

Kirche und Gesellschaft

Herausgegeben von der
Katholischen Sozialwissenschaftlichen
Zentralstelle Mönchengladbach

Nr. 355

Ottmar Edenhofer,
Christian Flachsland und Gunnar Luderer

Eckpunkte einer globalen Klimaschutzpolitik

J.P. BACHEM VERLAG

Die Reihe „Kirche und Gesellschaft“ will der Information und Orientierung dienen. Sie behandelt aktuelle Themen aus folgenden Bereichen:

Kirche, Gesellschaft und Politik

Staat, Recht und Demokratie

Wirtschaft und soziale Ordnung

Ehe und Familie

Bioethik, Gentechnik und Ökologie

Entwicklung und Frieden

Die Hefte eignen sich als Material für Schule und Bildungszwecke.

Bestellungen

sind zu richten an:

Katholische Sozialwissenschaftliche Zentralstelle

Brandenberger Straße 33

41065 Mönchengladbach

Tel. 021 61/8 15 96-0 · Fax 021 61/8 15 96-21

Internet: <http://www.ksz.de>

E-mail: kige@ksz.de

Ein Prospekt der lieferbaren Titel sowie ein Registerheft (Hefte Nr. 1–250) können angefordert werden.

Redaktion:

Katholische Sozialwissenschaftliche Zentralstelle

Mönchengladbach

Erscheinungsweise: Jährlich 10 Hefte, 160 Seiten

2008

© J. P. Bachem Verlag GmbH, Köln

ISBN 978-3-7616-2118-9

Das Jahr 2007 wird in die Geschichte der internationalen Klimapolitik eingehen. Zum ersten Mal haben sich Politik und Wissenschaft auf drei grundlegende Botschaften geeinigt: Erstens, der Mensch ist hauptsächlich für den Klimawandel verantwortlich. Zweitens, wenn die globalen Emissionen ungebremst weiter wachsen, riskiert die Menschheit einen gefährlichen Klimawandel. Und drittens, ambitionierter Klimaschutz ist technisch möglich und bezahlbar. Keiner der bisher vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)¹ veröffentlichten Sachstandsberichte hat diesen Konsens so klar zum Ausdruck gebracht. Erst auf der Basis dieser grundlegenden Verständigung sind nun politische Kompromisse möglich.

Während über die grundsätzlichen Aussagen Einigkeit erzielt wurde, dauert die klimapolitische Debatte bezüglich einer Reihe von Einzelfragen weiter an. Breiter Konsens besteht hinsichtlich der ersten Botschaft des Weltklimarates, wonach der Anstieg der globalen Mitteltemperatur eindeutig stattfindet und mit großer Wahrscheinlichkeit auf die vom Menschen verursachten Treibhausgase zurückgeführt werden kann. Die zweite Frage, welche Auswirkungen der Anstieg der globalen Mitteltemperatur auf Natur und Gesellschaft hat, wurde vom Weltklimarat vorsichtiger beantwortet. Im Fokus der Diskussion stehen Risiken mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit, die aber die Funktionsweise des gesamten Erdsystems in einem Maße verändern könnten, das ohne historisches Vorbild ist. Drittens schließlich stehen den Gefahren des Klimawandels die mit seiner Vermeidung verbundenen Risiken gegenüber. Vor allem Entwicklungs- und Schwellenländer befürchten wirtschaftlich negative Folgen deutlicher Emissionsreduktionen.

Steht die Weltwirtschaft also vor einem tragischen Dilemma? Gilt es, zwischen gefährlichem Klimawandel auf der einen und gefährlichen Emissionminderungen auf der anderen Seite zu wählen? Vor dem Hintergrund dieser Frage kommt der dritten Botschaft des Weltklimarates eine zentrale Bedeutung zu: Ist nämlich ambitionierter Klimaschutz technisch möglich und mit geringen Kosten verbunden, wird der Zielkonflikt entschärft. Allerdings ist diese Lösung an grundlegende institutionelle Voraussetzungen gebunden, die bislang noch nicht gegeben sind und politisch erst noch geschaffen werden müssen.

Es bedarf daher einer gemeinschaftlichen internationalen Anstrengung, eines ‚Global Contract‘, um die globale Erwärmung zu bekämpfen (Edenhofer u. a. 2008a). Dies impliziert nicht notwendigerweise die Ratifizierung eines umfassenden internationalen Abkommens, sondern könnte sich auch auf eine Reihe von Politikfahrplänen beziehen, die

sowohl ‚top-down‘ als auch ‚bottom-up‘ in einer integrierten Architektur verschmelzen.

Vor diesem Hintergrund befassen wir uns zunächst mit dem Risiko gefährlichen Klimawandels (Abschnitt 1) sowie den Kosten und Risiken einer ambitionierten Klimapolitik (Abschnitt 2). In Abschnitt 3 skizzieren wir dann die Eckpunkte einer internationalen Klima- und Energiepolitik, die einerseits die Kosten des Klimaschutzes minimiert und andererseits gefährlichen Klimawandel vermeidet. Wir greifen dabei die Metapher eines Global Contracts auf, der die internationale Zusammenarbeit koordinieren soll.

1. Das Risiko gefährlichen Klimawandels

Der Klimawandel hat bereits begonnen, und er ist zum größten Teil durch den Menschen verursacht. Verglichen mit dem vorindustriellen Niveau ist die globale Mitteltemperatur bereits um $0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ gestiegen. Und auf Grund der bereits getätigten Emissionen und der großen Zeitverzögerung, mit der das Klimasystem auf Emissionen reagiert, ist ein weiterer Anstieg der globalen Mitteltemperatur unausweichlich: Selbst bei einer Stabilisierung der globalen Treibhausgaskonzentrationen auf dem gegenwärtigen Niveau würde die globale Mitteltemperatur um zusätzliche $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ansteigen. In Abhängigkeit von den globalen Emissionen im 21. Jahrhundert rechnet der IPCC mit einer weiteren Erwärmung von $1.7\text{-}7.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (IPCC 2007a).

Dies ist weitgehend unstrittig. Aber warum sollten wir uns über den Anstieg der globalen Mitteltemperatur Sorgen machen? Aus der Liste möglicher Folgen des Klimawandels ragt eine Kategorie von Risiken heraus: die sogenannten Kippschalter im Erdsystem, die in der Sprache des Weltklimarates als „großskalige Diskontinuitäten“ des Erdsystems bezeichnet werden. Eine ungebremste globale Erwärmung könnte Komponenten des Erdsystems („Tipping Points“) jenseits kritischer Schwellenwerte aktivieren, so dass sie irreversibel in einen anderen qualitativen Zustand übergehen. So könnte es zu einem Kollaps der tropischen Regenwälder kommen, die am Ende keine Senke, sondern eine Quelle für CO_2 -Emissionen darstellen würden. Für die Bildung des arktischen Meereises sind die Sommerminima bereits auf alarmierende Tiefstände gefallen. Auch die Möglichkeit eines Abschmelzens des Grönlandeisschildes scheint unterschätzt worden zu sein. Die im Grönlandeisschild gespeicherten Wassermassen entsprechen einer globalen Erhöhung des Meeresspiegels um sieben Meter. Die Veränderung des indischen Som-

mermonsuns könnte auf die indische und chinesische Landwirtschaft einen erheblichen Druck zur Anpassung erzeugen, der zu wirtschaftlichen und sozialen Verwerfungen führen kann. Der gegenwärtige Stand der Forschung legt jedoch nahe, dass diese Kippschalter bei einer Beschränkung der globalen Erwärmung auf 2 °C – dem Klimaschutzziel der Europäischen Union – nicht aktiviert würden. Aber selbst wenn dieses ehrgeizige Ziel erreicht würde, ließe sich der Verlust des arktischen Meereises vermutlich nicht stoppen.

Über die Kippschalter hinaus wird der Klimawandel Änderungen in den regionalen klimatischen Bedingungen verursachen, die eine Reihe problematischer Konsequenzen nach sich ziehen: Überflutungen von Küstengebieten und Flussdeltas werden sich häufen, Dürren und die Ausdehnung von Wüsten werden verstärkt, die Anzahl von Extremwetterereignissen wird zunehmen, und wegen Gletscherschmelzen und veränderter Niederschlagsmuster kommt es zu Wasserknappheiten. In den vergangenen Dekaden wurde bereits ein Anstieg der Häufigkeit solcher Extremereignisse beobachtet (IPCC 2007a). Zudem führt der Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration zu einer Versauerung der Ozeane, die dadurch immer weniger CO₂ aus der Atmosphäre binden könnten. Eine weitere Versauerung der Ozeane hätte auch negative Folgen für die Ökosysteme der Weltmeere (WBGU 2006).

Die Kosten des Klimawandels sind global keineswegs „fair“ verteilt. Weder werden jene vom Klimawandel verschont, die sich besonders schlecht an seine Folgen anpassen können (IPCC 2007a), noch werden diejenigen besonders hart von den Klimaschäden getroffen, die besonders viele Treibhausgase emittieren. Die verwundbarsten Regionen liegen in Afrika. Abnehmende Niederschläge in den bereits heute regenarmen Regionen sind vor allem für jene Länder problematisch, deren Agrarsektor einen hohen Anteil an der volkswirtschaftlichen Wertschöpfung hat. Kleinere Inseln sind vor allem durch den Anstieg des Meeresspiegels bedroht. Dass ärmere Gegenden schlechter mit den Folgen des Klimawandels umgehen können, wird dadurch verdeutlicht, dass mehr als 98 % aller Opfer von Überflutungen, Dürren und Stürmen in den letzten vierzig Jahren in Entwicklungsländern lebten (EM-DAT 2008). Klimarisiken könnten die Lebensgrundlagen zahlreicher Menschen zerstören und Migrationsströme verursachen, die nationale und internationale Konflikte auslösen oder verstärken (WBGU 2008). Der Klimawandel ist daher ein großes Hindernis bei der Überwindung der Armut und des Erreichens der Millenniumsziele der Vereinten Nationen (Stern 2007).

Die Industriestaaten, die in der Vergangenheit die meisten Treibhausgase ausgestoßen haben, werden von den Schäden des Klimawandels ungleich weniger betroffen sein als etwa Afrika. Es gibt geostrategisch jedoch zwei wichtige Ausnahmen: China und Indien werden künftig zu den Hauptemittenten gehören, sind aber auch von den Folgen des Klimawandels erheblich betroffen. Schmelzen etwa die Gletscher im Himalaya ab, wird die Wasserversorgung in großen Regionen beider Länder problematisch werden – es wird eine Zunahme sowohl von Trockenperioden als auch von Überflutungen erwartet. Änderungen in der Monsundynamik können schwerwiegende Auswirkungen haben. Diese Ausnahmestellung der beiden Regionen könnte die Lösung des Klimaproblems mittelfristig möglicherweise sogar erleichtern.

2. Kosten und Risiken der Vermeidung

Wäre die Weltgemeinschaft nur mit dem Risiko gefährlichen Klimawandels konfrontiert, wäre die Lösung des Klimaproblems vermutlich relativ einfach. Kompliziert wird die Lösung des Problems erst dadurch, dass immer wieder vermutet wird, eine drastische Reduzierung der Emissionen könnte ein Risiko für die Weltwirtschaft darstellen. Bevor wir uns den Kosten der Vermeidung in Abschnitt 2.2 zuwenden, diskutieren wir im folgenden Abschnitt den Kontext der globalen Reduzierung von Treibhausgasemissionen.

2.1 Historischer Kontext und gegenwärtige Entwicklungen

In der Wirtschaftsgeschichte ist die Schaffung von Wohlstand bislang eng mit der Akkumulation von Kohlenstoffemissionen einhergegangen. Die Verbrennung fossiler Brennstoffe war ein so zentraler Bestandteil des vor ca. 200 Jahren entwickelten europäischen Wirtschaftswachstumsmodells, dass der Soziologe und Ökonom Max Weber davon sprach, dass der Kapitalismus erst dann zu Ende gehen werde, „wenn die letzte Tonne Kohle verhüttet“ sei (Sombart 1928).

Der Soziologe Werner Sombart verglich die Nutzung des fossilen Energiovorrates in Gestalt von Kohle, Öl und Gas mit einem Lotteriegewinn: Die Menschheit der nördlichen Hemisphäre fristete bis weit in das 18. Jahrhundert hinein ein kümmerliches Dasein. Sie war abhängig von einem Strom an Sonnenenergie, der die Biosphäre durchfloss und die Photosynthese ermöglichte: Nahrung, Futter, Wärme und mechanische Energie entsprangen entweder der direkten Nutzung von Sonnenenergie, Wasser oder Wind, oder aber der Verwendung von Biomasse. Diese

Abhängigkeit von Sonnenenergie, die sich nicht in großem Umfang speichern ließ, verhinderte den Aufbau von großen Kapitalstöcken und damit ein dauerhaftes Wirtschaftswachstum. Bevölkerungswachstum, Kriege und Seuchen warfen die Wirtschaft immer wieder auf ihr Subsistenzniveau zurück. Erst mit der Entdeckung der Verwendbarkeit der Kohle in der Dampfmaschine konnte die Menschheit auf einen Vorrat gespeicherter Sonnenenergie zurückgreifen, der ihr wie über Nacht ein Vermögen zuspielte. Die Nutzung dieser Energievorräte ermöglichte erstmals den Aufbau von physischem Kapital, was zu einem in der Menschheitsgeschichte einzigartigen Wohlstandswachstum führte. Aber mit dem Abbau ihrer Kohle-, Öl- und Gasvorräte hat die Menschheit gleichzeitig eine Kohlenstoffschuld in der Atmosphäre angehäuft. In den 1990er-Jahren begannen die Klimaökonomien der Menschheit vorzurechnen, dass die Kohlenstoffschuld höher sein könnte als der Lotteriegewinn. Was einst als historischer Gewinn betrachtet wurde, wird nun zur Belastung. Die Klimaökonomien wurden daher von vielen als Spielverderber betrachtet.

Wenn aber die Menschheit die Vorräte an Kohle, Öl und Gas nicht weiter nutzen kann – wird sie dann wieder auf ihr Subsistenzniveau zurückgeworfen? Mehr als einmal wurde der Weltklimarat verdächtigt, er rüttle an den Grundpfeilern der Moderne. In das historische Gedächtnis der Menschheit hat sich ein einfacher Zusammenhang eingebrannt: Alle Länder, die im Zuge der Industrialisierung reich wurden und die Armut überwinden konnten, nutzten Kohle, Öl und Gas: ohne fossile Energieträger kein Wohlstand!

Aus den gefährlichen Folgen steigender Kohlenstoffkonzentrationen in der Atmosphäre ergibt sich die historische Herausforderung, den engen Zusammenhang von Wirtschaftswachstum und Kohlenstoffemissionen zu entkoppeln. Es gilt, das tragische Dilemma zwischen Wirtschaftswachstum zu Lasten des Klimas auf der einen Seite und Klimaschutz zu Lasten der Wirtschaft auf der anderen Seite zu überwinden. Dies kann jedoch nicht primär durch einen Verzicht auf Wirtschaftswachstum erreicht werden. Es wäre kaum akzeptabel, von den Entwicklungsländern einen Verzicht auf Wachstum zu fordern, das sie zur Überwindung der Armut dringend benötigen. Dies gilt insbesondere deshalb, weil sie die Atmosphäre in der Vergangenheit – anders als die Industriestaaten – kaum belastet haben.

Die Unterschiede in der historischen Verantwortung für die atmosphärische Treibhausgaskonzentration werden durch einige Zahlen verdeutlicht: So betragen die durchschnittlichen CO₂-Emissionen pro Kopf und

Jahr im Zeitraum 1950 – 2003 in den USA 5.2 Tonnen, 2.7 Tonnen in Russland, 0.4 Tonnen in China und weniger als 0.2 Tonnen in Indien. Wie bereits erwähnt, sind Entwicklungsländer jedoch überproportional von den negativen Folgen dieser Emissionen betroffen.

Bis auf wenige Ausnahmen sind die vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen seit dem 18. Jahrhundert stetig gestiegen, und dieser Trend hat sich in den vergangenen Jahren sogar noch beschleunigt. Während die CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen in den 1990er-Jahren um jährlich 1 % stiegen, beschleunigte sich ihre Wachstumsrate auf fast 3 % zwischen 2000 und 2005. Falls sich dieser Trend fortsetzt, werden zukünftige Emissionen selbst die höchsten Prognosen, die vom IPCC für Emissionsszenarien bei der Simulation des zukünftigen Klimawandels angenommen wurden, übertreffen. Die Problematik wird dadurch verschärft, dass die Ozeane immer weniger Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufnehmen und damit ein immer größerer Anteil von emittierten Emissionen in der Atmosphäre verbleibt. Wenn die Emissionen bei einer gleichzeitig verringerten Effizienz der Senken weiter wachsen, führt dies zu einer rapide ansteigenden atmosphärischen CO₂-Konzentration.

In der Tat hat sich das Wachstum der globalen CO₂-Emissionen seit dem Jahr 2000 deutlich beschleunigt. Diese Veränderung wird hauptsächlich durch das starke Wachstum der Weltwirtschaft angetrieben. Vor allem China und Indien erleben eine energie- und kohlenstoffintensive Wachstumsphase, die zu einem rasanten Anstieg ihrer CO₂-Emissionen führt. Gleichzeitig haben die Industrienationen Probleme, ihre Kyoto-Reduktionsziele einzuhalten (wie etwa Kanada), oder verweigern sich im Fall der USA ganz. Die Pro-Kopf-Emissionen der Industrieländer sind immer noch wesentlich höher als in den Entwicklungsländern, einschließlich China und Indien.

Die Schwierigkeit globaler Emissionsreduktionen wird zusätzlich durch die gegenwärtigen Entwicklungen auf den Weltenergiemärkten unterstrichen: Das Angebot an Öl hält kaum mit der Nachfrage Schritt und führt zu hohen Preisen. Die Auswirkung hoher Ölpreise (und die daran gekoppelten Gaspreise) auf die CO₂-Emissionen ist zwiespältig. Einerseits geben hohe Preise einen Anreiz zum Energiesparen und zur Verbesserung der Energieeffizienz und machen Investitionen in erneuerbare Energie attraktiver. China etwa hat sich zum Ziel gesetzt, die Energieeffizienz zwischen 2005 bis 2010 um 20 % zu verbessern. Andererseits jedoch führen hohe Ölpreise dazu, dass Öl und Gas durch kohlenstoffintensivere Alternativen ersetzt werden. Die Preise von Kohle steigen

langsamer als die von Öl und Gas, da die Kohlereserven weitaus größer sind als die von Öl und Gas. Dies zieht zwei Folgen nach sich: Erstens führen die hohen Öl- und Gaspreise zu einer verstärkten Nutzung der Kohle, z. B. in der Stromproduktion und bei der Herstellung von Transporttreibstoffen (Kohleverflüssigungstechniken). Der Trend der letzten Jahre bestätigt, dass wir uns mitten in einer „Renaissance der Kohle“ befinden: In China, den USA und Indien steigt die Kohlenstoffintensität seit 2001 wieder an. Der Verbrauch von Kohle hat sich zwischen 2001 und 2005 weltweit um fast 30 % erhöht, und sein Anteil an der globalen Primärenergieversorgung stieg von 22,7 % auf 25,3 % (IEA 2007). Zweitens lösen hohe Ölpreise eine Suche nach neuen Vorräten und neuen Fördertechnologien aus. Die gegenwärtigen Preisanstiege führen dazu, dass schwerer zugängliche Ölfelder erschlossen und verbesserte Ölrückgewinnungstechnologien eingesetzt werden. Des Weiteren wird bei den gegenwärtigen Preisen die hochemissionsintensive Ölförderung aus Ölschiefer und Ölsand ebenso konkurrenzfähig wie die Kohleverflüssigung.

2.2 Wege der Klimastabilisierung

Angesichts der jüngsten Emissionsentwicklungen und der Risiken des Klimawandels stellt sich die Frage, ob es möglich ist, die atmosphärische Treibhausgaskonzentration zu geringen Kosten zu stabilisieren und den scheinbar historisch begründeten Zielkonflikt zwischen Klima und Wirtschaft zu überwinden. In den vergangenen Jahren haben verschiedene Makroökonomie-Energie-Modelle gezeigt, dass die Vermeidungskosten gering ausfallen, wenn der technische Fortschritt angemessen berücksichtigt wird. Ein am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung durchgeführter Modellvergleich kam zu dem Ergebnis, dass die in Modellen berechneten Klimaschutzkosten 2 % des globalen BIP bis 2100 nicht übersteigen (Edenhofer u. a. 2006). Diese Ergebnisse waren sowohl für den Stern Report (Stern 2007) als auch für den Vierten Sachstandsbericht des IPCC (IPCC 2007c) von zentraler Bedeutung. Sie zeigen, dass der Zielkonflikt zwischen Wirtschaftswachstum und Klimaschutz in der Tat ausgeräumt werden kann. Für dieses Resultat gibt es zwei entscheidende Faktoren: Technologien und Institutionen. Bevor wir im nächsten Abschnitt die Institutionen diskutieren, wenden wir uns zunächst den technologischen Optionen zu, die ein kohlenstoffarmes Wirtschaftswachstum ermöglichen können.

Es können vier wesentliche Vermeidungsoptionen unterschieden werden, die jeweils ihre eigenen Herausforderungen mit sich bringen:

(1) Energieeffizienz und Brennstoffwechsel: Effizienzverbesserungen und der Einsatz von Brennstoffen mit geringerem Kohlenstoffgehalt, z. B. ein Wechsel von Kohle zu Gas, spielen vor allem in der nahen Zukunft eine wichtige Rolle. Der Wechsel von Kohle zu Gas hat jedoch seine Grenzen: Während die USA, China und Indien nur über begrenzte Gasvorkommen verfügen, ist Kohle dort relativ billig und reichlich vorhanden. Der Steigerung ihres Gasanteils an der Primärenergieversorgung sind daher Grenzen gesetzt. Im Bereich der Wärmedämmung bei Gebäuden zeigen sich jedoch große Potentiale der Emissionsverminderung, sogar zu negativen Kosten (etwa IPCC 2007c).

(2) Kohlenstoffabscheidung und -lagerung („Carbon Capture and Storage“ – CCS): Die Nutzung von Gas, Kohle und Biomasse in Kombination mit CCS – der Abscheidung und Speicherung des bei der Verbrennung entstehenden CO₂ in geologischen Formationen – ist eine weitere Vermeidungsoption. Für die USA, China, Indien und Russland könnte diese Option von großer Bedeutung sein, da sie ihre großen und vergleichsweise billigen Kohlevorkommen emissionsarm nutzen können. Die Verwendung von Biomasse in der Verstromung oder in der Herstellung von Treibstoffen in Verbindung mit CCS birgt sogar die Möglichkeit, negative CO₂-Emissionen zu erzeugen: Die Verbrennung von Biomasse ist bereits kohlenstoffneutral, da das Kohlendioxid von den Pflanzen in deren Wachstumsphase aus der Atmosphäre entnommen und absorbiert wurde; durch Einlagerung in den Untergrund werden dann negative Emissionen erzeugt. CCS-Technologien werden jedoch für eine großskalige Implementierung nicht vor 2020 verfügbar sein. Es gilt zudem eine Reihe von offenen Fragen zu klären, vor allem ob CO₂ sicher in geologischen Formationen gelagert werden kann und zu welchen Kosten.

(3) Erneuerbare Energien: Im Wettbewerb mit den fossilen sind viele erneuerbare Energietechnologien gegenwärtig noch nicht wettbewerbsfähig. Dies liegt vor allem daran, dass die Emissionen von Treibhausgasen derzeit nur in Europa – und dies erst seit kurzem und nicht in allen Sektoren – einen Preis haben. Auf Grund von Lerneffekten besteht bei erneuerbaren Energietechnologien jedoch ein bedeutendes Kostenreduktionspotential. Erneuerbare Energien werden in der Zukunft in großem Maß wettbewerbsfähig sein und wesentlich dazu beitragen, speziell in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts die Emissionen zu reduzieren. Wichtige (Forschungs-)Herausforderungen sind die technischen Möglichkeiten und Kosten der Einspeisung erneuerbarer Energien in moderne Netzinfrastrukturen, sowie das Management von Schwankungen etwa

des Stromangebots aus Erneuerbaren. Die Nutzung von Biomasse für die Energieproduktion ist zudem angesichts der Land- und Wassernutzungskonkurrenz mit der Lebensmittelproduktion besonders umstritten.

(4) Kernenergie: Die Kernenergie weist geringe spezifische CO₂-Emissionen auf, selbst wenn der Energiebedarf für das Fördern und die Weiterverarbeitung von Uran berücksichtigt wird. Die Rolle der Kernenergie ist jedoch auf Grund der begrenzten Uranressourcen eingeschränkt, falls nicht in großem Stil in geschlossene Brennstoffkreisläufe investiert wird, wie etwa den Schnellen Brüter. Da der Schnelle Brüter jedoch mit Plutonium betrieben wird, ist er mit einer Reihe weiterer Risiken behaftet. Darüber hinaus bestehen große Bedenken bezüglich der langfristigen Sicherheit in der geologischen Lagerung der nuklearen Abfälle, sowie der Proliferation nuklearen Materials für militärische oder terroristische Zwecke.

Die Grundbotschaft dieser Untersuchungen lautet: Es gibt nicht die eine „Wundertechnik“, sondern nur einen Mix von Vermeidungsoptionen. Allerdings sind nicht alle Optionen gleichermaßen wichtig. So kann man in Modellsimulationen die relative Bedeutung verschiedener Technologien untersuchen. Dabei geht man davon aus, dass eine Option wie z. B. CCS nicht zur Verfügung steht oder ein weiterer Ausbau z. B. der Kernenergie nicht erwünscht ist. Man stellt sich also die Frage, was es kosten würde, auf eine Technik zu verzichten und dabei das gleiche Vermeidungsziel zu erreichen. Dieses Experiment zeigt den „Optionswert“ einer Vermeidungstechnologie an: Steigen die Kosten beim Verzicht auf die Option stark an, ist sie relativ wertvoll, weil dann vergleichsweise teure Alternativtechnologien genutzt werden müssen. Unsere Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass eine Fixierung der Kernenergie auf ihr „business-as-usual“ Niveau die Vermeidungskosten nur geringfügig steigert. Der Optionswert für den Ausbau der Kernenergie ist also gering – sie kann zu geringen Kosten von anderen Optionen ersetzt werden. Sonnenenergie und CCS hingegen haben höhere Optionswerte – sie sind schwieriger zu ersetzen. Abhängig von den Annahmen über die zukünftigen Preise fossiler Energieträger könnte der Verzicht auf CCS sogar fast zu einer Verdoppelung der Vermeidungskosten führen.

Jede Vermeidungstechnologie hat ihre Chancen, Kosten und Risiken. Eine integrierte Bewertung ist daher eine wichtige Grundlage für Entscheidungen über die Ausgestaltung des zukünftigen Energiemixes. Vor diesem Hintergrund ist die Entwicklung eines breiten Portfolios von Technologien von zentraler Bedeutung, um sich gegen Risiken und Unsicherheiten abzusichern, die erst nach und nach durch gesellschaftliches

und technologisches Lernen verringert oder ausgeschaltet werden können. Entscheidend ist, dass die Wissenschaft der Öffentlichkeit nicht einfach ein einziges Szenario als vermeintlich „richtiges“ für den Klimaschutz dekretiert: Sie muss vielmehr deutlich machen, dass es mehr als einen Weg zur kohlenstoffarmen Weltwirtschaft gibt. Nicht die Wissenschaft entscheidet, welcher Weg gegangen werden soll, sondern eine demokratisch legitimierte Politik. Es ist lediglich die Aufgabe der Wissenschaft, zu prüfen, welche Wege gangbar sind, was sie kosten und mit welchen Risiken sie verbunden sind.

Oft genug jedoch erwarten Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft von der Wissenschaft nicht Aufklärung über gangbare Wege, sondern eine „richtige“ Lösung, die im Namen von Sachzwängen durchgesetzt werden muss und die keine Spielräume für Alternativen lässt. Die Nachfrage nach Sachzwängen ist groß – Politiker und Wirtschaftsführer können Entscheidungen leichter durchsetzen, wenn sie darauf hinweisen können, dass sie unter ihrem Diktat stehen. Die Wissenschaft wird sich dieser Forderung jedoch verweigern müssen, wenn demokratische Gesellschaften nicht in einem stahlharten Gehäuse der Hörigkeit enden wollen, in dem nicht mehr um Alternativen gerungen wird, sondern nur noch vermeintliche Sachzwänge exekutiert werden (vgl. auch Weber 1918).

3. Eckpunkte eines Global Contracts

Die technischen Probleme des Umbaus der Weltwirtschaft sind wahrscheinlich handhabbar. Die obigen Kostenabschätzungen sind jedoch unter der Voraussetzung berechnet, dass ein globaler Preis für Treibhausgase eingeführt wird. Wir stellen hier nicht die Frage, wie wahrscheinlich es ist, dass es zu einem internationalen Abkommen kommt, in dem dies vereinbart wird. Stattdessen skizzieren wir, welche *institutionellen* Elemente eine globale Klimaschutzarchitektur enthalten und welchen Prinzipien sie folgen sollte. Grundsätzlich muss eine internationale Klimaschutzarchitektur dreierlei leisten: Erstens gilt es, gefährlichen Klimawandel zu vermeiden. Zweitens müssen die ökonomischen Risiken und Kosten minimiert werden. Und drittens sollte die Vereinbarung „fair“ sein. Daher müssen Fragen der historischen Verantwortung und globaler Ungleichheiten bei der Lösung des Problems berücksichtigt werden. Jedes globale Klimaabkommen muss also drei Grundprinzipien genügen:

(1) **Ökologische Wirksamkeit:** Die globale Erwärmung sollte auf ein gesellschaftlich akzeptables und kontrollierbares Niveau begrenzt werden. Mit der Festlegung auf ein Temperatur- oder Konzentrationsziel wird zugleich die Arbeitsteilung zwischen Anpassung und Vermeidung bestimmt. Daher muss gewährleistet sein, dass dieses Ziel den Grenzen der Anpassung gerecht wird. Aber auch allzu ehrgeizige Vermeidungsziele können unbeabsichtigte Nebenwirkungen zeitigen, wenn man etwa an die extensive Nutzung der Biomasse denkt. Eine Begrenzung des Anstiegs der globalen Mitteltemperatur auf 2 °C stellt ein vernünftiges Ziel dar: Es verhindert gefährlichen Klimawandel zu moderaten Kosten und ermöglicht, dass sich vor allem die Entwicklungsländer noch an den auch damit verbundenen Klimawandel anpassen können.

(2) **Kosteneffizienz:** Das angestrebte Temperaturziel sollte mit geringsten volkswirtschaftlichen Kosten erreicht werden, um den Zielkonflikt zwischen Wirtschaftswachstum und Klimaschutz weitgehend zu entschärfen. Studien mit integrierten Makroökonomie-Energie-Modellen zeigen, dass eine Stabilisierung des Klimas bei 2 °C zu relativ geringen Kosten von weniger als 2 % des BIP möglich ist (Edenhofer u. a. 2006; Stern 2007; IPCC 2007c). Dies erfordert eine kluge Wahl von Politikinstrumenten auf nationaler und internationaler Ebene. Zentrale Voraussetzung der Kosteneffizienz ist die Etablierung eines globalen Preises für Treibhausgasemissionen in allen Sektoren und Ländern.

(3) **Verteilungsgerechtigkeit und Fairness:** Industrienationen sind für einen Großteil der historischen CO₂-Emissionen verantwortlich. Viele Entwicklungsländer mit geringen Einkommen, die am wenigsten zu diesem Problem beigetragen haben, werden dagegen am meisten vom Klimawandel betroffen sein. Die zentrale Herausforderung einer internationalen Klimapolitik besteht darin, sich diesem Dilemma zu stellen und eine gerechte Verteilung der Reduktionskosten von Treibhausgasemissionen sowie die Anpassung an den Klimawandel zu gewährleisten.

Vor diesem Hintergrund schlagen wir vor, dass eine internationale Klimaschutzarchitektur vier zentrale institutionelle Säulen enthalten sollte. Diese sind erstens ein globaler Kohlenstoffmarkt, der etwa durch die sukzessive Verknüpfung des europäischen Emissionhandelssystems mit den Systemen anderer Regionen entstehen könnte. Zweitens wird Kooperation bei der Entwicklung und Verbreitung treibhausgasarmer Technologien erforderlich sein. Drittens ist ein Mechanismus zur Verringerung der Emissionen durch Abholzung von Tropenwäldern erforderlich. Viertens schließlich bedürfen Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel internationaler Kooperation.

4. Neue Balance zwischen Freiheit und Gerechtigkeit

Es ist in der Tat ein Durchbruch, dass sich Wissenschaft und Politik im Jahr 2007 auf eine gemeinsame Wahrnehmung des Klimaproblems verständigt haben: Der Mensch ist hauptsächlich für den Klimawandel verantwortlich; wir riskieren einen gefährlichen Klimawandel; und ambitionierter Klimaschutz ist bezahlbar. Aber gerade die letzte Behauptung gilt nur unter der Voraussetzung, dass sich die Menschheit auf einen Global Contract einigt.

Die politischen Herausforderungen für den Global Contract sind groß, die Wahrscheinlichkeit, dass er gelingt, nur gering. Aber was würde geschehen, wenn er scheitert? Wir würden unseren Planeten in einer Weise verändern, die ohne historisches Vorbild ist. Die Hoffnung, die Menschheit könne sich auch bei einem Anstieg der globalen Mitteltemperatur um mehr als 5 °C noch zu moralisch akzeptablen Kosten an den Klimawandel anpassen, ist durch keinerlei historische Erfahrungen gedeckt.

Dagegen haben die industrialisierten Länder sehr wohl bereits Erfahrungen mit dem erfolgreichen Umbau von Industriegesellschaften gemacht. Die Politik kann darauf vertrauen, dass Marktwirtschaften auch mit vorübergehend steigenden Preisen für CO₂ fertig werden, denn die Überwindung von Knappheiten war immer schon die große Stärke freier Märkte. Ohnehin wäre der Umbau des Energiesystems am Ende dieses Jahrhunderts unvermeidbar, wenn die fossilen Energieträger knapp und unbezahlbar werden. Nun muss der Umbau der Weltwirtschaft wegen des Klimawandels früher angepackt und schneller durchgeführt werden. Mit innovativen Marktwirtschaften hat die Menschheit bislang gute Erfahrungen gemacht; mit gefährlichem Klimawandel würde sie aller Voraussicht nach schlechte machen.

Es ist nicht zu bestreiten, dass die Begrenzung der Treibhausgasemissionen einen Einschnitt in die Weltwirtschaft darstellen würde. Die Lösung des Klimaproblems verlangt eine Neubestimmung von Markt und Staat, von Unilateralismus und Multilateralismus. Es geht am Ende um eine neue Balance von Freiheit und Gerechtigkeit. Aber auch darin können freie Gesellschaften auf historische Erfahrungen zurückgreifen. In ihren großen Bewährungsproben mussten sie immer wieder um eine neue Balance von Freiheit und Gerechtigkeit ringen. Wie immer diese neue Balance in einem Global Contract genau bestimmt werden wird, das Klimaproblem zeigt uns erneut, dass es Freiheit ohne Gerechtigkeit nicht geben kann.

Anmerkungen

- 1 Der IPCC wird im Deutschen als Weltklimarat bezeichnet. Er wurde im Jahre 1988 von den Vereinten Nationen als zwischenstaatliche Kommission für Klimaveränderungen gegründet und bündelt die auf diesem Gebiet erzielten Forschungsergebnisse.

Literatur

- Edenhofer, O., K. Lessmann, C. Kemfert, M. Grubb, J. Köhler. Induced Technological Change: Exploring its Implications for the Economics of Atmospheric Stabilization: Synthesis Report from Innovation Modeling Comparison Project. *The Energy Journal*, Special Issue 2006, 57 – 107.
- Edenhofer, O., G. Luderer, C. Flachsland, H.-M. Füssel, A. Popp, B. Knopf, G. Feulner, H. Held. 2008a. A Global Contract on Climate change. Background paper for the conference “A Global Contract Based on Climate Justice: The Need for a New Approach Concerning International Relations” at Brussels, 11 November 2008.
- Edenhofer, O., M. Haller, M. Lueken, N. Bauer 2008b. The role of nuclear power, renewables, energy efficiency, carbon capturing and storage in low stabilization scenarios. In preparation for the *Energy Journal* (2008).
- EM-DAT 2008. The international emergency disasters database. Im Internet: <http://www.emdat.be/>
- IEA (International Energy Agency) 2007. *World Energy Outlook 2007*. International Energy Agency, Paris.
- IPCC 2007a. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)], Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- IPCC 2007c. *Climate Change 2007: Mitigation*, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds.)], Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- Sombart, W. 1928. *Der Moderne Kapitalismus*. 3. Band, München, Berlin.
- Stern, N. 2007. *The Stern Review on the Economics of Climate Change*, Cambridge.
- Wallacher, J., K. Scharpenseel (Hg.) 2008. *Klimawandel und globale Armut (Globale Solidarität – Fragen einer neuen Weltkultur, Band 18)*, Stuttgart.
- WBGU 2006. *Die Zukunft der Meere – zu warm, zu hoch, zu sauer*. Berlin.
- WBGU 2008. *Welt im Wandel – Sicherheitsrisiko Klimawandel*, Berlin, Heidelberg.
- Weber, M. 1918. *Parlament und Regierung im neugeordneten Deutschland*. In: *Gesammelte Politische Schriften*, hg. v. Johannes Winckelmann (Tübingen, 1988)

Zur Person der Verfasser

Professor Dr. Ottmar Edenhofer ist stellvertretender Direktor und Chefökonom am Potsdam-Institut für Klimaforschung (PIK). Er ist Lehrstuhlinhaber für die Ökonomie des Klimawandels an der Technischen Universität Berlin und leitet den Forschungsbereich III – Nachhaltige Lösungsstrategien am PIK. Anfang September 2008 wurde er zu einem der Vorsitzenden des Weltklimarates IPCC gewählt.

Christian Flachsland ist Doktorand im Forschungsbereich III am PIK. In seiner Dissertation behandelt er die Frage der internationalen Verknüpfung von Emissionshandelsmärkten im Kontext einer zukünftigen Klimapolitik.

Dr. Gunnar Luderer hat Physik, Atmosphärenwissenschaften und VWL studiert. Als Post-Doc im Forschungsfeld III beschäftigt er sich mit integrierten Konzepten der internationalen Klimapolitik und interessiert sich für die Analyse verschiedener Politikinstrumente.