erhebliche Nachwärme. Für deren erfolgreiche Abfuhr hin zu Wärmesenken, hier Anlagen mit Meereszugang, bedarf es neben einer Kraftversorgung auch der Funktionsfähigkeit der seewärts gelegenen Senken. In den vier Kernkraftkomplexen an Honshus Nordostküste, die vom Tohoku-Erdbeben und nachfolgendem Tsunami, sämtlich ebenfalls auslegungsüberschreitend, getroffen wurden, waren die Schäden an Wärmesenken- und Notstromversorgungsanlagen, die i.d.R. ebenfalls auf die Wärmesenke Meerwasser angewiesen sind, ähnlich.

Fukushima Dai-ichi (4,7 GW_e) ist zusammen mit dem nur wenige Kilometer weiter südlich gelegenen Nachbarstandort Fukushima-Dai-ni (4,4 GW_e) die weltweit größte Kernkraftwerksballung (9,1 GW_e). Sie ist in einer Subduktionszone, in einer Hochrisikozone also, gelegen; ostwärts gerichtet, an der Pazifikküste, mit Blick auf den Japan-Graben, der erdgeschichtlich gesehen gleichsam das Negativ des Japanischen Archipels ist. Was den Ablauf in Fukushima Dai-ichi unterschied von

* Dr. Hans-Jochen Luhmann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.

dem in Tokai, Fukushima Dai-ichi und Onagawa, war der (erdbebenbedingte) vollständige Ausfall der mehrsträngig ausgelegten externen Stromversorgung.¹ Nur dort war man deshalb, das ist das Spezifikum, auf eine funktionierende Notstromversorgung angewiesen, auf eine Versorgung aus Anlagen, die in den anderen drei Komplexen ebenfalls massiv beschädigt waren, dort aber nicht zum Einsatz kommen mussten, da die dortige, ebenfalls mehrsträngig ausgelegte Erstversorgung mit Elektrizität das Erdbeben in hinreichend vielen Strängen glücklicherweise unbeschadet überstanden hatte. Fragt man nach »dem« Grund des Desasters in Fukushima Dai-ichi, dann ist es nach Maßstäben professionellen Risikomanagements ein Anfängerfehler, allein auf den auslegungsüberschreitenden Tsunami zu verweisen, auf ein Element nur des Sicherheits-Bedingungsgefüges. Der Einfluss anderer Elemente des Gefüges, die direkt vom (ebenfalls auslegungsüberschreitenden) Erdbeben berührt sind, wird ausgeblendet – man verfehlt mit dem Abstellen auf dieses juristisch geprägte Ursachenverständnis (»sine qua non«) den systemischen Charakter der Sicherheitsvorsorge. Das präzedenzlose Mega-Erdbeben zusammen mit dem alsbald folgenden Tsunami hat somit mehrfach Sicherheitschwachstellen in der Auslegung des japanischen Kernkraftwerkspark aufgedeckt – aber natürlich nicht allein an dem in Japan, sondern eigentlich auch an dem auf der gegenüberliegenden Seite der Japanischen See, an der Küste Südkoreas, die in gleiche Weise im Einflussgebiet einer Subduktionszone liegt. Festzustellen ist das auf Basis der Erfahrung an allen vier KKW-Standorten an Honshus Nordostküste, einschließlich den dreien, an denen es nach dramatischen Anfangszuständen schließlich noch gut ausgegangen ist. Und natürlich gilt in Japan, dass Erdbeben und Tsunami Sicherheitsschwachstellen in der Auslegung nicht nur am *Kernkraftwerkspark* aufgedeckt haben.

Zweitens, haben das Erdbeben und der Tsunami weitere Anlagen und Infrastrukturen der japanischen Energieversorgung getroffen. Etliche weitere Anlagen sind erdbeben betroffen, soweit sie küstennah platziert sind, sind sie nicht allein dies, sondern überdies tsunamigefährdet. So büßte Japan mit 3/11 ein Drittel seiner Raffineriekapazität ein², daneben waren Transportwege und Lager beschädigt.³ In der Präfektur Fukushima kam es zu einem Dammbbruch. Ein Flüssigerdgas(LNG)-Anlandungsterminal wurde getroffen und war außer Betrieb zu nehmen. Auch von den reichlich vorhandenen konventionellen, fossil befeuerten thermischen Kraftwerken, insbesondere Kohlekraftwerken, waren etliche ein Opfer der Naturgewalten geworden und standen zunächst nicht zur Verfügung. Der Kraftwerksausfall aufgrund des Tohoku-Erdbebens war also nicht auf *Kernkraftwerke*

beschränkt, der Ausfall anderer Kraftwerke war zudem teilweise nicht anlagenbedingt sondern bedingt durch eine Unterbrechung der Versorgung mit fossilen Energieträgern.

Der Umgang mit dem Verdacht auf einen Common Mode Failure

Der Kernkraftwerkspark Japans umfasste im März 2011 54 einsatzfähige Anlagen, entsprechend etwa 35 GW_e. Zwei weitere Reaktoren waren im Bau, zwölf in der Planung, davon einige kurz vor Baubeginn – u.a. sollte die Ballung bei Fukushima um einen zusätzlichen Standort mit zwei Reaktoren erweitert werden. Zur Versorgung hatte der Kernkraftwerkspark 2010 knapp 30% beigetragen, im Unterschied dazu trug er zur Sommerspitze (2010) in Höhe von 185 GW_e nur eine Leistung von etwa 25 GW_e bei, also etwa 14%.

Diese unüblich hohe Differenz hängt mit einer geschichtlich bedingten Besonderheit der Stromversorgung des Landes zusammen. Auf der Hauptinsel Honshu werden zwei unabhängige Stromnetze betrieben, die miteinander kaum vernetzt sind. Der südwestliche Teil des Landes weist eine Netzfrequenz von 60 Hertz auf, der nordöstliche Teil bis hinauf nach Hokkaido 50 Hertz. Die Grenze verläuft zwischen Tokyo und Kyoto. Der Anlass dieser Teilung: Die neue Hauptstadt Tokyo bezog Ende des 19. Jahrhunderts die ersten Generatoren aus Deutschland, die mit 50 Hertz liefen, südwestlich davon wurde ein Stromnetz mit 60-Hertz-Generatoren aus den USA aufgebaut. Die beiden kaum miteinander verknüpften Netze können sich bei Stromknappheit nicht gegenseitig aushelfen. Relativ zu Europa, wo das Stromnetz viel stärker miteinander verknüpft ist, musste Japan größere Reservekapazitäten in Form von Gas- und Ölkraftwerken bereithalten. Diese »unwirtschaftliche« Situation zahlt sich nun aus. Diese Kraftwerke sind jetzt voll in Betrieb.

Nach 3/11 wurde die nukleare Kapazität zunächst nur auf 17 GW_e (ab Mai 2011) zurückgenommen, überwiegend war das durch die physischen Schäden der vier Kraftwerksparks an Honshus Nordostküste bedingt. Erst im September, nachdem die Sommerspitze 2011 durchstanden war, fiel sie auf 10 GW_e.⁴ Der Ausstieg aus der Kernkraftnutzung in Japan geschah etappenweise, und diese Gestalt geht auf eine Besonderheit der Kompetenzteilung in Japans Mehrebenen-Politiksystem zurück, welche es in Frankreich nicht und in Deutschland nur in Ansätzen gibt: Für das Wiederauffahren eines KKW nach einer (periodisch erforderlichen) Revision bedarf es der Zustimmung des Gouverneurs der jeweiligen Provinz. Nun besannen die Gouverneure, als Vertreter der Interessen ihrer Region, sich darauf, dass diese im Ernstfall

¹ Der Ausfall geschah überwiegend auf dem Gebiet der KKW-Anlage.

² Ein größerer Brand brach in der Chiba Raffinerie der Cosmo Oil Company östlich von Tokio aus.

³ 2 126 Straßen, 56 Brücken und 26 Bahnlinien waren im Tohoku Distrikt beschädigt.

⁴ Zum Zeitpunkt des Tsunamis waren 19 Reaktoren wegen Wartungsarbeiten heruntergefahren. Im August 2011 waren bereits 38 von 54 Atomreaktoren stillgelegt. Im März 2012 waren noch zwei Kernkraftwerke am Netz.

negativ betroffen ist – was das bedeutet, hatte Fukushima Dai-ichi in Erinnerung gerufen. Ihre Zustimmung versagten die Gouverneure im Laufe der Zeit bis Mai 2012 in jedem einzelnen Fall. Damit stellte sich eine, voraussehbare, Art »Absterbeordnung« von KKW über die Zeit ein.

Im Ergebnis ist das eine lehrbuchgerecht-professionelle Reaktion auf einen vermuteten *common mode failure* des KKW-Parks, auch wenn es faktisch nicht der reinen Lehre gemäß geschah, nicht auf Anweisung eines Sicherheitsregulierers vorgenommen wurde. Man sollte sich hüten zu unterstellen, dass hierzu nur willkürlich, qua Fingerhakeln zwischen Zentralregierung und Regionalverwaltungen, entschieden wird. Es war vielmehr ein Prozess professioneller Überprüfung der Auslegungsrichtlinien in Gang gesetzt worden, mit Einschaltung der IAEA als Supervisor.⁵ Zum Zeitpunkt des Abfassens dieses Manuskripts scheint das KKW Oi (an der Südwestküste, nahe Osaka gelegen) vor dem baldigen Wiederanfahren zu stehen, ob auf Dauer oder nur für die Nachfragespitze im Sommer 2012 ist offen.

Japan hat damit, wie gesagt, risikothoretisch Elementares beherzigt: Der gesamte inländische KKW-Park könnte einen *common mode failure* haben und sicher ist: Mindestens in Teilen hat er dies. Mit dem Bau von Block 1 in Fukushima Dai-ichi wurde vor 1967 begonnen, in Betrieb gegangen ist er im Jahre 1971, nach 40 Jahren, in der zweiten Hälfte des Jahres 2011, wäre er normalerweise abgeschaltet worden, so war es ursprünglich geplant.⁶ Die Standortwahl fand in den frühen 1960er Jahren statt, und konzipiert worden war der Block ebenfalls in dieser Zeit. Ausgewählt worden war ein Standort, der nach damaligem Stand der geologischen Wissenschaften als besonders wenig dem Risiko eines starken Seebebens ausgesetzt galt. Hinsichtlich Tsunamis war schutzauslegungsleitende Annahme gewesen eine Anstiegshöhe, wie sie in der Gegend bekanntermaßen einmal vorgekommen war.⁷ Basis des Designs wurde so ein Tsunami vor Chiles Küste, also von der anderen Seite des Pazifiks ausgehend, aus dem Jahre 1960. Der war im nahe- und nördlich gelegenen Hafen Onahama mit einer Höhe von 3,1 Meter aufgelaufen – das galt als historisches Maximum. So wurde es in der Betriebsgenehmigung, dann wohl auch der folgenden Blöcke, deren letzter im Jahre 1979 in Betrieb ging, festgeschrieben. Und so wird es nicht nur in Fukushima Dai-ichi gewesen sein.⁸ Vielsagendes Beispiel ist

die Tsunami-Schutzmauer, die vor dem Mündungsgebiet des Kamaishi zum Schutz der Stadt gleichen Namens über eine Erstreckung von rund 2 km, auf dem 63 m tief gelegenen Meeresboden, während 30 Jahren für 1,5 Mrd. US-Dollar gebaut worden war. 2008, also noch rechtzeitig, wurde das Bauwerk fertig, ausgelegt auf 10 Meter Tsunami-Höhe. Sein Schicksal: Es hielt dem Tsunami vom 11. März 2011 nicht stand, das Bauwerk wurde zerstört, die Stadt, die sich zu Unrecht geschützt gewähnt hatte, ebenso. Hinzu kommt: Die Wissenschaft der Plattentektonik blieb in den folgenden Jahrzehnten auch nicht untätig, sie verzeichnete erhebliche Fortschritte im Verständnis des Entstehens von Erdbeben generell und von Tsunamis im Besonderen. Als (späte) Folge dieser Entwicklung hat die Japan Society of Civil Engineers (JSCE) im Jahre 2002 ihr Manual *Tsunami Assessment Methods for Nuclear Power Plants in Japan* publiziert und damit einen neuen professionellen Standard geschaffen. TEPCO hat daraufhin die Tsunami-Auslegung in Fukushima Dai-ichi neu bewertet, auf freiwilliger Basis – rechtlich blieb die Auslegung bei 3,1 Meter. Das neue Auslegungsniveau lag bei einer Höhe von 5,7 Meter – was immer das heißen mag. Wie nämlich der zentrale quantitative Indikator dieses Konzepts, »Tsunami-Höhe«, definiert und operationalisiert werden kann, darüber herrscht in der Fachszene eine große Unklarheit. Und das mit gutem Grund.

Zur Bedeutung eines begrenzten KKW-Anteils im Risikomanagement

Eine Grundweisheit der Lehre vom Umgang mit Risiken besagt: Ein neu aufgetretener Schaden könnte beispielhaft ein Risiko offenbart haben, das auch für andere Exemplare der nach gleichen Kriterien ausgelegten Grundgesamtheit gilt. Das hat ggfls. dazu zu führen, dass sämtliche Exemplare (einstweilen) aus dem Verkehr gezogen werden – das aber ist selbstverständlich eingeschränkt durch die Abwägungsregel. Eine Reaktion nach einem Unglück gemäß professionellem Maßstab ist nur dann möglich, wenn in einem solchen Falle alle möglicherweise mit einem identischen Mangel behafteten Exemplare dieses Typs umgehend stillgelegt werden können, ohne damit unverhältnismäßigen Schaden anzurichten. Im Flugzeugsektor wird dies dauernd und sogar (annähernd) global praktiziert, eine hinreichend große Typenvielfalt erleichtert diese stehende Praxis. In Deutschland ist das jüngst geschehen aus Anlass der Schäden an Radsatzwellen des ICE 3 (der Deutschen Bahn) sowie bei den materialermüdungsbedingten und durch Fehlkonstruktion unterstützten Radschäden der S-Bahn-Baureihe 481, welche die Berliner DB-Tochter in der Euphorie nach der Wende angeschafft hatte, um auf einen Schlag 80% (!) des Wagenmaterials neu einzuführen. Da brauchte es gut 20 Jahre, bis der Fehler manifest wurde, zugleich wurde deutlich, welche Hochrisikostategie es war, auf einen Schlag 80% Neuwagen einzuführen.

⁵ Das Ergebnis der Überprüfung liegt seit Januar 2012 unter dem Titel »IAEA's Mission to Review NISA's Approach to the Comprehensive Assessments for the Safety of Existing Power Reactor Facilities« vor. Conducted in Japan, Tokyo and Ohi, 23.–31. January 2012.

⁶ Erst im Februar 2011 war der Bescheid erteilt worden, mit dem eine um zehn Jahre verlängerte Laufzeit genehmigt wurde.

⁷ Simulative, modellbasierte Ansätze begann man erst Mitte der 1970er Jahre zu entwickeln.

⁸ Es ist schon auffällig, mit welcher Deutlichkeit in sämtlichen Berichten der (deutschsprachigen) Nuklear-Community die fachliche Kritik an der Tsunami-Schutzauslegung formuliert, mit welcher Präzision sie zugleich auf exakt die zerstörte Anlage begrenzt wird.

In allen drei Beispielen aus dem Transportbereich wird uns die professionelle Reaktion der Aufsicht auf eine *Common-mode-failure*-Situation vor Augen geführt, in ihren kapazitätseinschränkenden Konsequenzen.

Dass die Beispiele im Verkehrsbereich auf der Hand liegen, hat auch den eingangs angeführten technischen Unterschied als Grund: dass bei Verkehrskapazitäten eine getätigt aber nicht befriedigte Nachfrage zu einem lokal begrenzten und inhärent stabilen Systemzustand führt, bei einem Mangel an Kraftwerkskapazitäten hingegen eine zugelassene Übernachfrage zum (temporären) Zusammenbruch des Systems im gesamten Versorgungsgebiet zu führen droht. Japan exerziert das Thema »Umgang mit einem Verdacht auf *common mode failure*« nun bei Kraftwerken durch. Der kooperative Umgang mit dem Kapazitätsmangel ist dann die Nagelprobe.

Dass sich Japan im Risikomanagement professionell zeigen kann, hat seinen Grund darin, dass es sich mit seiner bislang maßvollen Kernkraftpolitik etwas leisten kann, was in Frankreich mit seinem hohen Besatz an Kernkraftwerken als undenkbar erscheinen muss⁹: Im Zweifel sämtliche Kernkraftwerke stilllegen. In Japan war das möglich und ist es geschehen: Im Mai 2012 ist das letzte Kernkraftwerk außer Betrieb gegangen. Im Juni 2010 war mit dem revidierten Basic Energy Plan beschlossen worden, die Stromgewinnung aus Kernkraft so auszubauen, dass von 30% im Jahr 2010 ein Anstieg auf 50% im Jahr 2030 resultiert – so war es bis vor kurzem geplant, und das wurde durch das Tohoku-Erdbeben vom 11. März 2011 durchkreuzt. Der entscheidende Punkt in einer solchen Planung eines anscheinend stetigen Anstiegs des Anteils des KKW-Stroms an der gesamten Stromversorgung ist, dass in Wahrheit ein Kipppunkt überschritten wird. Der ist in der eingeführten Risikomanagementperspektive deutlich. Das Überschreiten dieser Schwelle wirkt im Übrigen für die KKW-Betreiber wie eine Versicherung, wie die jetzige Situation in Japan beleuchtet.

Die unmittelbare Reaktion auf den Kraftwerksausfall nach 3/11

Kapazitätseinschränkung, die alle tragen müssen, in die sich alle Bürger fügen müssen, ist somit die professionell angemessene Konsequenz eines solchen Geschehens – das illustrieren die beiden angezogenen Fällen aus dem Bereich der Verkehrswirtschaft, wo Transportkapazitäten extrem beschränkt wurden. Dieselbe Herausforderung steht bei Knappheit von Stromkapazitäten an, doch da ist man viel

stärker angewiesen auf die Bereitschaft der Gesellschaft, sich in die gegebene verminderte Kapazität zu teilen.

Nach dem Großen Erdbeben jedenfalls wurden in Japan umgehend sämtliche Register gezogen, konventionelle Kapazitäten zu erhöhen. Das reichte von eiligen Instandsetzungen über die Ausweitung der Austauschkapazitäten zwischen Japans beiden spannungsmäßig getrennten Regionen bis hin zu Ausnahmeregelungen hinsichtlich immisionsschutzrechtlicher Genehmigungen und zur Ausweitung der Einspeisung von Industriekraftwerken, die bislang nur zur Eigenversorgung genutzt wurden. Im Stromsektor kam erleichternd die oben erwähnte tendenzielle »Überkapazität« zur Hilfe. Doch das reichte nicht. So wurde zur Anpassung der Nachfrage an die (zu) knappe Kapazität auf diejenige Maßnahme zurückgegriffen, die überall auf der Welt als der Weisheit letzter Schluss gilt und in den entsprechenden Notverordnungen vorgesehen ist: den rollierenden Blackout. Das sind (im besten Fall, wenn es denn klappt, angekündigte) Totalabschaltungen für kurze Zeiträume in je wechselnden Regionen, die ihrerseits so zugeschnitten sind, wie das Nieder- und Mittelspannungsnetz – solange es noch nicht »smart« ist – es eben hergibt. Vorbereitend durchdacht, also für den Notfall geplant, war das kaum, und dieses Versäumnis zeigte sich schmerzhaft.

Vollzogen wurde der rollierende Blackout im TEPCO-Versorgungsgebiet mit Ankündigung 24 Stunden zuvor, im Dreistundenrhythmus, vom 14. bis etwa zum 28. März. Was man damit erreichte, war aber vor allem, den Verkehr zusammenbrechen zu lassen: also Chaos. Nicht bedacht hatte man, den auf Elektrizität angewiesenen Teil des Verkehrs, sei es Nah-, sei es Fernverkehr, als eigenen Sektor so schaltbar zu machen, dass der bei einem von Region zu Region rollierenden Blackout ausgenommen werden konnte. Folge des Versäumnisses war das kollektive Ausweichen auf die Straßen, so dass auch da sich kaum mehr etwas tat, was Verkehr zu nennen war. Der Verkehr aber ist, der Arbeitsteilung wegen und weil die Menschen als Arbeitskräfte unverzichtbar sind, essentiell, er ist Basis jeglicher Wirtschaftstätigkeit. Der wirtschaftliche und soziale Schaden der Notmaßnahme war folglich enorm.

Das Setsuden-Programm

Als Konsequenz wurde alsbald auf den rollierenden Blackout verzichtet. An dessen Stelle trat das Setsuden-Programm, vorbereitet durch das am 13. März eingerichtete Electricity Supply-Demand Emergency Response Headquarter. Hilfreich war, dass auf Anfang April etliche thermische Kraftwerke wieder in Betrieb gehen konnten, und zudem spielte das Wetter mit, es wurde nicht zu früh sehr warm. Fokus für die Planung des Setsuden-Programms aber war die (kommende) Sommerspitze. Die Analysen ergaben, dass

⁹ Aufgrund des Messmer-Programms aus den 1970er Jahren, in Reaktion auf das OPEC-Ölembargo. Das entsprechende Helmut-Schmidt-Programm aus derselben Zeit, aus demselben Anlass, scheiterte am Widerstand der Bürger in Wyhl (und folgende) und dem internen in der VDEW.

im (betroffenen) TEPCO-Versorgungsgebiet die Nachfragespitze um rund 15% gegenüber 2010 niedriger auszufallen habe, die nachgefragte Strommenge selbst um 10%. Haushalte wurden durch Werbekampagnen angesprochen, kleinere Wirtschaftsbetriebe wurden persönlich aufgesucht und beraten hinsichtlich ihrer Einspar- und Lastverschiebepotenziale. Und die Großbetriebe kooperierten, sie boten im Wesentlichen Telecommuting und eine Ausweitung der Sommerurlaubsruhe an. Für größere Kunden wurden die Elektrizitätseinsparziele individuell verpflichtend gemacht, durch Inanspruchnahme einer gesetzlichen Grundlage, die in Japan in Folge des Ölembargos im Jahre 1973 eingeführt worden war und hier erstmals zur Anwendung kam. 15% Einsparung relativ zu 2010 lautete die strafzahlungsbewehrte Verpflichtung für jeden Kunden oberhalb einer Lastinanspruchnahme von 500 KW. Erreicht wurde insgesamt (im Juli/August) mehr als nötig: eine Lastreduktion um 19% und eine Verbrauchsreduktion um 14%.

Japans Gesellschaft sah sich gezwungen, kurzfristig eine neuartige Option der »Einsparung« von Elektrizität real zu entwickeln, welche zuvor begrifflich in Fachkreisen nur ganz rudimentär entwickelt worden war – erste tastende Versuche in diese Richtung hatte die OECD im Jahre 2005 vorgelegt, in Reaktion auf die sich verschärfende Situation bei der Ölversorgung. »Electricity Saving in a Hurry« lautete der Titel. Es ist Japan tatsächlich und dazu kurzfristig gelungen. »Setsuden« lautet die japanische Bezeichnung, was wörtlich in etwa auch »Energie sparen« bedeutet. Doch diese post-Fukushima-spezifische »Einsparoption« meint etwas anderes als »Energieeffizienz« im Verständnis der einschlägigen EU-Richtlinie (2006/32/EG), deren Revision in Brüssel gerade abgeschlossen wurde. Und sie entspricht auch nicht dem Verständnis von »Suffizienz«, im Sinne eines »Verzichts« auf Energiedienstleistungen, also im Sinne eines auf Dauer gewandelten Warenkorbs der privaten Nachfrage, des Konsums. Setsuden, diese neu entwickelte Einsparoption, liegt zwischen beiden etablierten Begrifflichkeiten.¹⁰

Erfolgreich mit dem (Kapazitäts-)Mangel leben

Der Grund für die in der diesjährigen Sommer-Saison erwartete Knappheit ist ein deutlich veränderter als im Jahr zuvor. Nun ist es der Ausfall der Nuklearkapazität, und das landesweit, auch im Südwesten. Die fossilbasierten thermischen Kraftwerke sind nicht nur alle wieder in Betrieb, die Kapazitäten wurden zwischenzeitlich sogar erhöht – um rund 5 GW. Die Minderung im nuklearen Bereich relativ zum Sommer 2011 wird aber bei etwa 10 GW liegen. Die Sommer- spitze 2012 erfordert, so lautet die Ansage, die nachge-

fragte Last um mehr als 12% gegenüber 2010 zu drücken, die nachgefragte Strommenge um mehr als 3%.

Im Köcher haben die Verantwortlichen dasselbe Setsuden-Programm wie im Vorjahr. Eines aber kommt hinzu. Gleichsam aus der Not heraus erwächst, unwillkürlich, ein zentrales Instrument, welches intendiert vermutlich nicht durchzusetzen gewesen wäre. Der Ausfall der Atomkraft hat zu einer deutlich veränderten Zusammensetzung der Einsatzenergieträger für die Stromerzeugung geführt, hin zu den Kohlenwasserstoffen Flüssiggas (LNG) und Öl, die beide importiert werden müssen.¹¹ Die Weltmarktentwicklung bei den Preisen tut dabei das ihre. Der Effekt ist ein Anstieg der Brennstoffkosten, der *pro rata* an die Verbraucher weitergegeben wird. Die Stromrechnung steigt für den Durchschnittshaushalt damit um schätzungsweise 18% und für Industriekunden auf fast das Doppelte – wenn sie denn ihren Verbrauch konstant halten. Tun sie das nicht und gehen ernstlich in die Einsparung, können sie den Anstieg ihrer Stromrechnung moderat halten. Also werden sie es tun – und so zum Erfolg von Setsuden beitragen.

¹⁰ Sie ist von der OECD aufgegriffen worden und zum Anlass einer grundlegenden Revision ihres Berichts aus dem Jahre 2005 genommen worden (vgl. http://www.iea.org/papers/2011/saving_electricity.pdf).

¹¹ Klimapolitischer Nebeneffekt ist: Japans CO₂-Emissionen werden 2012 um 14% oberhalb des Niveaus von 1990 zu liegen kommen.

Christian Breuer, Daniel Mannfeld und Niklas Potrafke

Die Bundesrepublik Deutschland verschuldet sich, indem sie Staatsanleihen emittiert. Die laufenden Kosten der Bundesschuld bemessen sich nahezu vollständig in Zinszahlungen für umlaufende und neu emittierte Bundeswertpapiere (vgl. Deutsche Finanzagentur 2012a). Im Zuge der europäischen Verschuldungskrise sind die Zinsen für deutsche Staatsanleihen stark gesunken, weil die EZB eine sehr expansive Geldpolitik betrieben hat und Investoren in Deutschland nun einen »sicheren Hafen« sehen.¹ Dies bedeutet ein enormes Einsparungspotenzial für den Bundeshaushalt. Modelliert man die zukünftige Zinslast des Bundes und veranschaulicht die Ersparnis für den Bundeshaushalt durch das gegenwärtig außerordentlich niedrige Zinsniveau, deuten die Ergebnisse auf weiterhin sinkende Zinsausgaben bis zum Jahr 2014 hin.

Modellierung der Zinslast

Arten von Bundeswertpapieren

Es gibt verschiedene Arten von Bundeswertpapieren. Eine Gruppe von Staatsanleihen hat feste Nominalzinssätze, liefert jährliche Zinszahlungen, wird in einem Auktionsverfahren emittiert und anschließend frei gehandelt. Zu dieser Gruppe gehören Bundesanleihen mit 10- oder 30-jähriger Laufzeit (Bund 30J, Bund 10J), Bundesobligationen mit fünfjähriger Laufzeit (Bobl 5J) sowie Bundesschatzanweisungen mit zweijähriger Laufzeit (Schatz 2J). Zehnjährige Bundesanleihen und Bundesobligationen gibt es auch als inflationsindexierte Anleihen (IL Bund 10J, IL Bobl 5J) mit festen Nominalzinssätzen plus einer variablen Ertragskomponente. Die andere wichtige Gruppe von Bundeswertpapieren umfasst Diskontpapiere ohne laufende Zinszahlungen. Diese unverzinslichen Schatzanweisungen haben eine geringe Laufzeit von sechs oder zwölf Monaten (Bubill 6M, Bubill 12M).

Ermittlung der Zinslast

Jede einzelne Serie der emittierten deutschen Staatsanleihen ist durch die International Securities Identification Number (ISIN) gekennzeichnet. Die Deutsche Finanzagentur veröffentlicht regelmäßig

eine Übersicht der aktuell umlaufenden Serien sowie jüngste Auktionsergebnisse mit zugehörigen Emissionsvolumina V und Zinssätzen i . Anhand dieser Daten errechnen wir die Zinslast b_{xt} , die in Periode t durch die Serie x entsteht, mit der Formel

$$b_{xt} = V_{xt} \cdot i_x.$$

Nach dem Ende der Laufzeit bleiben die entsprechenden Serien unberücksichtigt. Die gesamte Zinslast der umlaufenden Anleihen in Periode t ergibt sich somit aus der Summe der Zinszahlungen für die Serien x :

$$(1) \quad b_t = \sum_x (V_{xt} \cdot i_x)$$

Zinsannahmen

Da die gegenwärtig umlaufenden Serien von Bundeswertpapieren in jedem Fall bis zum Ende ihrer jeweiligen Laufzeit bedient werden müssen, stellt das damalige Zinsniveau eine auslaufende, aber feststehende Komponente der künftigen Zinslast dar. In unserer Modellierung ersetzen wir alle auslaufenden Serien durch Neuemissionen identischer Volumina, um das Gesamtvolumen der Bundesschuld in Bundeswertpapieren zunächst konstant zu halten. Die Höhe der zusätzlichen Netto neuverschuldung in Tabelle 1 basiert für die Jahre 2012 bis 2015 auf der mittelfristigen Haushaltsplanung der Bundesregierung (vgl. BMF 2011). Für die Jahre 2016 bis 2020 nehmen wir eine jährliche Netto neuverschuldung in Höhe von rund 10 Mrd. Euro an, was in etwa der durch die Schuldengrenze im Grundgesetz gedeckten Nettokreditaufnahme von 0,35% des BIP entspricht.

¹ Im Frühjahr 2012 konnte die Bundesrepublik Deutschland zum Nulltarif Schulden aufnehmen. Am 23. Mai 2012 emittierte die Deutsche Finanzagentur Bundesschatzanweisungen mit zweijähriger Laufzeit (Schatz 2J) zu einem Zinskupon von 0,0% (vgl. Deutsche Finanzagentur 2012b). Zur Rolle Deutschlands als »sicherer Hafen« vgl. z.B. Schuhknecht, von Hagen und Wolswijk (2010).

Tab. 1**Jährliche Nettoneuverschuldung und Gesamtverschuldung (in Mrd. Euro)**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Neuverschuldung	27,2	24,9	18,7	14,7	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Gesamtverschuldung	1 123	1 148	1 167	1 182	1 192	1 202	1 212	1 222	1 232

Quelle: BMF (2011); Berechnungen des ifo Instituts.

Wir simulieren die Emission von Bundeswertpapieren mit einem Gesamtvolumen in Höhe der jeweiligen Bruttoneuverschuldung. Das Gesamtvolumen der Bruttoneuverschuldung wird dabei auf die verschiedenen Arten von Anleihen nach ihrem Anteil bei der Emission im Jahr 2012 verteilt. Die in Tabelle 2 abgebildete Laufzeitstruktur stammt aus der Emissionsplanung der Deutschen Finanzagentur (2011).

Tab. 2**Anteile der verschiedenen Bundeswertpapiere bei der Emission 2012 (in %)**

Bund 30J	4
Bund 10J	22
Bobl 5J	19
Schatz 2J	23
Bubill 12M	13
Bubill 6M	19

Quelle: Deutsche Finanzagentur (2011); Berechnungen des ifo Instituts.

Daraus ergibt sich die jährliche Nettoneuverschuldung nach Art von Bundeswertpapieren, wie in Tabelle 3 dargestellt.

Wir treffen Annahmen über den Zinssatz i_x , der für eine bestimmte Serie x im Zeitpunkt der Emission angeboten wer-

den muss. Unser Basisszenario ist in Tabelle 4 dargestellt. Wir gehen davon aus, dass das gegenwärtige Zinstief für Bundeswertpapiere im laufenden und kommenden Jahr anhalten wird. Die jeweiligen Zinssätze beruhen auf den Auktionsergebnissen der Deutschen Finanzagentur (2012b) im Frühjahr 2012. Für die Zeit ab dem Jahr 2014 nehmen wir an, dass die Zinsen schrittweise bis 2016 zum Vorkrisenniveau² zurückkehren.

Als Stabilitätstests modellieren wir zusätzlich zu unserem Basisszenario zwei weitere mögliche Szenarien. In einem optimistischen Szenario nehmen wir an, dass der Effekt des »sicheren Hafens« teilweise anhält und die Zinssätze auch nach 2016 unterhalb des Vorkrisenniveaus bleiben. In einem pessimistischen Szenario werden die Zinsen das Vorkrisenniveau ab 2016 übersteigen. Abbildung 1 veranschaulicht die jeweiligen Szenarien.³

² Dabei entspricht das Zinsniveau vor der Krise den mittleren Zinskupons aller zwischen 2005 und 2008 emittierten Bundeswertpapiere (vgl. Deutsche Finanzagentur 2012a).

³ Im optimistischen Szenario betragen die Zinssätze ab 2016 den Mittelwert zwischen dem gegenwärtigen und dem Vorkrisenniveau. Im pessimistischen Szenario übersteigen die Zinssätze das Basisszenario um die gleiche Differenz wie zwischen dem optimistischen und dem Basisszenario.

Tab. 3**Nettoneuverschuldung nach Anleihen (in Mill. Euro)**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bund 30J	1 088	996	748	588	400	400	400	400	400
Bund 10J	5 984	5 478	4 114	3 234	2 200	2 200	2 200	2 200	2 200
Bobl 5J	5 168	4 731	3 553	2 793	1 900	1 900	1 900	1 900	1 900
Schatz 2J	6 256	5 727	4 301	3 381	2 300	2 300	2 300	2 300	2 300
Bubill	8 704	7 968	5 984	4 704	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200

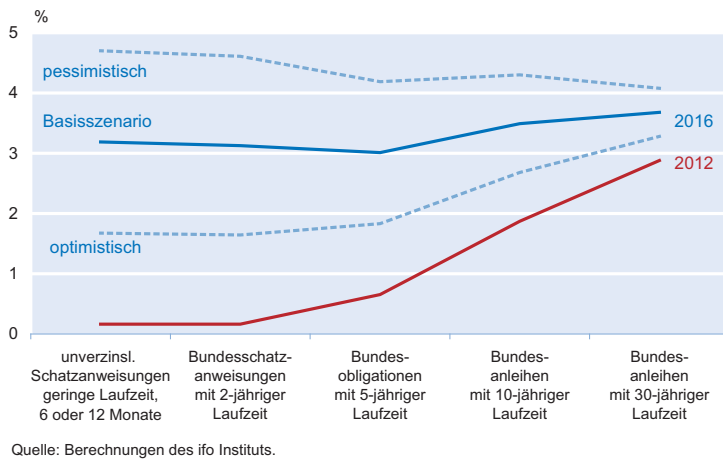
Quelle: Berechnungen des ifo Instituts.

Tab. 4**Basisszenario der Zinskupons nach Jahr der Emission (in %)**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bund 30J	2,879	2,879	3,146	3,412	3,679	3,679	3,679	3,679	3,679
Bund 10J	1,872	1,872	2,412	2,952	3,492	3,492	3,492	3,492	3,492
Bobl 5J	0,655	0,655	1,440	2,225	3,010	3,010	3,010	3,010	3,010
Schatz 2J	0,163	0,163	1,151	2,139	3,127	3,127	3,127	3,127	3,127
Bubill 12M	0,163	0,163	1,171	2,180	3,188	3,188	3,188	3,188	3,188
Bubill 6M	0,250	0,250	1,229	2,209	3,188	3,188	3,188	3,188	3,188
IL Bund 10J	0,100	0,100	0,567	1,033	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
IL Bobl 5J	0,750	0,750	1,250	1,750	2,250	2,250	2,250	2,250	2,250

Quelle: Berechnungen des ifo Instituts.

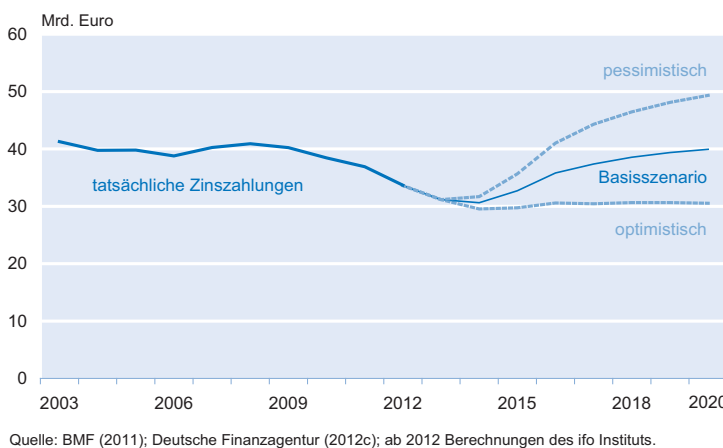
Abb. 1
Zinsannahmen für Anleihen mit unterschiedlicher Laufzeit



dürfte. Zwischen 2008 und 2011 sind die Zinsausgaben um rund 3 Mrd. Euro gesunken. Bis zum Jahr 2014 dürften diese dann in unserem Basisszenario um weitere knapp 7 Mrd. Euro sinken.

Alle Szenarien ergeben eine deutlich niedrigere Zinslast, als sie in der Finanzplanung des Bundes unterstellt wird (vgl. BMF 2011). Tabelle 5 zeigt, dass der Unterschied in der mittleren Frist zwischen 13 und 19 Mrd. Euro beträgt. Wir gehen davon aus, dass der Unterschied im Wesentlichen darauf beruht, dass in der im August 2011 erstellten Finanzplanung des Bundes von steigenden Zinsen ausgegangen worden ist.

Abb. 2
Entwicklung der Zinslast des Bundes



Schlussfolgerung

Deutschland hat in den Krisen Jahren seit 2009 deutlich von sinkenden Zinsausgaben profitiert, obgleich die deutschen Staatsschulden in diesem Zeitraum stark angestiegen sind. Unsere Modellierung der Zinslast des Bundes zeigt, dass die Zinslast auch in den kommenden Jahren bis 2014 aufgrund der niedrigen Zinsen für deutsche Staatsanleihen weiter sinken dürfte. Sollte die Bundesrepublik jedoch ihre Rolle als »sicherer Hafen« verlieren und die Zinsen für deutsche Staatsanleihen steigen, dürften sich auch die Zinsausgaben des Bundes wieder erhöhen. Ähnliches gilt, sollte die deutsche Staatsschuld beispielsweise durch weitere Rettungsmaßnahmen für die Finanz- und Eurokrise weiter ansteigen als in unserer Projektion unterstellt.

Ergebnis

Abbildung 2 zeigt, dass die nach Gleichung (1) ermittelte Gesamtzinslast des Basisszenarios in den nächsten Jahren weiter absinkt und erst ab 2015 wieder ansteigt. Im Vergleich mit den tatsächlichen Zinszahlungen zwischen 2003 und 2011 wird deutlich, dass wir uns im Augenblick in einer Phase besonders günstiger Refinanzierungskosten befinden und dass diese Entwicklung noch anhalten

Wir warnen davor, die günstige Zinsentwicklung zum Anlass zu nehmen, die staatlichen Primärdefizite auszuweiten. Früher oder später werden die Zinsen auf deutsche Staatsanleihen wieder auf ihr Vorkrisenniveau zurückkehren. Spätestens wenn die Zinsen wieder ihr Vorkrisenniveau erreicht haben, wird der bisher die Zinslast senkende Effekt in sein Gegenteil umschlagen und deutlich ansteigende Zinsausgaben verursachen. Es ist dringend geboten, dass Deutschland seinen Schuldenberg abbaut und nicht wie die südeuropäischen Staaten nach der Euroeinführung den Zinsvorteil für eine Ausweitung der Primärdefizite verwendet. Die südeuropäischen Staaten leiden nun unter der in Folge steigender Zinsen zunehmenden Schuldenlast.

Tab. 5
Zinslast in der mittleren Frist unter alternativen Annahmen (in Mrd. Euro)

	2012	2013	2014	2015
Basisszenario	33,6	31,2	30,6	32,7
Optimistisches Szenario	33,6	31,2	29,5	29,7
Pessimistisches Szenario	33,6	31,2	31,7	35,7
Finanzbericht 2012	38,4	42,3	45,9	49,0

Quelle: BMF (2011); Berechnungen des ifo Instituts.

Literatur

BMF (2011), *Finanzbericht 2012, Stand und voraussichtliche Entwicklung der Finanzwirtschaft im gesamtwirtschaftlichen Zusammenhang*, Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Köln.

Deutsche Finanzagentur (2011), *Emissionsplanung des Bundes 2012, Stand entsprechend der Jahresplanung vom Dezember 2011*, online verfügbar unter: http://www.deutsche-finanzagentur.de/fileadmin/Material_Deutsche_Finanzagentur/PDF/Institutionelle_Investoren/Emissionsplanung_2012_dt.pdf, aufgerufen am 8. März 2012.

Deutsche Finanzagentur (2012a), *Übersicht über den Stand der Schuld zum 31. März 2012*, online verfügbar unter: http://www.deutsche-finanzagentur.de/fileadmin/Material_Deutsche_Finanzagentur/PDF/Schuldenstand/Schuldenstand_Quartal/2012-03-31.pdf, aufgerufen am 22. Mai 2012.

Deutsche Finanzagentur (2012b), *Auktionsergebnisse*, online verfügbar unter: http://www.deutsche-finanzagentur.de/fileadmin/Material_Deutsche_Finanzagentur/PDF/Aktuelle_Informationen/Auktionsergebnisse.pdf, aufgerufen am 20. Juni 2012.

Deutsche Finanzagentur (2012c), *Tilgungen und Zinszahlungen*, online verfügbar unter: <http://www.deutsche-finanzagentur.de/finanzagentur/informationmaterial/tilgungen-und-zinszahlungen/>, aufgerufen am 20. Juni 2012.

Schuhknecht, L., J. von Hagen und G. Wolswijk (2010), »Government Bond Risk Premiums in the EU Revisited – The Impact of the Financial Crisis«, ECB Working Paper No. 1152.

Schiefergas (shale gas) ist Erdgas, das in kleinsten Rissen und extrem kleinen Porenräumen von dichten Gesteinsformationen mit sehr geringer Durchlässigkeit, wie z.B. in Schiefergesteinen und Schiefertönen, enthalten ist (vgl. Kirschbaum 2012). Diese Erdgaslagerstätten werden als unkonventionell bezeichnet, da das Erdgas – anders als bei den konventionellen Lagerstätten – nur durch weitere technische Maßnahmen der Förderbohrung zufließt. Das Verfahren des in den USA erfundenen und dort bereits weit verbreiteten »Hydraulic Fracturing«, kurz Fracking, das die Gewinnung von Erdgas aus wenig durchlässigem Gestein erlaubt, ist aus Umweltgründen umstritten. Der vorliegende Beitrag skizziert zunächst die Technologie des Fracking, umreißt dann die weltweiten Lagerstätten und beschreibt die umweltpolitische Problematik. Abschließend wird die aktuelle Situation in Deutschland dargestellt.

Technologie

Fracking bedeutet das künstliche Aufbrechen des Lagerstättengesteins. In Verbindung mit dem Verfahren der horizontalen Tiefbohrung werden beim Fracking große Mengen Wasser, gemischt mit Chemikalien und Sand, mit Hochdruck in den Untergrund gepresst, um Risse im Gestein zu erzeugen und so das im Gestein gelagerte Gas freizusetzen. Der verwendete Sand soll dabei die erzeugten Risse für den Gasaustritt offen halten. Die Chemikalien ändern die Eigenschaften des Sand-Wasser-Gemisches dahingehend, dass der Sand effektiver in die Risse eindringen kann, und ermöglichen die spätere Trennung von Wasser und Sand. Zu den eingesetzten Chemikalien zählen u.a. Biozide zur Vermeidung von mikrobiologischem Bewuchs. In den USA hat die Umweltbehörde EPA eine Liste mit 600 bislang verwendeten Chemikalien veröffentlicht (vgl. Umweltbundesamt 2011). Nach dem Fracking-Vorgang und vor Förderung des Erdgases wird das eingepresste Fracking-Gemisch an die Oberfläche zurückgepresst. Danach strömen das freigesetzte Gas und das Lagerstättenwasser zur Bohrung und können dort gefördert werden. Ein Teil des Fracking-Gemisches einschließlich der eingesetzten Chemikalien verbleibt jedoch auch in der Lagerstätte.

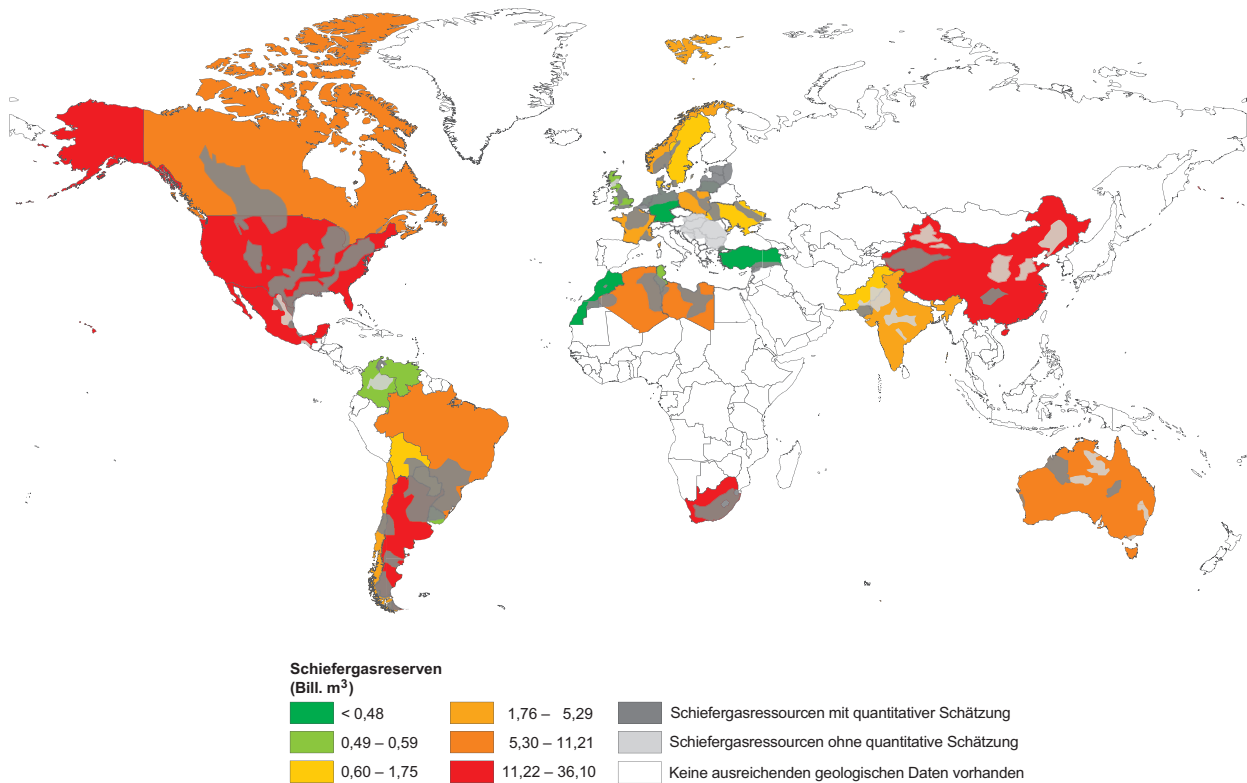
Weltweite Lagerstätten und Marktvolumen

Die Erschließung zahlreicher Schiefergasvorkommen in Nordamerika mittels der Fracking-Methode ermöglicht bereits eine weitreichende Deckung des Gasbedarfs in den USA. Dort wird bis 2035 eine Zunahme der Schiefergasproduktion um das Dreifache sowie ein Anteil der Schiefergasgewinnung von 49% an der gesamten US-Gasproduktion prognostiziert (vgl. Energy Information Administration 2012). Schon jetzt ändert sich durch die Erschließung neuer Gasquellen in den USA der internationale Gasmarkt radikal. Mit Hilfe der

Fracking-Förderverfahren bieten US-Firmen sehr große Gas-mengen an. Auch in Europa sinken die Preise, da US-Flüssiggas zunehmend nach Europa verschifft wird (vgl. Balsler 2012). Die US-Regierung unterstützt ausdrücklich den Einsatz der Fracking-Technologie und will deren Verbreitung sowie zugehörige Infrastrukturprojekte zum Extrahieren und Transport des flüssigen Gases ins Ausland forcieren, z.B. nach China und Indien, aber auch nach Südafrika und Europa (vgl. im Folgenden Urbina 2012). Der Einsatz von Schiefergas könnte dabei die geopolitische Bedeutung von den historisch größten Gasproduktionsländern wie Iran, Katar und Russland vermindern. So unterzeichneten 2009 die USA und China ein Abkommen zur beschleunigten Förderung von Schiefergas in China, wo im Norden und Westen des Landes große Schiefergasvorkommen lagern. Auch Südafrika erhofft sich neue Steuerquellen sowie die Schaffung von Arbeitsplätzen durch die Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten. In Südafrika könnten dadurch 10 Mill. Menschen mit Strom versorgt werden. Zudem vermuten Experten mehr als ein Drittel aller europäischen Schiefergasressourcen in Polen. Polen könnte durch Gewinnung von Schiefergas seine Abhängigkeit von russischem Importgas senken, das derzeit ca. 60% des polnischen Gasverbrauchs abdeckt. Allerdings werden die Risiken der Schiefergasgewinnung für Polen wie auch für Europa insgesamt aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte und der geringeren Verfügbarkeit von Wasserressourcen im Vergleich zu den USA als relativ hoch eingeschätzt.

Das gesamte europäische Marktvolumen bis 2030 wird auf ca. 100 Mrd. Euro geschätzt. Insgesamt wollen derzeit weltweit mehr als 30 Länder Fracking-Verfahren einsetzen. Die US Energy Information Administration (2011) schätzt zusammen mit Advanced Resources International Inc. (ARI) die Schiefergasressourcen, also alle Vorräte an Schiefergas, deren Lage, Gehalt, Qualität und Menge bekannt sind oder geschätzt werden kann, für 14 Regionen und 32 Länder außerhalb der USA mit ausreichender Verfügbarkeit von geologischen Daten auf 163,1 Billionen Kubikmeter (Datenstand: 2009). Zusammen mit den US-Schiefergasressourcen im Ausmaß von 24,4 Billionen Kubikmeter wird davon ausgegangen, dass das gesamte Volumen an Schiefergasressourcen die herkömmlichen weltweiten Gasressourcen in Höhe von ca. 453 Billionen Kubikmeter um ca. 40% erhöht (vgl. Energy Information Administration 2011; vgl. Abb. 1, in der die hellgrauen und dunkelgrauen Flächen die regionale Verteilung der geschätzten Schiefergasressourcen in den 14 untersuchten Regionen markieren). Im Vergleich dazu betragen die herkömmlichen weltweiten Gasreserven, d.h. der Teil des Gesamtpotenzials, der mit großer Genauigkeit erfasst und mit den derzeitigen technischen Möglichkeiten wirtschaftlich gewinnbar ist, derzeit ca. 187 Billionen Kubikmeter (vgl. Energy Information Administration 2011; in Abb. 1 kennzeichnen die bunten Flächen die weltweite Verteilung der Schiefergasreserven).

Abb. 1
Weltweite Schiefergasreserven und Schiefergasressourcen



Quelle: Energy Information Administration (2011).

Mögliche Umweltrisiken und Klimabilanz

Umweltschützer warnen jedoch vor den möglichen Gefahren von Fracking. Einerseits befinden sich viele Schiefergasvorkommen in Gebieten, wo die örtlichen Behörden nicht über ausreichend Ressourcen, Durchsetzungskraft und umweltpolitische Erfahrung verfügen, um sichere Bohrungen durchzuführen. In Südafrika befinden sich die Lagerstätten beispielsweise in einem Trockengebiet zwischen Johannesburg und Kapstadt, wo zur Erdgasgewinnung sehr viele Brunnen gebohrt werden müssten und der Wassermangel verschärft würde. Zudem müsste eine Lösung für die Behandlung des entstehenden Abwassers geschaffen werden. Andererseits zeigen neueste Forschungen über die produktivsten US-Schiefergasvorkommen Fayetteville in Arkansas und Marcellus an der Ostküste neben der bereits bekannten Grundwassereinwirkung von Fracking auch Gefahren für Oberflächengewässer und terrestrische Ökosysteme auf (vgl. im Folgenden Entekin et al. 2011). In den genannten Beispielen werden große Mengen an Wasser eingesetzt, das aus flussnahen Brunnen gefördert wird. Pro Brunnen werden dabei zwischen 7,5 bis zu 26 Mill. Liter Wasser gefördert, das teilweise direkt aus Oberflächen-

gewässern stammt. Dadurch entstehen Gefahren für eine nachhaltige Wasserentnahme. Außerdem werden 70 bis 90% des Fracking-Gemischs im Marcellus-Schiefer nicht wiedergewonnen, und über den weiteren Einfluss auf die Umwelt ist bislang nichts bekannt. Insgesamt können in allen Phasen der Fracking-Fördertechnologie Umweltbeeinträchtigungen auftreten, wobei laut Groat (2012) die meisten der in den USA beobachteten Probleme auch bei konventionellen Förderstätten auftreten. Neben den bereits erwähnten Umweltrisiken aufgrund des hohen Wasserbedarfs, der Grundwassergefährdung und des Einsatzes von Chemikalien wird in den USA auch der hohe Flächenverbrauch kritisiert. Nach neuesten Forschungsergebnissen könnten auch neue Gesetze zum Schutz von Oberflächengewässern erforderlich sein.

Die bislang publizierten Daten zur Klimabilanz von Fracking beruhen auf theoretischen Überlegungen oder Schätzungen, jedoch nicht auf Messdaten und sind daher mit Vorsicht zu behandeln. Laut Umweltbundesamt (2011) entsteht beim Fracking durch das aufwendigere Explorationsverfahren z.B. durch eine höhere Anzahl von Bohrungen und den Transportaufwand für Wasser, Abwasser und Gerät eine ein-

malige Treibhausgas (THG)-Mehremission gegenüber der herkömmlichen Erdgasförderung. Diese THG-Mehremissionen können jedoch je nach Lagerstätte sehr unterschiedlich sein und müssen den Emissionen des Transports von herkömmlichen Lagerstätten aus weit entfernten Lagerstätten wie Sibirien gegenübergestellt werden. Laut Umweltbundesamt (2011) liegt der mit dem GEMIS¹ 4.5-Softwaretool errechnete THG-Mehraufwand von russischem Importgas bei bis zu 60 g CO₂/KWh. Dagegen liegt nach einer Studie des Tyndall Centre for Climate Change Research (2011) der THG-Mehraufwand für eine Bohrung inkl. Fracking (jedoch ohne Nachexplorationsphase) je nach Förderleistung der Bohrung bei 0,5 bis 6 g CO₂/KWh. Allerdings wird darauf hingewiesen, dass bereits kleine Leckagen die Klimabilanz des Fracking-Erdgases nachteiliger als diejenige von Erdöl ausfallen lassen können (vgl. Howarth 2010).

Situation in Deutschland

In Deutschland wurde Fracking 1961 das erste Mal eingesetzt und seither 300 Mal angewendet (weltweit: 1,2 Mill. Mal) (vgl. Ecologic Institute 2012). Die vielversprechendsten deutschen Schiefergasvorkommen befinden sich in Niedersachsen und in Nordrhein-Westfalen. Allerdings ist bisher nur die Aufsuchung (d.h. Entdeckung/Feststellung der Ausdehnung von Bodenschätzen), nicht jedoch die Gewinnung von Schiefergas genehmigt. Genehmigungen zur Aufsuchung von Schiefergaslagerstätten wurden in Baden-Württemberg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Thüringen erteilt. Im Herbst 2011 wurden jedoch in Nordrhein-Westfalen alle Bohrungen gestoppt (vgl. Umweltbriefe 2012).

Aus Sicht des Umweltbundesamts (2011) reichen die derzeit vorliegenden Fakten in Deutschland nicht aus, um die Risiken von Fracking in Deutschland abschließend bewerten zu können. Daher laufen momentan zwei Forschungsprojekte: Im Auftrag des Umweltbundesamts werden die Auswirkungen von Fracking auf den Wasserhaushalt untersucht und geprüft, ob die bestehenden Bundesgesetze für die Gewährleistung eines hinreichenden Grundwasserschutzes ausreichen. Parallel werden speziell für das Land Nordrhein-Westfalen in einem ähnlichen Gutachten die landesspezifischen Verhältnisse untersucht (vgl. Umweltbundesamt 2012). Darüber hinaus sind gemäß Umweltbundesamt (2011) bereits jetzt Mindestanforderungen an jede Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten zu stellen, die zum Teil in Deutschland Genehmigungspraxis sind und laut Kirschbaum (2012) weit über die US-Anforderungen hinausgehen. Zu diesen Mindestanforderungen zählen u.a. das Verbot von Fracking in sensiblen Gebieten (z.B. in Trinkwassergewinnungsgebiete)

ten) sowie die vollständige Offenlegung der verwendeten Chemikalien und die Registrierung der Stoffe für diese Verwendung gemäß REACH-Verordnung. Zudem sollte eine Überwachung der Frack-Flüssigkeiten und des zurückgeführten Frack- und Lagerstättenwassers stattfinden sowie ein Nachweis über die ordnungsgemäße Entsorgung geführt werden.

Vor dem Hintergrund, dass sowohl konventionelles als auch unkonventionelles Importgas häufig unter wenig strengen Umweltauflagen erzeugt wird, wäre eine klare deutsche Umweltgesetzgebung inkl. Monitoringregeln für Fracking-Prozesse von hoher Bedeutung für die Frage, ob Schiefergas in Deutschland überhaupt gewonnen werden sollte.

Unter Umständen könnte eine Entscheidung für die Genehmigung von Erdgasförderung aus Schiefergestein in Deutschland auch einen Beitrag zur Gestaltung der Energiewende leisten (vgl. Ecologic Institute 2012). Allerdings müsste dazu ein umfassendes, auf Messdaten beruhendes Emissionsprofil von Schiefergas erhoben werden, um die Erreichung der CO₂-Reduktionsziele sicherzustellen (vgl. Umweltbundesamt 2011). Zudem müsste das Ausmaß der Investitionen in Gaskraftwerke als Reserveoption bei Ausfall von erneuerbaren Energien bekannt sein.

Literatur

- Balsler, M. (2012), »Wie in der Oper von Verdi«, *Süddeutsche Zeitung*, 14. Mai.
- Ecologic Institute (2012), »Shale Gas and Fracking – an Energy Revolution in Europe? Climate Talk«, Ecologic Institute, 6. März, Berlin; *Newsletter* vom 28. März 2012.
- Energy Information Administration (2011), »World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States«, online verfügbar unter: <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/>.
- Energy Information Administration (2012), »Annual Energy Outlook (AEO) 2012 Early Release«, online verfügbar unter: [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/pdf/0383er\(2012\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/er/pdf/0383er(2012).pdf).
- Entrekin, S., M. Evans-White, B. Johnson und E. Hagenbuch (2011), »Rapid Expansion of Natural Gas Development Poses a Threat to Surface Waters«, *Frontiers in Ecology* 9(9), 503–511.
- Groat, C.G. und T.W. Grimshaw (2012), »Separating Fact From Fiction in Shale Gas Development«, University of Texas at Austin – Energy Institute, online verfügbar unter: http://energy.utexas.edu/images/ei_shale_gas_reg_booklet1202.pdf.
- Howarth, R.W. (2010), »Preliminary Assessment of the Greenhouse Gas Emissions from Natural Gas Obtained by Hydraulic Fracking«, Cornell University, Department of Ecology and Evolutionary Biology, online verfügbar unter: <http://www.technologyreview.com/blog/energy/files/39646/GHG.emissions.from.Marcellus.Shale.April12010%20draft.pdf>.
- Kirschbaum, B. (2012), »Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten – Auswirkungen auf die Umwelt«, UMID – Umwelt und Mensch Informationsdienst (1), 30–35, Umweltbundesamt, Berlin, online verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.de/umid/archiv/umid0112.pdf>.

Tyndall Centre for Climate Change Research (2011), »Shale Gas: A Provisional Assessment of Climate Change and Environmental Impacts«, online ver-

¹ Global Emission Model for Integrated Systems.

fürbar unter: http://www.tyndall.ac.uk/sites/default/files/tyndall-coop_shale_gas_report_final.pdf.

Umweltbriefe (2012), »Fracking – Abwarten und bohren lassen«, 24. Mai.

Umweltbundesamt (2011), »Stellungnahme – Einschätzung der Schiefergasförderung in Deutschland, Stand: Dezember 2011«, online verfügbar unter: http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/publikationen/stellungnahme_fracking.pdf.

Umweltbundesamt (2012), »Projektbeschreibung: Umweltauswirkungen von Fracking bei der Aufsuchung und Gewinnung von Erdgas aus unkonventionellen Lagerstätten – Risikobewertung, Handlungsempfehlungen und Evaluierung bestehender rechtlicher Regelungen und Verwaltungsstrukturen«, online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/publikationen/projektbeschreibung_umweltauswirkungen_fracking.pdf.

Urbina, I. (2012), »The Hunt for Gas on Fragile Land – As the Desire to Drill Spreads, So Do the Risks«, *The New York Times – Articles Selected for Süddeutsche Zeitung*, 9. Januar.

Der ifo Geschäftsklimaindex für die gewerbliche Wirtschaft Deutschlands ist im Juni weiter gefallen. Die aktuelle Geschäftslage hellte sich nach dem starken Rückgang im Vormonat zwar wieder etwas auf. Die Erwartungen für das kommende halbe Jahr wurden jedoch kräftig zurückgenommen. Die deutsche Wirtschaft befürchtet zunehmende Beeinträchtigungen durch die Eurokrise.

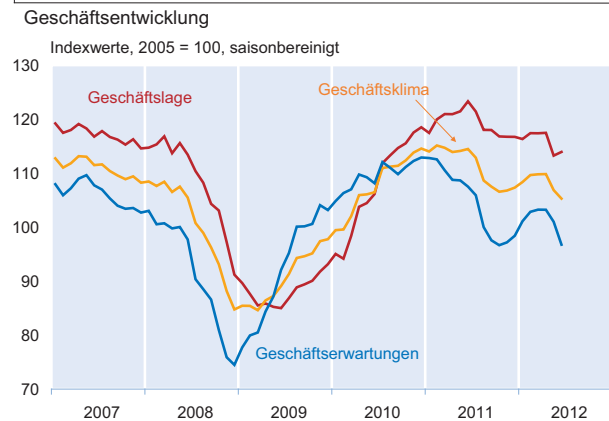
In den einzelnen Sektoren fiel die Entwicklung unterschiedlich aus. Im Verarbeitenden Gewerbe und dem Großhandel hat sich das Geschäftsklima eingetrübt. In der Industrie verbesserte sich zwar die Lageeinschätzung, jedoch gaben die Erwartungen massiv nach. Im Großhandel verschlechterten sich beide Teilkomponenten leicht. Im Einzelhandel und im Baugewerbe hellte sich das Geschäftsklima hingegen auf. Während im Bau die Lage unverändert eingeschätzt wurde, verbesserten sich die Erwartungen für die weitere wirtschaftliche Entwicklung. Im Einzelhandel gaben sich Befragungsteilnehmer sowohl bei der Lage als auch den Erwartungen optimistischer als im Vormonat.

Das ifo Beschäftigungsbarometer für die gewerbliche Wirtschaft Deutschlands ist nach drei Rückgängen in Folge wieder leicht angestiegen. Jedoch sind die Absichten, zusätzliches Personal einzustellen, weiter zurückhaltend. Dies ist vor allem auf die mit der Eurokrise verbundene Unsicherheit zurückzuführen. Im Verarbeitenden Gewerbe hat sich die Lage zum Vormonat kaum verändert. Es wird weiterhin von Zurückhaltung bzgl. weiterer Einstellungen berichtet. Im Bauhauptgewerbe hat sich das Beschäftigungsbarometer weiter erholt, hier spielt sicherlich die gute Witterung eine Rolle. Im Einzelhandel konnte die rückläufige Tendenz umgekehrt werden. Die Beschäftigungspläne sind nun vermehrt expansiv ausgerichtet. Dies ist vor allem in dem Nahrungs- und Genussmittelbereich zu beobachten. Im Großhandel gab das Beschäftigungsbarometer leicht nach. Ein leichter Beschäftigungsaufbau ist aber weiterhin geplant.

Im **Verarbeitenden Gewerbe** hat der Geschäftsklimaindex erneut nachgegeben. Die aktuelle Geschäftslage stuften die Unternehmen zwar als etwas besser ein. Dies ist auf eine leicht verbesserte Nachfragesituation und einen etwas größeren Auftragsbestand zurückzuführen. Ihre Geschäftsaussichten für das kommende halbe Jahr bewerteten die Testteilnehmer aber wesentlich zurückhaltender als bisher. So sind die Produktionspläne der Firmen auf leichte Kürzungen ausgerichtet. Die Erwartungen an das Exportgeschäft haben sie deutlich zurückgeschraubt. Auch die Beschäftigungspläne bleiben defensiv ausgerichtet. In Folge der gestiegenen Unsicherheit werden zunächst auch Investitio-

¹ Die ausführlichen Ergebnisse des ifo Konjunkturtests, Ergebnisse von Unternehmensbefragungen in den anderen EU-Ländern sowie des Ifo World Economic Survey (WES) werden in den »ifo Konjunkturperspektiven« veröffentlicht. Die Zeitschrift kann zum Preis von 75,- EUR/Jahr abonniert werden.

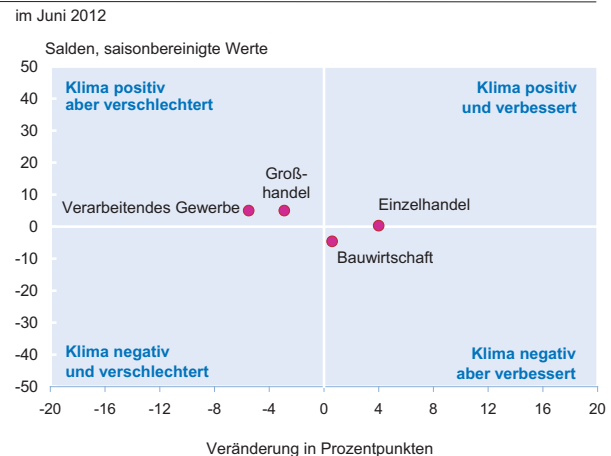
Abb. 1
Gewerbliche Wirtschaft^{a)}



^{a)} Verarbeitendes Gewerbe, Bauhauptgewerbe, Groß- und Einzelhandel.

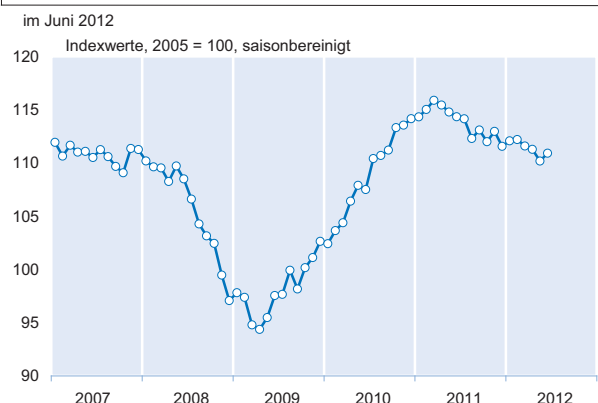
Quelle: ifo Konjunkturtest.

Abb. 2
Geschäftsklima nach Wirtschaftsbereichen



Quelle: ifo Konjunkturtest.

Abb. 3
ifo Beschäftigungsbarometer Deutschland
Gewerbliche Wirtschaft^{a)}



^{a)} Verarbeitendes Gewerbe, Bauhauptgewerbe, Groß- und Einzelhandel.

Quelle: ifo Konjunkturtest.

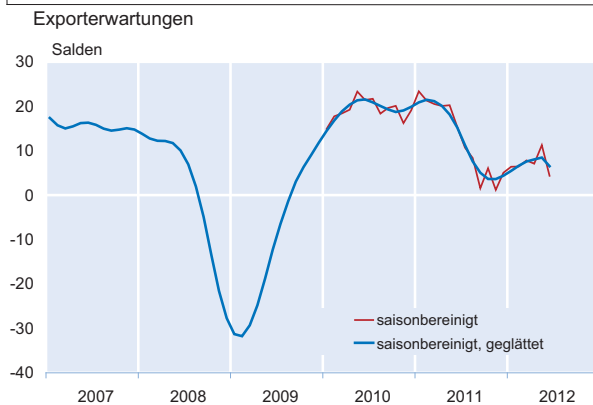
nen zurückgestellt. Dies zeigt sich im Investitionsgüterbereich, wo sich das Geschäftsklima deutlich abgekühlt hat. Infolge der rückläufigen Nachfrage sahen sich die Firmen zu Produktionskürzungen gezwungen. Der gegenwärtige Auftragsbestand wird erneut schlechter beurteilt. Auch hinsichtlich der zukünftigen Geschäftsentwicklung übernahmen die Pessimisten die Oberhand. Die negative Entwicklung zeigt sich in sehr vielen Teilbranchen wie der chemischen Industrie, Metallerzeugung und -bearbeitung, Fahrzeugbau und dem Maschinenbau. Ein Anstieg des Geschäftsklimas konnte in der Mineralölverarbeitung, dem Papiergewerbe und der Nahrungsmittelindustrie beobachtet werden.

Im **Bauhauptgewerbe** hat sich das Geschäftsklima wieder etwas aufgehellt. Die aktuelle Geschäftslage wird im Vergleich zum Vormonat unverändert eingeschätzt. Die befragten Bauunternehmer zeigten sich jedoch etwas optimistischer für das kommende halbe Jahr. Auch die Einstellungsbereitschaft ist etwas angestiegen. Der Ausnutzungsgrad der Gerätekapazitäten verringerte sich etwas; mit 72% wurde jedoch das Niveau des Vorjahrs erreicht. Etwa 26% der Teilnehmer berichteten von Beeinträchtigungen ihrer Bauproduktion, vorwiegend wegen Auftragsmangel. Die Entwicklungen in den Teilsparten verliefen unterschiedlich. Während im Tiefbau der Geschäftsklimaindex gestiegen ist, gab er im Hochbau etwas nach.

Im **Einzelhandel** hat sich das Geschäftsklima etwas erholt, nachdem es sich im Vormonat stark eingetrübt hatte. Die befragten Unternehmer beurteilen ihre aktuelle Lage als deutlich besser und sind bezüglich der kommenden Geschäftsentwicklung nicht mehr ganz so pessimistisch wie im Vormonat. Zudem beabsichtigen die Einzelhandelsbetriebe, sich bei den Bestellungen in den kommenden Monaten stärker zurückzuhalten. In der Unterhaltungselektroniksparte stellte sich die aktuelle Situation ausgesprochen günstig dar. Dies ist vor allem der aktuellen Europameisterschaft im Fußball geschuldet. Deshalb rechneten die Betriebe auch nicht mehr so häufig mit einer Verbesserung für die kommenden sechs Monate. Das Geschäftsklima im Nahrungs- und Genussmittelbereich hat sich deutlich verbessert, nachdem es sich im Vormonat erheblich verschlechtert hatte. Dies ist sowohl einer deutlich besseren Lage als auch optimistischeren Erwartungen zuzuschreiben. Auch die Beschäftigungspläne sind weiter auf Expansion ausgerichtet. Im Kfz-Einzelhandel ist der Geschäftsklimaindikator leicht gestiegen. Die aktuelle Geschäftslage wurde von den Unternehmen zwar nochmals wesentlich ungünstiger eingestuft, für den zukünftigen Geschäftsverlauf rechneten die Firmen aber nicht mehr ganz so zahlreich mit einer Verschlechterung.

Im **Großhandel** ist der Geschäftsklimaindex dagegen gesunken. Die Großhändler stuften ihre aktuelle Geschäftslage etwas seltener als gut ein. In die Zukunft blicken sie etwas skeptischer als zuvor. Die Testteilnehmer berichteten

Abb. 4
Verarbeitendes Gewerbe^{a)}

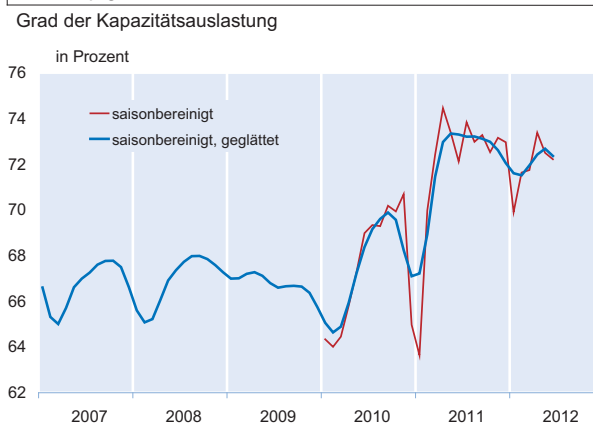


Salden aus den Prozentsätzen der Meldungen über zu- und abnehmende Exportgeschäfte.

^{a)} Ohne Ernährungsgewerbe und Tabakverarbeitung.

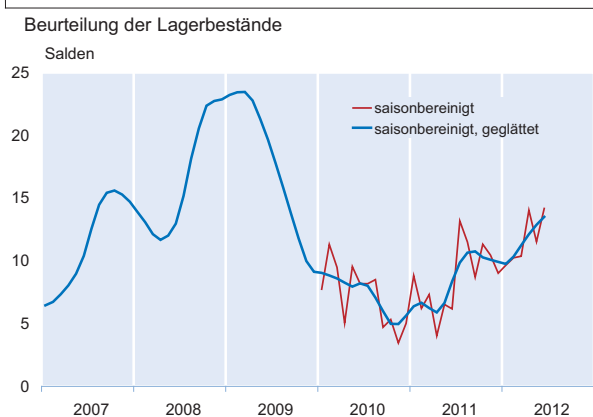
Quelle: ifo Konjunkturtest.

Abb. 5
Bauhauptgewerbe



Quelle: ifo Konjunkturtest.

Abb. 6
Großhandel



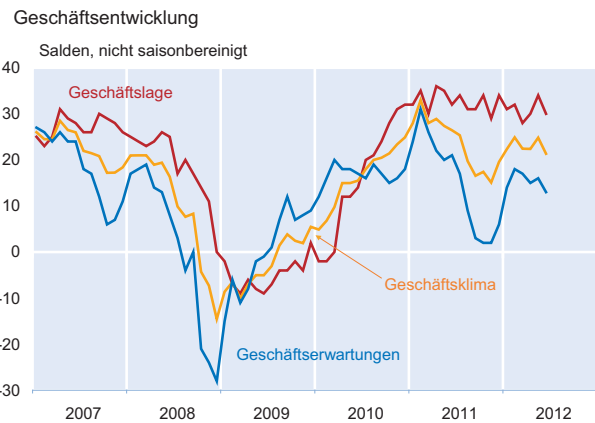
Salden aus den Prozentsätzen der Meldungen über zu große und zu kleine Lagerbestände.

Quelle: ifo Konjunkturtest.

wieder häufiger über zu große Warenbestände. Dennoch beabsichtigen sie, etwas höhere Bestellungen zu platzieren als vor Jahresfrist. Im Produktionsverbindungshandel bewerteten die Unternehmen ihre Geschäftslage erneut ungünstiger, wenngleich die positiven Urteile nach wie vor überwiegen. Die Firmen erwarteten auch vermehrt eine Fortsetzung der Abwärtsbewegung. Eine gegenteilige Entwicklung konnte im Konsumgüterhandel beobachtet werden. Hier stiegen sowohl die Beurteilung der aktuellen Geschäftslage als auch die Erwartungen für das kommende halbe Jahr.

Das ifo Geschäftsklima für das **Dienstleistungsgewerbe**² ist im Juni gesunken. Sowohl die aktuelle Geschäftslage als auch die Erwartungen für das kommende halbe Jahr bewerten die befragten Dienstleister zurückhaltender als im Vormonat. Die Personalplanungen sind aber immer noch leicht expansiv ausgerichtet. Sowohl im Personen- als auch Güterverkehrsbereich hat sich das Geschäftsklima stark eingetrübt. Dies ist auch auf eine schwache Entwicklung der aktuellen Geschäftslage und einen schwächeren Auftragsbestand zurückzuführen. Auch im Bereich Touristik gab der Klimaindikator nach. Die Reisebüros und Reiseveranstalter berichteten von einer nicht mehr ganz so positiven aktuellen Geschäftslage und schätzten ihre Perspektiven für das kommende halbe Jahr merklich skeptischer ein als im Mai. Sie rechneten nur noch vereinzelt mit Umsatzsteigerungen in der nächsten Zeit. Das Gastgewerbe stufte die aktuelle Lage geringfügig positiver ein, zeigte sich bezüglich seiner Perspektiven nicht mehr so hoffnungsvoll. Der Geschäftsklimaindikator gab etwas nach. Grund hierfür ist sicherlich die schlechte Nachfrageentwicklung in den letzten Monaten. Im Bereich Datenverarbeitung verbleibt das Geschäftsklima weiter auf einem hohen Niveau. Die befragten DV-Dienstleister berichteten vermehrt von höheren Umsätzen als zur Vorjahresfrist.

Abb. 7
Dienstleistungen



Quelle: ifo Konjunkturtest.

² In den Ergebnissen für die »gewerbliche Wirtschaft« nicht enthalten.

Mehr als 70 Experten
des ifo Instituts erklären
die Welt der Wirtschaft



HANSER
www.hanser.de

Was wird aus dem Euro?
Welche Klimapolitik ist die richtige?
Wie entsteht Inflation?
Wo steht Deutschlands Wirtschaft?

Über 100 Themen aus allen
Bereichen der Wirtschaft
werden so dargestellt, dass
jeder es versteht.

296 Seiten mit über 200 Grafiken
Flexibler Einband
€ 14,90 [D] / € 15,40 [A] / sFr 22,90
ISBN 978-3-446-42710-5
Ab 26.9.2011 im Buchhandel



HANSER
www.hanser.de

CESifo WORLD ECONOMIC SURVEY

VOLUME 11, No. 2

MAY 2012

WORLD ECONOMIC CLIMATE

World economic climate continues to brighten

ECONOMIC EXPECTATIONS

Economic expectations predominantly positive

INFLATION

Price trend remains largely unchanged

CURRENCIES

Both yen and euro seen as overvalued

INTEREST RATES

Long-term interest rates expected to pick up

SPECIAL TOPIC

Rio+20 – United Nations Conference on Sustainable Development

With the support of



International Chamber of Commerce
The world business organization

CESifo
www.cesifo.de/wes

ifo Dresden Studien

- 43 *Die neuen Bundesländer im internationalen Standortvergleich.*
Von M. Berlemann, S. Engelmann, M. Göthel unter Mitarb. von B. Grundig, C. Pohl, J. Ragnitz, H. Schmalholz.
270 S. 2008. € 20,-
- 44 *Revolvierende Fonds als Instrument zur Neuausrichtung der Förderpolitik.*
Von Chr. Lessmann, J. Ragnitz, B. Schirwitz, M. Thum. 70 S. 2008. € 15,-
- 45 *Rechtfertigung von Ansiedlungssubventionen am Beispiel der Halbleiterindustrie.*
Von B. Grundig, Chr. Leßmann, A.S. Müller u.a. 104 S. 2008. € 15,-
- 46 *Bewertung von lokalen Standortfaktoren für Haushalte und Unternehmen in Sachsen.* Entwicklung von Indikatoren zur Überprüfung der Demographietauglichkeit von Förderprojekten der Sächsischen Aufbaubank.
Von A. Ebertz, M. Kriese, M. Thum. 80 S. 2008. € 15,-
- 47 *Erstellung von Unbedenklichkeitsbescheinigungen im Bereich der öffentlich geförderten Beschäftigung.*
Von S. Engelmann, B. Schirwitz, M. Thum. 70 S. 2009. € 15,-
- 48 *Mittelfristige Einkommensentwicklung in Sachsen.*
Von S. Döll, W. Nagl, J. Ragnitz, C. Thater. 70 S. 2009. € 15,-
- 49 *Cleantech in Ostdeutschland: Bestandsaufnahme und Entwicklungsperspektiven.*
Von J. Ragnitz, H. Schmalholz, U. Triebswetter, J. Wackerbauer.
200 S. 2009. € 25,-
- 50 *Sächsischer Technologiebericht 2009.*
Von J. Ragnitz, H. Schmalholz, B. Ziegenbalg, B. Gehrke, U. Schasse.
426 S. 2010. € 15,-
- 51 *Bestandsaufnahme der wirtschaftlichen Fortschritte im Osten Deutschlands 1998–2008.*
Von J. Ragnitz, S. Scharfe, B. Schirwitz. 74 S. 2009. € 15,-
- 52 *Auswirkungen des demographischen Wandels auf die Ausgabenstruktur künftiger Haushalte.*
Von J. Ragnitz, H. Seitz. 240 S. 2010. € 15,-
- 53 *Methodenexpertise zur Analyse der Auswirkungen der internationalen Finanz- und Wirtschaftskrise auf die Wirtschaft im Land Brandenburg.*
Von J. Ragnitz, S. Arent, W. Nierhaus, B. Schirwitz, J. Steinbrecher, G. Vogt, B. Ziegenbalg. 117 S. 2010. € 15,-
- 54 *Wachstumsperspektiven und wirtschaftspolitische Handlungsoptionen für Sachsen-Anhalt.*
Von J. Ragnitz, S. Arent, J. Steinbrecher, B. Ziegenbalg. 159 S. 2010. € 15,-
- 55 *Fiskalische Einsparpotenziale durch die Kreisstrukturreform in Mecklenburg-Vorpommern.*
Von J. Ragnitz, J. Steinbrecher, C. Thater. 60 S. 2010. € 15,-
- 56 *Öffentliche Abgaben als Belastungsfaktoren der Unternehmen – dargestellt am Beispiel der Region Leipzig.*
Von A. Montén, J. Ragnitz, Chr. Thater. 280 S. 2010. € 25,-
- 57 *Langfristige Prognose der Einnahmeentwicklung für den Landeshaushalt des Freistaates Sachsen bis zum Jahr 2025.*
Von J. Steinbrecher, Chr. Thater, M. Thum. 60 S. 2010. € 15,-
- 58 *Haushaltskonsolidierung, Infrastruktur und Standortwettbewerb.*
Von A. Eck, J. Ragnitz, J. Steinbrecher, Chr. Thater. 114 S. 2011. € 15,-
- 59 *Wirtschaftliche Entwicklung Sachsens im Ländervergleich: Bestandsaufnahme und Perspektiven.*
Von S. Arent, A. Eck, O. Krohmer, R. Lehmann, W. Nagl, J. Ragnitz, M. Thum. 142 S. 2011. € 15,-
- 60 *Evaluierung des aktuellen Standes und der Potenziale der Industriellen Biotechnologie im Freistaat Sachsen.*
Von A. Ballin, K. Baum, J. Freitag. 246 S. 2011. € 20,-
- 61 *Einkommensentwicklung im Freistaat Sachsen.*
Von S. Arent, W. Nagl, J. Ragnitz. 122 S. 2011. € 15,-
- 62 *Finanzierungserfordernisse des sächsischen Handwerks: gegenwärtige Situation, Perspektiven und wirtschaftliche Implikationen.*
Von J. Ragnitz, J. Steinbrecher. 220 S. 2011. € 20,-
- 63 *Auswirkungen veränderter Transferzahlungen auf die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit der ostdeutschen Länder.*
Von M. Kloß, R. Lehmann, J. Ragnitz, G. Untiedt, O. Fiala. 100 S. 2012. € 15,-

ifo Institut

im Internet:

<http://www.cesifo-group.de>

