

Globale Klimapolitik jenseits harmloser Utopien

Ottmar Edenhofer, Brigitte Knopf, Gunnar Luderer¹

Zusammenfassung:

Die internationale Staatengemeinschaft hat sich darauf verständigt, den Klimawandel auf 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, ohne jedoch dieses Ziel völkerrechtlich verbindlich festzulegen. Angesichts der Dringlichkeit des Problems benötigt die Klimapolitik aber einen klaren Blick für die historischen Herausforderungen und einen konkreten Fahrplan für deren Bewältigung. Das Grundproblem der politischen Umsetzung des Klimaschutzes besteht in der Tatsache, dass die Ressourcenrenten der Besitzer von Kohle, Öl und Gas durch den Emissionshandel in eine Klimarente überführt werden. Die Verteilungskonflikte über diese Klimarente dürfen nicht zu dominant werden, ansonst wird das Klimaproblem unlösbar. Durch die Mobilisierung von emissionsfreien Techniken kann das Ausmaß dieser Rentenumverteilung aber eingedämmt werden. Eine sinnvolle Architektur der Klimapolitik muss deshalb eine Konkretisierung des 2°C-Ziels über ein Kohlenstoffbudget beinhalten, eine Aussage über die Verteilung dieses Budgets treffen und einen institutionellen Rahmen für einen globalen Emissionshandel schaffen.

¹ Prof. Dr. Ottmar Edenhofer, TU Berlin, ist Chefökonom am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung und einer der Vorsitzenden im Weltklimarat (IPCC). Dr. Brigitte Knopf und Dr. Gunnar Luderer sind Wissenschaftler am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Wir danken Jan Steckel und Matthias Kalkuhl für die Erstellung der Abbildungen 4 und 5.

English Title:

From utopia to common sense: global climate policy that works

Abstract

The international community is committed to avoid dangerous climate change by limiting global warming to no more than 2°C. At the same time, negotiators struggle to make the required emissions reductions binding under international law and to agree on a burden-sharing among nations that is in line with this objective. Given the urgency of the problem, climate policy needs to take an honest view on the historical challenge ahead and develop a precise roadmap for stabilizing the climate system. Climate policies will diminish the rents of coal, oil and gas resource owners and create a new climate rent. This climate rent is reflected in the price of carbon and it arises due to the scarcity of the remaining atmospheric carbon budget. The enormous welfare redistribution implied by this transfer of rents lies in the heart of the political bargaining over a global climate deal. Technological innovation and the promotion of carbon-free technologies will be crucial to keep the redistribution volume within realistic bounds. Reasonable climate policy architecture thus needs to specify a binding overall carbon budget that is in line with the 2°C target, spell out the regional distribution of this budget and create the institutional framework for a global carbon market.

Die internationale Staatengemeinschaft hat sich auf das 2°C-Ziel verständigt, ohne dieses Ziel völkerrechtlich bindend festzulegen. Es ist fraglich, ob es bei den Klimaverhandlungen in Kopenhagen im Dezember 2009 dazu kommen wird, dass sich die Staaten auf dieses Ziel verbindlich festlegen werden. Auch ist offen, ob die Verhandlungen die Bereitschaft erkennen lassen, die notwendigen Mittel zu ergreifen, um dieses Ziele auch Realität werden zu lassen. Die Klimapolitik benötigt daher einen klaren Blick für die historischen Herausforderungen, vor denen die Menschheit steht. Die Klimaverhandlungen drohen sich im Feilschen über belanglose Details zu verstricken. Dabei gerät die Jahrhundertaufgabe zunehmend aus dem Blick. Zunächst sollten wir uns daher auf die wesentlichen Fragen besinnen und uns vergegenwärtigen, welche Eckpfeiler ein internationales Abkommen umfassen muss. Erst auf dieser Basis lassen sich die Kompromisse in den Verhandlungen bewerten. Die internationale Klimapolitik verliert jede Glaubwürdigkeit, wenn sie einerseits ehrgeizige Ziele formuliert, andererseits aber nicht einmal im Ansatz die Bereitschaft erkennen lässt, die dazu notwendigen Mittel zu ergreifen. Eine sinnvolle Architektur der Klimapolitik muss sich nicht ausschließlich, aber doch hauptsächlich, auf drei Eckpfeiler stützen:

1. Einigung über die Menge an Kohlenstoff, die noch bis zum Ende des Jahrhunderts in der Atmosphäre abgelagert werden soll.
2. Verteilung der Emissionsrechte nach einem gerechten Schlüssel auf alle Nationen.
3. Schaffung der institutionellen Voraussetzungen für einen globalen Emissionshandel.

Höchstwahrscheinlich werden die Verhandler in Kopenhagen nicht über all diese Aspekte Einigkeit erzielen können. Zunächst ist es aber auch viel wichtiger, dass zumindest eine Architektur für ein globales Abkommen erkennbar wird, die dieser Logik folgt.

Begrenzter Deponieraum der Atmosphäre

Eckpfeiler 1: Der Deponieraum der Atmosphäre ist begrenzt. Will man gefährlichen Klimawandel vermeiden, so dürfen wir ab heute bis Mitte des Jahrhunderts noch etwa 830 Gigatonnen CO₂ aus der Verbrennung fossiler Energieträger in der Atmosphäre ablagern, wenn wir das 2°C-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 75% erreichen wollen (Knopf et al., 2009). In den letzten zehn Jahren haben wir etwa 260 Gigatonnen CO₂ abgelagert – wenn wir in diesem Tempo weitermachen, wäre der Deponieraum in etwas mehr als 30 Jahren erschöpft. Es muss also ein Umbau des Energiesystems stattfinden. Nur so können wir das Risiko senken, dass der Meeresspiegel dramatisch ansteigt, die Ozeane versauern, der Monsun sich in China und Indien verändert. Kopenhagen wäre bereits ein Erfolg, wenn sich die Weltgemeinschaft auf ambitionierten Klimaschutz einigen könnte, denn über das globale Kohlenstoffbudget muss rasch eine Einigkeit erzielt werden. In Kopenhagen muss es darum gehen, das 2°C-Ziel, dessen Bedeutung

nun auch die führenden Industriestaaten G-20 anerkannt haben (Major Economies Forum, 2009) zu präzisieren, um ihm eine klimapolitisch klare Definition zu geben. Würde man nämlich die Wahrscheinlichkeit von 75% auf 50% reduzieren, würde sich das Kohlenstoffbudget um mehr als 100 Gigatonnen CO₂ erhöhen und die Vermeidungskosten geringer ausfallen (siehe Knopf et al., 2009). Mit welcher Wahrscheinlichkeit das 2°C-Ziel erreicht werden soll, hängt davon ab, wie hoch die Verhandlungsführer das Vorsichtsprinzip gewichten. Diese Gewichtung wiederum wird davon bestimmt, wie hoch die zu erwartenden Risiken des Klimawandels sind und mit welchen volkswirtschaftlichen Kosten die Einhaltung eines globalen Kohlenstoffbudgets verbunden ist. Die volkswirtschaftlichen Kosten der Vermeidung hängen wiederum entscheidend davon ab, wie schnell ein globales Klimaabkommen erreicht wird und welche Technologien zur Verfügung stehen.

Es stellt sich daher die Frage, wie sich der Umbau des weltweiten Energiesystems vollziehen müsste, das mit diesem Ziel annähernd vereinbar wäre. So zeigt Abbildung 1a eine Projektion für den Business-as-usual-Fall und zwei Klimaschutzszenarien. Abbildung 1b) zeigt den notwendigen Umbau des Energiesystems für ein Klimaschutzziel, das einer Wahrscheinlichkeit von 15% entspricht, das 2°C-Ziel zu erreichen. Abbildung 1c) zeigt einen Pfad, der das 2°C-Ziel mit einer Wahrscheinlichkeit von 75% einhält. In beiden Fällen wird zweierlei deutlich. Erstens, das Energiesystem hat in den letzten drei Dekaden keine wesentliche Änderung erfahren; es ist ein von den fossilen Energieträgern dominiertes Energiesystem. Zweitens, der Primärenergieverbrauch wird im Verlauf des 21. Jahrhunderts erheblich steigen. Soll dieser Anstieg klimaverträglich gestaltet werden, werden vor allem die erneuerbaren Energieträger, die Kohlenstoffabscheidung und unterirdische Einlagerung (CCS) in der Kohle- und Gasnutzung, aber auch die Nutzung der Biomasse in Verbindung mit CCS eine große Rolle spielen. Letztere Option ist vor allem darum besonders wichtig, weil sie der Atmosphäre CO₂ entziehen kann und so die Erzeugung von „negativen Emissionen“ erlaubt. Dies setzt aber voraus, dass die Nutzung von Biomasse kohlenstoffneutral gestaltet werden kann. Es ist bislang eine offene Frage, in welchem Umfang dies tatsächlich möglich sein wird. Auch die Frage bezüglich der Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion ist noch nicht ausreichend geklärt. Ebenso ist die CCS-Technologie heute noch nicht kommerziell verfügbar. Abbildung 1 zeigt weiterhin, dass die Bedeutung der erneuerbaren Energieträger umso stärker hervortritt, je ambitionierter das Klimaschutzziel ist. Die erneuerbaren Energien verdrängen jedoch die anderen Optionen nicht. Dies gilt in geringerem Maße auch für die Kernenergie. Da die Machbarkeit von CCS, des massiven Ausbaus von Erneuerbaren oder der Kernenergie noch nicht gesichert ist, kann man die Frage stellen, wie stark sich die Kosten erhöhen würden, wenn diese Optionen nicht oder nur in einem begrenzten Maße zur Verfügung stehen. In einem Modellvergleich hat das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung diese Frage zu beantworten versucht (siehe Abbildung 2). Dabei zeigt sich, dass die volkswirtschaftlichen Kosten des Klimaschutzes vor allem davon abhängen, in welchem Maße eine nachhaltige Nutzung von Biomasse zur Verfügung steht. Bei einer Biomassenutzung von weniger als 100 EJ pro Jahr („Halbiertes Biomasse-Potential“ in Abbildung 2) steigen die volkswirtschaftlichen Wohlfahrtsverluste teilweise um das Doppelte. Sollte sich herausstellen, dass für CCS nur geringer Speicherplatz zur

Verfügung steht, steigen die Vermeidungskosten ebenfalls stark an („Begrenztes CCS-Potential“). Steht die CCS-Option für die Kohle- und Gasnutzung und vor allem in Kombination mit der Biomasse-Nutzung gar nicht zur Verfügung („ohne CCS“), so werden sich ambitionierte Klimaziele wahrscheinlich nicht erreichen lassen; dies gilt ebenfalls für den Fall, dass der Anteil der erneuerbaren Energieträger nicht drastisch erhöht werden kann („kein Ausbau der Erneuerbaren“). Auf den Ausbau von Kernenergie (von einem relativ hohen Niveau im Business-as-usual-Fall ausgehend) kann dagegen fast kostenneutral verzichtet werden (nur geringe Mehrkosten für ein Szenario „ohne Ausbau von Kernenergie“), ein Ausstieg aus der Kernenergie wäre mit erhöhten Kosten zu erreichen. Damit zeigt sich deutlich, dass es ohne technischen Fortschritt im Energiesektor keinen ambitionierten Klimaschutz geben kann. Der technische Fortschritt ermöglicht es auch, dass die volkswirtschaftlichen Kosten des weltweiten Klimaschutzes bei 1-2,5% Verlust des Bruttosozialprodukts und auf einem, verglichen mit den potentiellen Schäden des gefährlichen Klimawandels, moderaten Niveau gehalten werden können.

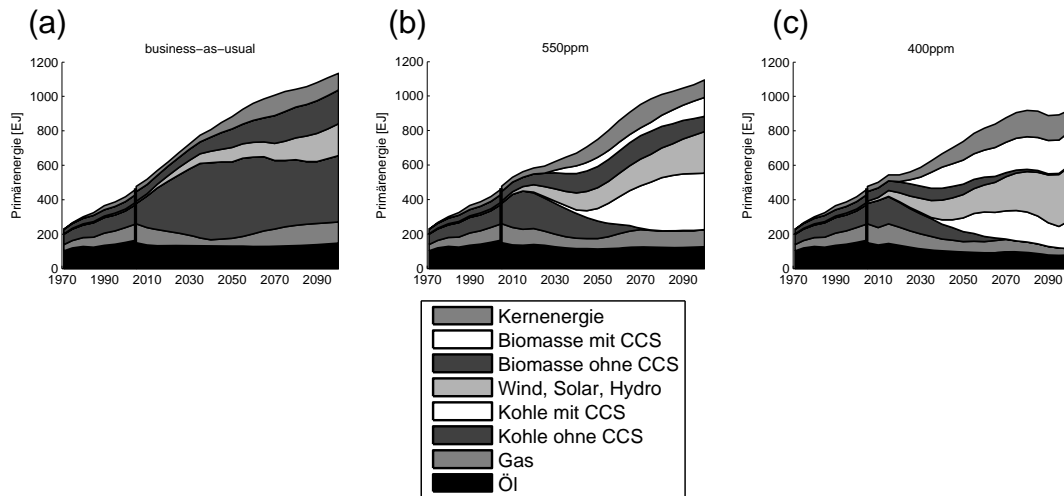


Abbildung 1: Transformation des weltweiten Energiesystems

Transformation des Energiesystems für den Business-as-usual-Fall und zwei Klimaschutzziele (550 und 400 ppm), die mit ca. 15% bzw. ca. 75% das 2°C-Ziel einhalten. Quelle: Knopf et al. (2009). Historische Daten: IEA (2007).

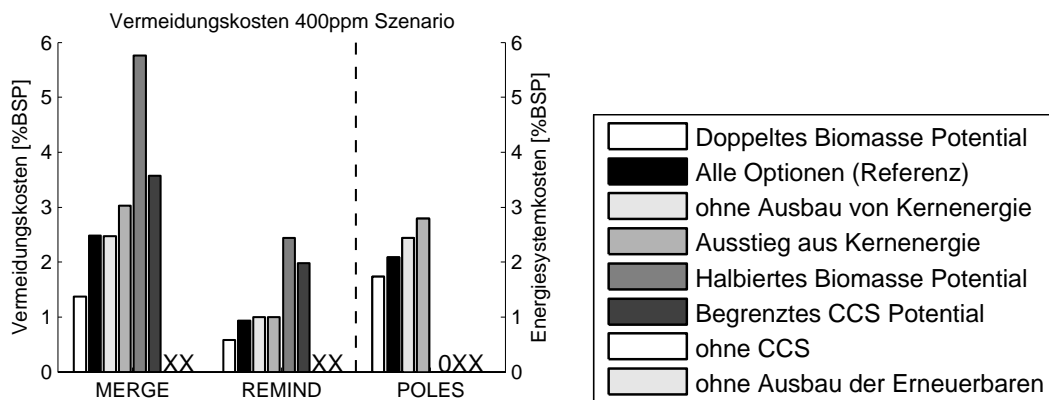


Abbildung 2: Globale Vermeidungskosten für verschiedene Technologieszenarien für die Modelle MERGE, REMIND und POLES

Globale Vermeidungskosten für ein 400ppm Szenario (berechnet als Welt-Bruttonettoproduktverluste von 2005-2100 gegenüber einem Business-as-usual-Szenario) bei verschiedenen Technologieszenarien für die Energiesystem-Ökonomie-Modelle MERGE, REMIND und POLES (Quelle: Knopf et al., 2009). Ein „X“ bedeutet, dass das Klimaschutzziel unter diesen technischen Restriktionen nicht erreichbar ist; ein „0“ bedeutet, dass das entsprechende Szenario nicht gerechnet wurde. Im Referenzfall (schwarz) stehen alle Technologien zur Verfügung.

Das hier dargestellte Energieszenario ist vergleichbar mit den Energieszenarien der IEA oder auch des IPCC: Nur ein Portfolio von Vermeidungsoptionen erlaubt einen ambitionierten Klimaschutz. Allerdings sollte durch diese Aussage nicht der Eindruck entstehen, als gäbe es nur einen Weg zu einer CO₂-armen Weltwirtschaft. So ist es durchaus möglich, etwa den Einsatz von CCS bzw. den Ausbau von Kernenergie zu begrenzen, weil der großskalige Einsatz diese Techniken als zu risikoreich empfunden wird oder weil es für sie eine zu geringe Akzeptanz gibt. Man wird im Falle des Verzichts auf CCS eben dann entsprechend höhere volkswirtschaftliche Kosten hinnehmen müssen (siehe Abbildung 2). Die Abwägung zwischen den zusätzlichen volkswirtschaftlichen Kosten und den verminderten Risiken kann die Wissenschaft nicht präjudizieren, sondern hierzu ist eine öffentliche Debatte notwendig. Aus diesem Grund ist der IPCC in den letzten Jahren vermehrt dazu übergegangen, auch Szenarien zu explorieren und zu bewerten, die Extremszenarien darstellen. Als Extremszenarien können solche gelten, die einer Vermeidungsoption einen besonders hohen Anteil am gesamten Portfolio der Vermeidungsoptionen einräumen oder ganz ohne diese Option auskommen, seien es die erneuerbaren Energieträger, sei es die Kernenergie oder CCS. Der Wert dieser Extremszenarien besteht darin, dass sie der Öffentlichkeit eine offene Diskussion über den künftigen Pfad der Energiewirtschaften in Zeiten der Klimapolitik ermöglichen. Auch bei einer ambitionierten Klimapolitik gibt es nicht nur einen, sondern mehrere Wege zum Ziel. Das ist einer der wichtigsten Botschaften, die der IPCC in seinem Vierten Sachstandsbericht (IPCC, 2007) formuliert hat: Die Menschheit hat die Techniken zur Verfügung, die ihr einen ambitionierten Klimaschutz zu akzeptablen Kosten erlauben. Mit anderen Worten, es ist für die Menschheit möglich, bis zur Mitte dieses Jahrhunderts mit einem Kohlenstoffbudget von annähernd 830 Gigatonnen

auszukommen. Die entscheidende Frage ist jedoch, wie hoch die nationalen Kohlenstoffbudgets ausfallen und damit wie die Vermeidungskosten für die Spieler im internationalen Klimapoker aufgeteilt werden.

Eckpfeiler 2: Ein internationales Klimaabkommen wird aber nur dann erreicht werden können, wenn die beteiligten Nationalstaaten ein nationales Budget für ihre Emissionen akzeptieren. Dieser Kuchen der globalen Emissionsrechte kann entweder als einmaliges Gesamtbudget verteilt werden oder als globale Emissionsobergrenze, die im Zeitverlauf so abgesenkt werden muss, dass die Summe der nationalen Emissionen nicht höher ist als das vereinbarte globale Budget.

Da die Schäden des Klimawandels primär von den kumulierten Emissionen und nicht von jährlichen Emissionen abhängen, besteht jedoch die Möglichkeit, diese intertemporale Flexibilität zu nutzen und die Emissionen zeitlich so zu reduzieren, dass damit die Wohlfahrts- und Wachstumsverluste der beteiligten Volkswirtschaften minimiert werden. In der Vergangenheit wurden von vielen Forschungsgruppen ökonomisch optimale Emissionspfade berechnet, die mit verschiedenen Kohlenstoffbudgets kompatibel sind. So würde eine mehr als 50%ige Chance für die Einhaltung des 2°C-Zieles erfordern, dass die globalen Emissionen bis zum Jahr 2050 mindestens um die Hälfte gegenüber dem Jahr 1990 reduziert werden müssten. Dabei müssten die Industriestaaten ihre Emissionen um etwa 80% gegenüber dem Niveau von 1990 absenken (IPCC, 2007). Für die internationalen Klimaverhandlungen sind Aussagen dieser Art jedoch wenig hilfreich. Denn um das Reduktionspotential eindeutig festzulegen, muss man sich auf ein Basisjahr einigen. Darüber hinaus hängt der Prozentsatz mit dem jährlich reduziert werden muss, von einem Referenzszenario ab. Das Referenzszenario bildet den hypothetischen Emissionsverlauf ab, der sich ohne Klimapolitik ergäbe. Geht man von hohen Emissionen im Referenzszenario aus, werden die notwendigen Emissionsreduktionen höher ausfallen als im Vergleich zu einem niedrigen Referenzszenario. Diese Unsicherheiten könnten die Verhandlungsführer nutzen, indem sie ein hohes Referenzszenario voraussetzen, um dann scheinbar hohe Minderungen zu versprechen. Durch den Bezug auf einen hypothetischen und daher spekulativen Emissionsverlauf werden die Verhandlungen mit unnötigen Unsicherheiten über die künftigen wirtschaftlichen, technischen und demographischen Entwicklungen belastet. Wäre das Referenzszenario mit Sicherheit bekannt, ließe sich sowohl ex-ante als auch ex-post jedes Minderungsszenario in ein Budget umrechnen und umgekehrt. Da aber das Referenzszenario eine große Unbekannte ist, ist eine ex-ante-Einigung auf ein nationales Kohlenstoffbudget der einzig sinnvolle Weg, Klarheit über die Zielvereinbarungen herzustellen. Diese Motivation war wohl auch ausschlaggebend für das jüngste WBGU-Gutachten (WBGU, 2009), in dem der Vorschlag unterbreitet wurde, nicht mehr über Minderungsszenarien, sondern über nationale Kohlenstoffbudgets zu verhandeln².

Verteilung der Verschmutzungsrechte

² Der Budgetansatz des WBGU erkennt klar, dass die ex-ante-Festlegung eines Budgets die Verteilungsfragen transparent werden lässt. Die ökonomischen Implikationen des Budgetansatzes sind jedoch noch nicht befriedigend ausgeleuchtet, weil unklar bleibt, mit welchen Instrumenten die Umsetzung erfolgen soll und wie die zeitliche Flexibilität gesichert werden kann.

Ein weiterer Vorteil des Budgetansatzes (oder auch einer zeitlichen Emissionsobergrenze) gegenüber rein prozentualen Reduktionsverpflichtungen ist jedoch nicht nur die nationalen Verpflichtungen zu präzisieren, sondern auch die Verteilungskonflikte explizit auf den Tisch zu legen: Die einzelnen Nationalstaaten werden nämlich unterschiedliche Vorstellungen über einen gerechten Verteilungsschlüssel haben. Aus Sicht der Entwicklungs- und Schwellenländer wäre ein gleiches Kohlenstoffbudget pro Kopf vorteilhaft; für die Industrieländer wäre eine Verteilung nach Sozialprodukt besonders vorteilhaft. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die volkswirtschaftlichen Kosten, die durch globale Klimapolitik entstehen, nicht nur durch (i) die Zuteilung der Emissionsrechte bestimmt werden, sondern auch durch (ii) nationale Vermeidungskosten und Potentiale für klimafreundliche Technologien sowie (iii) die Entwertung fossiler Ressourcenbestände, die vor allem bei erdöl- und gasexportierenden Ländern zu Buche schlägt.

Über die Stärke dieser drei Effekte lässt sich nur etwas im Rahmen von Modellrechnungen aussagen. Beispielhaft sei dies an einem Szenario demonstriert, das mit dem Modell REMIND gerechnet wurde (siehe Abbildung 1). Die Industrieländer haben relativ geringe Konsumverluste zu tragen, da sie relativ rasch in den Ausbau der erneuerbaren Energien, in die Erhöhung der Energieeffizienz, in die Abscheidung und Einlagerung von Kohlenstoff (CCS), aber auch in die Kernenergie investieren können.

Der Nahe Osten hat hingegen sehr hohe Verluste zu verzeichnen, weil der Wert von Öl und Gas sinkt und sie weniger davon verkaufen können, was ihre Ressourcenrenten drastisch reduziert. Man kann es auch anders ausdrücken: Durch die Festlegung eines Kohlenstoffbudgets werden die Renten der Besitzer von Kohle, Öl und Gas entwertet und durch eine Klimarente ersetzt; diese Klimarente ist Gegenstand der Verteilungskonflikte. Es wundert nicht, dass gerade jene Länder, die aus der Nutzung von Öl und Gas hohe Renten erzielten, diese durch die Klimapolitik weitgehend verlieren. Interessant ist jedoch, dass sich einige Länder der Entwertung ihrer Ressourcenrenten entziehen können. So müsste zwar Russland seine Gasexporte verlangsamen, könnte jedoch im Falle einer ambitionierten Klimapolitik auf Biomasse in Verbindung mit CCS setzen. Russland würde dann Biogas herstellen und trüge in Verbindung mit CCS dazu bei, dass CO₂ aus der Atmosphäre entzogen wird. Auch die Besitzer von Kohle könnten ihre Rentenverluste durch die Einführung von CCS reduzieren. Dies ist auch der Grund, warum die CCS-Technik für die Klimapolitik von großer Bedeutung ist.

Länder hingegen, die wesentlich mehr Emissionszertifikate zugeteilt bekommen, als sie selber nutzen, können diese verkaufen und teilweise sogar Gewinne erzielen, wie es das Modell z. B. für Afrika zeigt (siehe Abbildung 3).

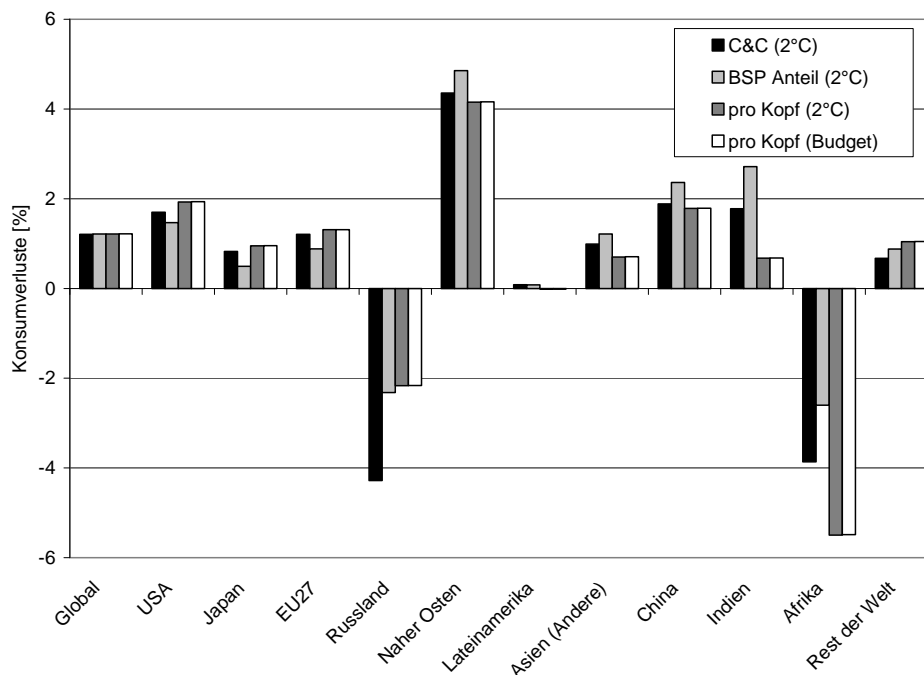


Abbildung 3: Regionale Vermeidungskosten für unterschiedliche Allokationsregeln der Emissionsrechte

Regionale Vermeidungskosten (2005-2100) berechnet mit REMIND für ein 2°C-Ziel mit 75% Einhalte-Wahrscheinlichkeit bzw. für ein äquivalentes CO₂-Budget von 770 GtCO₂ bis 2050. Das 2°C-Ziel bzw. das Budget wird bei allen Verteilungsregeln eingehalten, lediglich die Zuteilung verändert sich: sie erfolgt gemäß Bevölkerungsanteil („pro Kopf“), Anteil am Welt-Bruttosozialprodukt („BSP-Anteil“) und „Contraction and Convergence“ („C&C“). Bei C&C werden den einzelnen Ländern in einem festgelegten Ausgangsjahr (hier 2005) so viele Emissionsrechte zugestanden wie es ihren tatsächlichen Emissionen entspricht. Im zeitlichen Verlauf ändert sich dieser Verteilungsschlüssel so, dass 2050 jeder Mensch über gleiche Pro-Kopf-Rechte verfügt.

Zwischen dem Budgetansatz und der Zuteilung auf der Basis einer zeitlich flexiblen Emissionsobergrenze gibt es darum keinen Unterschied, weil die Emissionsobergrenze kostenminimal bzw. wohlfahrtsoptimal berechnet wurde. Der Budgetansatz hat daher volkswirtschaftlich keine anderen Implikationen als das 2°C-Ziel, bei dem die Emissionsrechte nach der Pro-Kopf-Regel verteilt werden und bei der die Emissionsobergrenze wohlfahrtsoptimal berechnet wurde.

Zudem wird aus Abbildung 3 deutlich, dass der Einfluss der drei Verteilungsregeln auf die volkswirtschaftlichen Konsumverluste relativ gering ist verglichen mit den Unterschieden zwischen den Regionen. Dieser vergleichsweise geringe Unterschied ist im wesentlichen der Tatsache geschuldet, dass die Annahmen über den technischen Fortschritt in dem Modell REMIND relativ optimistisch sind. In Modellen, die eine geringe volkswirtschaftliche Flexibilität voraussetzen, ist der Einfluss der Zuteilung der Emissionsrechte auf die volkswirtschaftlichen Konsumverluste höher, weil höhere Kohlenstoffpreise entstehen und somit größere Renten verteilt werden. Dieser Sachverhalt wird in Abbildung 4 gezeigt: So zeigen Modelle mit geringer technischer Flexibilität einen stärkeren Einfluss der Verteilungsregeln auf die regionalen

Vermeidungskosten als Modelle mit hoher technischer Flexibilität. Daraus lässt sich eine gewichtige Schlussfolgerung ziehen: Je höher die technische Flexibilität, je effizienter die Kapitalmärkte bei der Mobilisierung von Investitionen in kohlenstoffarme Techniken sind, desto geringer sind die Renten, die verteilt werden müssen und um so geringer werden die Verteilungskonflikte sein.

Abbildung 4 zeigt darüber hinaus, dass die Unsicherheiten über die regionale Verteilung der Vermeidungskosten noch beträchtlich sind. Der Grund dieser Unsicherheit besteht darin, dass die (Modell)-Annahmen darüber, wie leicht sich Volkswirtschaften dekarbonisieren lassen und welche technischen Potentiale für die einzelnen Technologien bestehen, noch weit auseinandergehen. Um diese Unsicherheit bei der Abschätzung der regionalen Kosten zu reduzieren, sollten die Regierungen in darauf hinwirken, dass ein internationales Expertengremium mit diesen Kostenabschätzungen beauftragt wird. Die internationale Arbeit an diesem Zahlenwerk schafft gegenseitiges Vertrauen und eine gemeinsame Basis für rasche Verhandlungen.

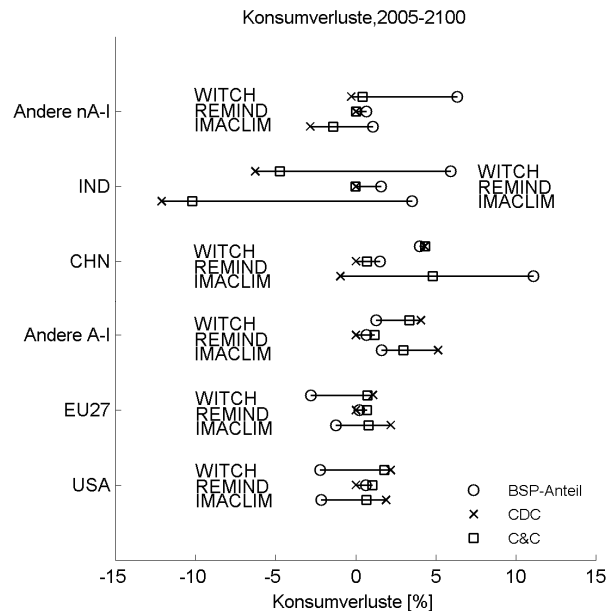


Abbildung 4: Regionale Vermeidungskosten für drei Modelle und unterschiedliche Allokationsregeln

Regionale Vermeidungskosten (2005-2100) für drei verschiedene Energie-Ökonomie-Modelle für die Verteilungsschlüssel nach BSP-Anteil, nach „Common but Differentiated Convergence“ (CDC) und nach „Contraction and Convergence (C&C)“. Der CDC-Ansatz sieht vor, dass die Emissionen der Entwicklungsländer zunächst bis zu einer Obergrenze ansteigen dürfen, bevor auch sie Minderungen erbringen müssen. Für die anderen Schemata siehe Legende von Abbildung 1. Für REMIND, das Modell mit der größten technologischen Flexibilität und niedrigen CO₂-Preisen, ergibt sich ein geringer Einfluss der Zuteilung der Emissionsrechte auf die regionalen Kosten (kleine Spannbreite). Bei WITCH, ein Modell, das eine geringere technologische Flexibilität annimmt, und IMACLIM, das aufgrund von weitgehend myopischen Investoren eines hohen CO₂-Preises bedarf, ergibt sich eine deutlich höhere Spannbreite. AI: Annex-I, nA-I: nicht-Annex-I. Quelle: Luderer et al. (2009).

Einrichtung einer Klimazentralbank

Eckpfeiler 3: Aus der Perspektive der Wirtschaftstheorie sind Steuer und Emissionshandel in einer Welt ohne Unsicherheit äquivalent. Es galt bislang als ein volkswirtschaftlicher Allgemeinplatz, dass sich die allokativen Wirkungen von Steuern und Mengeninstrumenten nicht unterscheiden, wenn die Klimaschäden und/oder die Kosten der Vermeidung bekannt sind. Asymmetrische Informationen beim sozialen Planer und den Firmen über Schäden und Kosten können jedoch dazu führen, dass beide Instrumente nicht mehr äquivalent sind. Dieser von Weitzman (1974) entwickelte Bezugsrahmen wurde jedoch zunächst für das Klimaproblem nicht als angemessen betrachtet, weil im ursprünglichen Weitzman-Modell lediglich die jährlichen Emissionen Umweltschäden verursachen („Flow-Problem“). Das Klimaproblem ist jedoch ein „Stock-pollutant“-Problem, bei dem die Schäden des Klimawandels durch das kumulierte Budget an Emissionen bestimmt werden, also durch den Bestand der in der Atmosphäre abgelagert wird. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass die grundlegenden Aussagen des Weitzman-Modells auch für ein „Stock-Problem“ erhalten bleiben. So konnten Newell und Pizer (2003) zeigen, dass unter bestimmten Annahmen kurzfristig eine Steuer von Vorteil ist, langfristig jedoch der Emissionshandel als Mengeninstrument zu bevorzugen sei. Der Grund ist, dass die Schadensfunktion wegen der Akkumulation der Emissionen langfristig steiler sein wird als die Kosten der Emissionsvermeidung, die ja nicht vom Bestand, sondern von Emissionsflüssen abhängen. Unter der Voraussetzung einer langfristig „steilen“ Schadensfunktion konnte jedoch schon im ursprünglichen Weitzman-Modell die Vorteilhaftigkeit der Mengensteuerung abgeleitet werden. Allerdings würde man im Lichte dieser Ergebnisse kurzfristig eine Steuerlösung bevorzugen und erst langfristig für den Emissionshandel optieren. Es stellt sich allerdings die Frage, ob der gewählte Modellrahmen für das Klimaproblem überhaupt sinnvoll ist. Denn in diesem Modellrahmen spielt ein sozialer Planer oder eine wohlmeinende Regierung gegen die „Natur“. Unsicher sind dabei die künftigen Klimaschäden und/oder die Vermeidungskosten. Damit kommt aber das entscheidende Problem der Ökonomie des Klimawandels gar nicht in den Blick. Das Grundproblem der Ökonomie des Klimawandels wird nämlich erst deutlich, wenn man die Frage stellt, wer heute de facto das Eigentumsrecht an der Atmosphäre hat. Die Besitzer fossiler Ressourcen (Kohle, Öl, Gas) können bislang ihre Ressourcen nach ihrem intertemporalen Kalkül abbauen. Würde nun der Deponieraum der Atmosphäre beschränkt, liefe dies darauf hinaus, dass die Knappheitsrente der Ressourcen in eine Klimarente verwandelt würde. Das ist kurzgefasst das Kernproblem der Ökonomie des Klimawandels.

Dieser Sachverhalt wird in Abbildung 5 verdeutlicht: unterhalb der Nulllinie sind die erschöpfbaren Ressourcen und Reserven aufgetragen, die noch im Boden lagern. Oberhalb der Nulllinie sind spiegelbildlich die fossilen Ressourcen zu sehen, die noch in der Atmosphäre abgelagert werden können. Abbildung 5 zeigt, dass auch für den Fall, dass es international zu keiner Klimapolitik kommt, ein Großteil der Gas- und Ölreserven genutzt würden, aber nur ein Bruchteil der Kohlereserven. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass zum einen die Substitutionsmöglichkeiten bei Öl z. B. im Transportsektor gering sind, zum anderen die Kohlereserven nahezu „unendlich“ sind (verglichen mit dem projizierten Verbrauch für das nächste Jahrhundert). Die

ungebremste Nutzung der Kohle würde allerdings zu einem Anstieg der globalen Mitteltemperatur um weit mehr als 2°C führen; insgesamt würden ohne Klimapolitik allein fast 4000 Gigatonnen CO₂ aus der Kohlenutzung in der Atmosphäre abgelagert werden. Im Falle einer Klimapolitik, die mit dem 2°C-Ziel vereinbar ist, dürften aus der Kohlenutzung nur noch 364 statt 922 Gigatonnen CO₂ emittiert werden, davon müssten jedoch ca. 210 Gigatonnen in geologischen Formationen mit Hilfe der CCS-Technologie abgelagert werden. Die Kohlebesitzer hätten daher die größten Rentenverluste hinzunehmen. Aber auch die Gas- und Ölbesitzer müssten ihre Bestände wesentlich langsamer entleeren und vor allem zu geringeren Preisen anbieten.

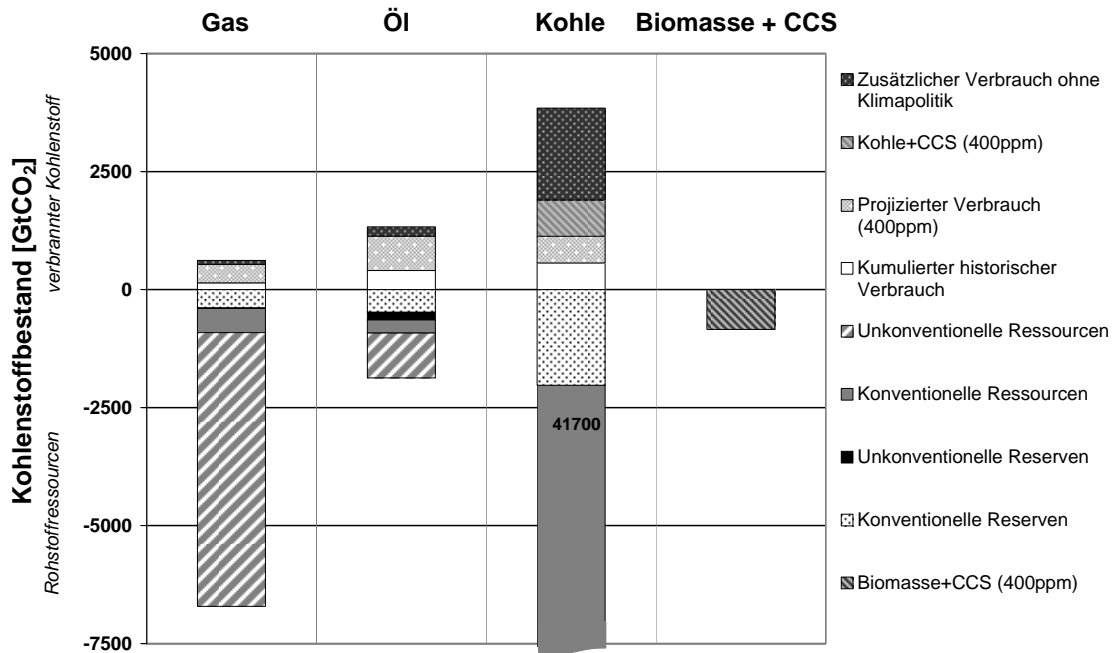


Abbildung 5: Das Grundproblem der Klimaökonomie – fossile Ressourcen und damit verbundene historische und potentielle künftige CO₂-Emissionen³.

Diese Überlegungen machen deutlich, dass bei einer Klimapolitik, die ein globales Kohlenstoffbudget einhalten will, die CO₂-Steuer über die Zeit hinweg steigen müsste, was der modifizierten Hotelling-Regel entspricht (Edenhofer/Kalkuhl, 2009). Wie aber werden die Anbieter von Kohle, Öl und Gas darauf reagieren? Sie werden den Abbau ihrer Ressource beschleunigen, mit dem Risiko, dass trotz eines steigenden CO₂-Preises das globale Kohlenstoffbudget überschritten wird (siehe auch die Diskussion zum „Grünen Paradoxon“ in Sinn 2008 und Edenhofer/Kalkuhl, 2009). Eine CO₂-Steuer ist darum kein effektives Instrument, weil es für den Ressourcenbesitzer rational ist, den Abbau fossiler Ressourcen vorzuziehen, da er ansonsten damit rechnen muss, dass seine

³ Unter Reserven versteht man die mit heutigen Fördermethoden zu heutigen Preisen ökonomisch gewinnbaren Rohstoffe. Ressourcen bezeichnen die über die Reserven hinaus künftig gewinnbare Rohstoffmenge. Quellen: Reserven: BGR (2008); historischer Verbrauch: Marland et al. (2008); Szenarien: Knopf et al. (2009).

künftigen Gewinne stark reduziert werden. Bei einem Emissionshandel besteht dieser Anreiz nicht, da hier von vornherein ein Budget an Emissionsrechten festgelegt wird. Die Besitzer von Kohle und Gas können einen Teil ihrer Renten nur dadurch „retten“, indem sie die CCS-Technologie in Verbindung mit Kohle, Gas oder Biomasse einführen (siehe Abbildung 5). Für die Anbieter fossiler Ressourcen gibt es also keine Ausweichmöglichkeit: ihre Ressourcenrenten werden reduziert und in eine Klimarente transformiert. Der Budgetansatz in Verbindung mit einem globalen Emissionshandel hat daher das Potential, den gordischen Knoten der Klimapolitik zu durchschlagen, wenn das Kohlenstoffbudget durch eine noch näher zu bestimmende Institution treuhänderisch verwaltet wird und damit den Märkten ein klares Signal gegeben wird, dass über das Budget hinaus keine Emissionsrechte ausgegeben werden. Ein globales System regionaler und nationaler Klimazentralbanken sollte die Aufgabe übernehmen, das Kohlenstoffbudget volkswirtschaftlich effizient einzuhalten.⁴ Hierzu müssen die Klimazentralbanken die Emissionsrechte so ausgeben, dass die Unternehmen selbst entscheiden können, wann sie die Emissionen reduzieren und mit welchen Technologien. Die Klimazentralbanken können je nach gesamtwirtschaftlicher Lage durch die Ausgabe der Zertifikate die zeitliche Flexibilität einschränken oder erweitern. Ein solches System kann nicht von heute auf morgen umgesetzt werden. Ein wichtiger Schritt in diese Richtung ist die Reform des europäischen Emissionshandels. Es hat sich als große Schwäche des europäischen Emissionshandels herausgestellt, dass wichtige volkswirtschaftliche Sektoren nicht mit in den Emissionshandel einbezogen sind. Dies trifft z. B. auf den Gebäudesektor zu, in dem die Emissionen zu besonders geringen Kosten reduziert werden können. Man kann alle wichtigen Sektoren in den Emissionshandel mit einbeziehen, wenn man auf der ersten Handelsstufe ansetzt. Derjenige, der Kohle fördert, Gas oder Mineralöl importiert, bezahlt nicht nur den Preis für die Ressource, sondern muss zugleich ein Zertifikat für jene Emissionen erwerben, die mit der späteren Ressourcennutzung entstehen. Damit sind alle Sektoren in den Emissionshandel integriert und die Marktkräfte sorgen dafür, dass die billigsten Vermeidungsoptionen verwirklicht werden. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen hat hierzu entsprechende Vorschläge ausgearbeitet und bereits Überlegungen angestellt, wie der europäische Emissionshandel in dieser Richtung reformiert werden könnte (SRU, 2008 und Hentrich et al., 2009). Der Emissionshandel sollte aber nicht nur sektoral, sondern auch regional erweitert werden. In den USA geht die Debatte um die Einführung eines nationalen Emissionshandels in die entscheidende Phase. Die Bundesregierung sollte darauf hinwirken, dass dieses Emissionshandelssystem mit dem Europäischen Handelssystem zu einem transatlantischen Kohlenstoffmarkt verbunden wird (Flachsland et al., 2008). Dieses Projekt hätte eine starke Signalwirkung für die Schaffung eines internationalen Abkommens, das auch China, Indien, Brasilien und Russland umfasst. Man kann allerdings zu Recht die Frage stellen, ob die Zeit noch

⁴ Die Forderung nach einer Klimazentralbank ist nicht neu. Einer der ersten Ökonomen, der ein Modell einer Klimazentralbank entworfen hat, ist Lutz Wicke (Wicke, 2005). Ihm gebührt das Verdienst, dass er als einer der ersten darauf hingewiesen hat, dass alle inkrementellen Verbesserungen des Kyoto-Protokolls nicht dazu führen können, dass ambitionierte Klimaziele erreicht werden. Er fordert daher zu Recht, dass die internationale Staatengemeinschaft Rechenschaft über die enorme Diskrepanz zwischen den hohen Zielen und der Weigerung, die Mittel für dieses Ziel auch einzusetzen, ablegen muss. Sein Modell der Klimazentralbank hat jedoch nicht die Aufgabe, die Zertifikate intertemporal optimal zu steuern, sondern die Umverteilung von Renten zu begrenzen.

reicht, schrittweise ein internationales Abkommen zustande zu bringen. Modellrechnungen zeigen, dass die Kosten um die Hälfte steigen können, wenn ein globales Abkommen erst in 2020 statt in 2010 auf den Weg gebracht würde (Luderer et al., 2009). Bei noch weiterer Verzögerung muss das 2°C-Ziel sogar aufgegeben werden.

Einbettung in einen *Global Deal*

Der Emissionshandel allein wird jedoch nicht ausreichen, um die notwendigen Investitionen in eine kohlenstofffreie Weltwirtschaft zu ermöglichen, er muss durch die weiteren Eckpfeiler Technologietransfer, Vermeidung von Entwaldung und Anpassung ergänzt werden. Denn zu zahlreich sind die Hemmnisse auf den Kapitalmärkten zur Mobilisierung von Investitionen gerade in die notwendigen Infrastrukturmaßnahmen, als dass auf ergänzende Maßnahmen verzichtet werden sollte. Auch die Verhinderung der Abholzung muss Teil eines globalen Abkommens sein, da allein 20 % der weltweiten Emissionen durch Abholzung, vor allem in Brasilien, Indonesien und Afrika entstehen. Und selbst wenn es gelingen sollte, den Klimawandel auf 2°C zu begrenzen, heißt das nicht, dass es keinen Klimawandel geben wird. Insbesondere die Entwicklungsländer werden sich an den verbleibenden Restklimawandel anpassen müssen, der selbst bei 2°C schon erhebliche negative Schadenswirkungen mit sich bringen wird. Die Zusammenführung dieser einzelnen Eckpfeiler haben wir ausführlich in unserer Version eines *Global Deals* dargelegt (Edenhofer et al., 2008).

Vieles von dem, was hier gefordert wird, reicht weit über Kopenhagen hinaus. Aber die Vorschläge sind nicht utopisch. Denn sie tragen der schlichten Tatsache Rechnung, dass die Ressourcenrenten der Besitzer von Kohle, Öl und Gas durch den Emissionshandel in eine Klimarente überführt werden. Die Verteilungskonflikte über diese Klimarente dürfen nicht zu dominant werden, sonst wird das Klimaproblem unlösbar. Durch die Mobilisierung von emissionsfreien Techniken, kann das Ausmaß dieser Rentenumverteilung in Schach und Proportion gehalten werden. Das grundlegende Problem besteht jedoch darin, dass dies einen institutionellen Rahmen erfordert, der in hohem Maße ehrgeizig ist. Man ist hier versucht, diese Forderungen als unrealistisch zu qualifizieren, weil es den Eigeninteressen der Staaten widerspricht. So haben mehrere Autoren darauf hingewiesen, dass internationale Umweltabkommen umso leichter zustande kommen, je entbehrlicher sie sind (Finus et al. 2006; Carraro et al. 2006). Dennoch zeigen jüngste Untersuchungen, dass die Chancen der internationalen Kooperation nicht so ungünstig eingeschätzt werden dürfen (Wagner 2001; Lessmann et al. 2009). Es besteht durchaus die Möglichkeit, dass sich eine Koalition der Willigen formiert, die einen Nukleus für eine Erweiterung internationaler Kooperation bildet. Es besteht also kein Grund, die Hoffnung aufzugeben, selbst wenn man sich angesichts der Größe dieser Aufgaben eines Schwindelgefühls nicht erwehren kann. In diesem Sinne sind die hier formulierten Anforderungen an ein Abkommen auch keine Utopie. Denn während Utopien Vorstellungen jenseits von Raum und Zeit sind, sind die hier vorgestellten Eckpfeiler greifbare Forderungen an eine Klimapolitik, die ihre selbstgesteckten Ziele auch erreichen will. Wer mutige Ziele formuliert und die notwendigen Mittel als utopisch denunziert, untergräbt seine eigene Glaubwürdigkeit.

Literatur

- Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (2008), Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2007, Kurzstudie.
- Carraro, C./Eyckmans, J./Finus, M. (2006), Optimal transfers and participation decisions in international environmental agreements, *Review of International Organizations* 1 (4), 37996.
- Edenhofer, O./Kalkuhl, M. (2009), Das grüne Paradoxon – Menetekel oder Prognose, in: Beckenbach u. a. (Hrsg.) *Jahrbuch Ökologische Ökonomik, Band 6: Diskurs Klimapolitik* 115-151. Metropolis, Marburg.
- Edenhofer O./Luderer, G./Flachland, C./Füssel, H.-M./Popp, A./Feulner, G./Knopf, B./Held, H. (2008), A Global Contract on Climate Change. Policy Paper für die Konferenz *'A Global Contract based on Climate Justice: The Need for a New Approach Concerning International Relations'*, <http://www.global-contract.eu/index.php?action=getfile&object_id=75> (29.10.2009).
- Finus, M./van Ierland, E./Dellink, R. (2006), Stability of climate coalitions in a cartel formation game, *Economics of Governance* 7, 27191.
- Flachland, C./Edenhofer, O./Jakob, M./Steckel, J. (2008), Developing the International Carbon Market – Linking Options for the EU ETS., Gutachten für das Auswärtige Amt.
- Hentrich, S./Matschoss, P./P. Michaelis, P. (2009), CO₂-Emissionsrechte auf der ersten Handelsstufe: Ansatzpunkte, Wirkungen und Probleme, *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht (ZfU)* 2/2009, 153-163.
- International Energy Agency, IEA, Energy Statistics Division (2007), Energy Balances of OECD Countries 1960 – 2005, CD-ROM.
- International Energy Agency, IEA, Energy Statistics Division (2007), Energy Balances of non-OECD Countries 1971 – 2005, CD-ROM.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2007), Climate Change 2007 – Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Knopf, B./Edenhofer, O./Barker, T./Bauer, N./Baumstark, L./Chateau, B./Criqui, P./Held, A./Isaac, M./Jakob, M./Jochem, E./Kitous, A./Kypreos, S./Leimbach, M./Magné, B./Mima, S./Schade, W./Scricciu, S./Turton, H./van Vuuren, D. (2009), The economics of low stabilisation: implications for technological change and policy, in: M. Hulme, H. Neufeldt (eds.), *Making climate change work for us - ADAM synthesis book*, Cambridge University Press, im Druck.
- Lessmann, K./Marschinski, R./Edenhofer, O (2009), The Effects of Tariffs on Coalition Formation in a Dynamic Global Warming Game *Economic Modeling*, 641-649.
- Luderer, G./Bosetti, V./Steckel, J./Waisman, H./Bauer, N./Decian, E./Leimbach, M./Sassi, O./Tavoni, M. (2009), The Economics of Decarbonization - Results from

- the RECIPE model comparison, RECIPE Working Paper, Potsdam,
<http://www.pik-potsdam.de/recipe/> (03.11.2009).
- Major Economics Forum (2009), Declaration of the Leaders of the Major Economies Forum on Energy and Climate,
<http://www.g8italia2009.it/static/G8_Allegato/G8_Declaration_08_07_09_final,0.pdf> (28.10.2009).
- Newell, R. G./ Pizer W. A. (2003), Regulating stock externalities under uncertainty, *Journal of Environmental Economics and Management* 45(2), 416–432.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen, SRU (2008), Umweltgutachten 2008 – Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels, Berlin, Erich Schmidt.
- Sinn, H.-W. (2008), Das Grüne Paradoxon, Econ, Berlin.
- Wagner, U. J. (2001), The Design of Stable International Environmental Agreements: Economic Theory and Political Economy, *Journal of Economic Surveys*, Blackwell Synergy, 15, 377-411.
- Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen, WBGU (2009), Kassensturz für den Weltklimavertrag – Der Budgetansatz, Sondergutachten 2009, Berlin.
- Weitzman, M. L. (1974), Prices vs. Quantities, *Review of Economic Studies*, 41(4), 477–491.
- Wicke, L. (2005), Beyond Kyoto – A New Global Climate Certificate System: Continuing Kyoto Commitments or a Global ‘Cap and Trade’ Scheme for a Sustainable Climate Policy?, Springer Verlag, New York.