

# Das „Grüne Paradoxon“ - Menetekel oder Prognose?

Ottmar Edenhofer und Matthias Kalkuhl<sup>1</sup>

*Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung*

1	Was am <i>Grünen Paradoxon</i> lehrreich ist.....	2
1.1	Unbegrenzte fossile Ressourcen - begrenzte Deponie.....	2
1.2	Die vernachlässigte Angebotsseite .....	7
1.3	Was kann getan werden? .....	11
2	Warum eine CO <sub>2</sub> -Steuer das falsche Instrument ist.....	13
3	Wie eine ambitionierte <i>und</i> realistische Klimapolitik aussehen kann .....	14
3.1	Wege zu einem globalen Kohlenstoffmarkt .....	14
3.2	Aufforstung, Verhinderung der Abholzung und CCS .....	19
3.3	Erneuerbare Energie.....	20
4	Warum das <i>Grüne Paradoxon</i> missverstanden wird .....	22
	Anhang.....	24
	Literatur.....	26

---

<sup>1</sup> Wir danken Christian Flachsland, Brigitte Knopf und Alexander Popp für Unterstützung und Hinweise zu diesem Text.

# 1 Was am *Grünen Paradoxon* lehrreich ist

*Das Grüne Paradoxon* von Hans-Werner Sinn (2008a) ist ein wichtiger und zugleich missverständlicher Beitrag zur Ökonomie des Klimawandels. Auf den ersten Blick ist es eine fulminante Attacke auf die europäische und deutsche Klimapolitik - und damit auf die Umweltbewegung, die sich eine ambitionierte Klimapolitik auf die Fahne geschrieben hat. Es scheint, dass der Verfasser als Kronzeuge gegen alles aufgeboten werden kann, was „grüner“ Politik heilig ist: Die Förderung der erneuerbaren Energien, der Ausstieg aus der Kernenergie, die Förderung der Energieeffizienz, die Öko-Steuer. Hans-Werner Sinn ist allerdings kein Kritiker einer ambitionierten internationalen Klimapolitik, sondern vielmehr ein Kritiker der deutschen und europäischen Klimapolitik - schließlich lässt er keinen Zweifel daran, dass er das Klimaproblem für eines der wichtigsten Herausforderungen der Menschheit hält. In seinem Buch wird nicht abgewiegelt, nicht verharmlost. Im Gegenteil: Es geht Sinn darum zu zeigen, dass die Lösung des Klimaproblems schwierig und im Alleingang unmöglich ist, weil das Angebot von Kohle, Öl und Gas praktisch unbegrenzt, der Deponieraum in der Atmosphäre aber limitiert ist. Nimmt man diese Diskrepanz in den Blick, wird man sich angesichts der epochalen Herausforderung des Klimaproblems eines gewissen Schwindelgefühls nicht erwehren können. Wer sich über manche Zuspitzung Hans-Werner Sinns zu schnell ärgert und seine Argumente nicht mit innerer Sammlung und Ruhe abwägt, dem könnte die Pointe seines Buches entgehen, die für eine illusionslose Klimapolitik entscheidend ist: Ohne ein globales Emissionshandelssystem kann das Klimaproblem nicht gelöst werden - weder die Förderung der erneuerbaren Energien noch der Ausbau der Kernenergie noch nationale oder regionale Alleingänge können daran etwas ändern. Auch wenn Hans-Werner Sinn nicht müde wird, auf die „zentralplanerischen“ Nachteile eines solchen Systems zu verweisen, hält er dessen Umsetzung für alternativlos. Weil dieses System allerdings nur schwer zu implementieren ist, plädiert er für eine Quellensteuer und für die Aufforstung der Wälder als pragmatische Kompromisslösungen, die auch ohne ein internationales Klimaabkommen die globale Erwärmung zumindest etwas verzögern könnten. Beides sind wichtige, aber nur sehr begrenzt wirksame Optionen. Doch gerade diese Vorschläge zeigen, dass es zu einem globalen Emissionshandelssystem keine wirkliche Alternative gibt. Dass er die Verwirklichung dieser Alternative nicht genauer prüft, mag seinem Pessimismus gegenüber der Politik geschuldet sein. Doch wie andere große Autoren hat er es verdient, dass man ihn auch gegen den Strich liest.

## 1.1 Unbegrenzte fossile Ressourcen - begrenzte Deponie

Der globale Klimawandel wird zu einem Großteil durch anthropogene Emissionen an Treibhausgasen verursacht, von denen etwa 75% auf das Treibhausgas CO<sub>2</sub> entfallen (IPCC 2007, S. 103).<sup>2</sup> Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre wird durch Austausch-

---

<sup>2</sup> Dieser Anteil ist auf die Klimawirksamkeit der Treibhausgase bezogen, bei der andere Treibhausgase wie etwa Methan in CO<sub>2</sub>-äquivalente Mengen umgerechnet werden.

und Einlagerungsprozesse überwiegend auf mittleren und geologischen Zeitskalen verringert<sup>3</sup> und durch Emissionen aus der Verbrennung von Kohlenstoff auf kurzen Zeitskalen erhöht. Das natürliche Gleichgewicht im Kohlenstoffkreislauf wird dabei erheblich durch die Verbrennung fossilen Kohlenstoffs - Erdöl, Erdgas und Kohle - gestört. Denn die fossilen Bestände von Öl, Gas und Kohle werden bei ihrer Verbrennung in der Atmosphäre abgelagert und verstärken dabei den Treibhauseffekt.

Hans-Werner Sinn argumentiert für eine Verlangsamung der Extraktion fossiler Ressourcen statt für die Versiegelung der Bestände, weil deren künftige Nutzen und Schäden noch nicht abschätzbar seien (Sinn 2008a, S. 379ff.). Auf einen unendlichen Zeithorizont bezogen, würden alle Bestände entleert werden - doch sei es angesichts der Klimaschäden sinnvoller, die Förderung in die Zukunft zu verlagern: Irgendwann bringe jede Ressourceeinheit schließlich einen Nutzen, der ihre verursachten Klimaschäden überwiege. Diese Aussage ist an zwei wichtige Bedingungen geknüpft: Erstens darf es keine perfekten Substitute für fossile Ressourcen geben und zweitens müssen die Grenzschäden beschränkt sein (siehe Anhang).

In der Tat ist Hans-Werner Sinn der Auffassung, dass es für Kohle, Öl und Gas beim derzeitigen technischen Wissen keine perfekten Substitute gibt. Zwar könnten z. B. fossile Kraftstoffe durch Biokraftstoffe ersetzt werden, welche ähnliche Verbrennungseigenschaften aufweisen, aber das Angebot von Biokraftstoffen durch die Nutzung der Landflächen ist schließlich begrenzt. Bei der erneuerbaren elektrischen Energie stellt sich das Problem der dauerhaften Energieversorgung bei schwankendem Angebot, das nur schwer auf die Nachfrage abgestimmt werden kann. Man wird Sinn zugestehen, dass es für die fossilen Energieträger (noch) keine perfekten Substitute gibt. Doch durch weitere Innovationen und Forschungen könnte sich dies in Zukunft ändern, etwa wenn synthetische Brennstoffe hergestellt werden können und Speicher für große Mengen elektrischer Energie gebaut werden. Gibt es irgendwann gute Substitute für fossile Ressourcen, deren Herstellung billiger ist als die Förderkosten, werden die fossilen Bestände auch ohne Klimawandel freiwillig versiegelt, weil ihre Förderung nicht mehr wirtschaftlich ist.

Die Beschränktheit der durch Klimawandel verursachten Grenzschäden ist ebenfalls fraglich, wenn man davon ausgeht, dass es Kippelemente im Erdsystem gibt, die zu sprunghaften Anstiegen der Schäden führen.<sup>4</sup> Gerade weil die Kippschalter aktiviert werden könnten, ließe sich eine Versiegelung fossiler Bestände rechtfertigen. Doch auch hier gibt es noch viel Forschungsbedarf, weil die Dynamik der Kippelemente erst in Grundzügen verstanden ist.

Für die klimapolitische Praxis dagegen ist die Debatte um die Versiegelung der fossilen Ressourcenbestände nur bedingt hilfreich. Denn unser Wissen reicht aus, um für das 21. Jahrhundert konkrete Konzentrationsziele festzulegen, um gefährlichen Klimawandel zu vermeiden. Solche Konzentrationsziele werden oft mit Kosten-Nutzen-Analysen

---

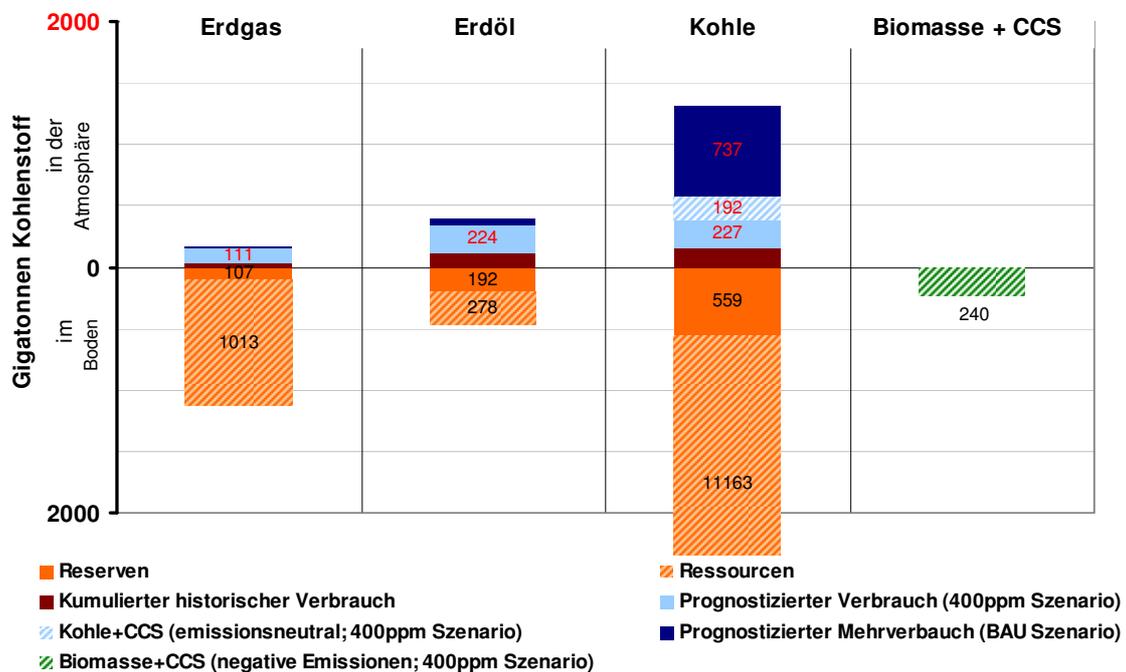
<sup>3</sup> Mittel- und kurzfristig ist dabei v. a. die CO<sub>2</sub>-Aufnahme durch Ozeane und Pflanzen von Bedeutung.

<sup>4</sup> Lenton u. a. (2008) nennen als Kippelemente im Erdsystem beispielsweise das Schmelzen des arktischen Meereises oder des grönländischen Eisschildes (mit drastischen Meeresspiegelerhöhungen) oder ein Umkippen des Amazonas-Ökosystems (mit erheblichem Artenverlust und Mehremissionen).

berechnet, welche den Erwartungswert der Kosten der Emissionsreduktion gegen die monetären Schäden des Klimawandels aufrechnen. Die Berechnung aller Schäden ist jedoch ein schwieriges Unterfangen. Bisherige Arbeiten vernachlässigen oft Schäden, die sich nur schwer monetär bewerten lassen<sup>5</sup>. Auch Seiteneffekte der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden selten berücksichtigt - allen voran die Versauerung der Ozeane, die nicht nur zu einer Störung der marinen Ökosysteme führt, sondern auch die Aufnahmefähigkeit der Ozeane für CO<sub>2</sub> vermindert, die immerhin ein Drittel der vom Menschen emittierten CO<sub>2</sub>-Emissionen binden (WBGU 2006, S. 67). Kippelemente im Ökosystem können schwer in Schadensfunktionen integriert werden, weil diese oft nur marginale Änderungen bewerten und die genauen Schwellwerte der Kippelemente nicht mit Sicherheit bekannt sind. Eine weitere Unsicherheit in der Kosten-Nutzen-Analyse stellt zudem die Abschätzung der Entwicklung der relativen Preise zwischen wachsendem physischen Kapital und im Zuge von Klimaänderungen sinkendem natürlichem Kapital dar (Stern und Persson 2008) sowie die Wahl einer angemessenen Zeitpräferenzrate. Selbst wenn man mit Hans-Werner Sinn und gegen Nicholas Stern der Meinung wäre, die auf Marktzinsen zurückführbare reine Zeitpräferenzrate eines konstruierten repräsentativen Haushaltes sei die einzig legitime normative Bezugsgröße für die Beurteilung der Klimapolitik, müsste man dennoch eingestehen, dass Risiken mit kleiner Eintrittswahrscheinlichkeit und großem Schadensausmaß eine sehr geringe soziale Zeitpräferenzrate rechtfertigen können (Weitzmann 2007). Dabei zeigt sich, dass die Abschätzung der Schäden derart sensitiv auf Veränderungen der Zeitpräferenzrate, der Klimasensitivität und des Kohlenstoffkreislaufes reagieren, dass damit nahezu jede ambitionierte Politik gerechtfertigt werden kann (Stern 2008, Hepburn und Stern 2008, Heal 2008).

---

<sup>5</sup> Diese betreffen v. a. natürliche Güter, Ressourcen und Dienstleistungen, für die es keine Märkte gibt, und daher auch kein Marktpreis ihren Wert quantifizieren kann (Krautkraemer 2005)



**Abbildung 1:** Bereits verbrauchte (1750-2004) und noch vorhandene fossile Energieträger (2007) sowie der prognostizierte Verbrauch bis 2100 im BAU Szenario (ohne Klimaschutzmaßnahmen) bzw. im 400 ppm CO<sub>2</sub>äq.<sup>6</sup> Szenario (2-Grad-Ziel). Der Einsatz von Kohlenstoffabscheidung und -lagerung (CCS) führt zu Null-Emissionen bei der Kohleverbrennung bzw. zu Negativ-Emissionen bei Biomassenutzung (CCS bindet insgesamt 432 Gigatonnen Kohlenstoff). *Quellen:* Reserven: BGR 2008; historischer Verbrauch: Marland u. a. 2008. *Szenarien:* Edenhofer u. a. 2009a.

Angesichts der Risiken des Klimawandels gibt es gute Gründe dafür, die Emissionen, die noch in der Atmosphäre abgelagert werden können, für einen politisch überschaubaren Zeitraum zu begrenzen. Zwar kann diese Grenze nicht mit letzter naturwissenschaftlicher Genauigkeit bestimmt werden, aber das Risiko, dass Kippschalter im Erdsystem aktiviert werden, lässt sich erheblich vermindern, wenn der Anstieg der globalen Mitteltemperatur auf 2°C begrenzt wird (WBGU 1995). Dieses Temperaturziel lässt sich in ein Konzentrationsziel umrechnen und dieses Konzentrationsziel wiederum in kumulierte Emissionen für das 21. Jahrhundert. Aber auch diese Umrechnung ist mit Unsicherheiten behaftet: Um etwa den Anstieg der globalen Mitteltemperatur mit funfundsiebzigerprozentiger Wahrscheinlichkeit auf 2°C zu begrenzen, muss die atmosphärische CO<sub>2</sub>-äquivalente Treibhausgaskonzentration im Jahr 2150 auf 400 ppm-CO<sub>2</sub>-Äquivalente begrenzt werden (Meinshausen et. al. 2009). In Abbildung 1 werden die kumulierten Emissionen für Kohle, Öl und Gas gezeigt, die für das 2-Grad-Ziel noch abgelagert werden dürfen. Dabei wurde ein wohlfahrtsoptimaler Pfad für dieses Konzen-

<sup>6</sup> Die Einheit *ppm* steht für Teile pro Millionen Teile (parts per million) und bezeichnet hier den Anteil von Kohlenstoffdioxidmolekülen und äquivalenten Treibhausgasmolekülmengen (CO<sub>2</sub>äq) in der Atmosphäre.

trationsziel mit dem Modell REMIND berechnet, der auch Kohlenstoffabscheidung und -lagerung als Vermeidungsoption beinhaltet (Leimbach u. a. 2009; Edenhofer u. a. 2009a). Im Vergleich zu den Beständen fossiler Energieträger, die im Boden lagern, ist die Deponie Atmosphäre in ihrer Aufnahmefähigkeit begrenzt, wenn die Überschreitung des 2-Grad-Ziels und damit ein gefährlicher Klimawandel vermieden werden soll. Würde man versuchen, den Anstieg der globalen Mitteltemperatur auf 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, dürften für den Rest dieses Jahrhunderts nur noch ca. 320 Gigatonnen Kohlenstoff aus energiebedingten Emissionen in die Atmosphäre emittiert werden. Die Modellunsicherheiten bei der Berechnung der Kosten dieser Stabilisierungsziele sind sehr viel geringer, als diejenigen bei der Berechnung der Schäden des Klimawandels. So wurden hierzu zahlreiche Modellvergleichsstudien durchgeführt, die im Vierten Sachstandsbericht des Weltklimarates dargestellt wurden. Dabei zeigt sich, dass 450 ppm-CO<sub>2</sub>äq. mit 1 - 2 % des weltweiten Sozialproduktes finanziert werden könnten (IPCC 2007, S. 205 und 648). Neuere Modellvergleichsstudien zeigen, dass auch 400 ppm-CO<sub>2</sub>äq. mit ähnlichen Kosten erreicht werden können, wenn genügend technische Optionen zur Verfügung stehen, vor allem die Nutzung von Biomasse in Verbindung mit der Abscheidung und Einlagerung von Kohlenstoff (Edenhofer u. a. 2009a).

Mit der Festlegung eines kumulierten Kohlenstoffbudgets ist allerdings die zeitliche Regulierung (das „Timing“) noch nicht entschieden, weil die Zeitpräferenz der Haushalte darüber entscheidet, wann emittiert und wann vermieden wird. Wenn das Kohlenstoffbudget festgelegt wird, muss man sich daher immer noch über die „richtige“ Zeitpräferenzrate Gedanken machen, welche nun aber nicht mehr die (schwer abschätzbaren) Schäden, sondern die (relativ sicher abschätzbaren) Vermeidungskosten über die nächsten Generationen verteilt (Heal 2008). Wichtig für das „Timing“ der Vermeidung sind neben der Zeitpräferenzrate zudem die technischen Vermeidungsmöglichkeiten, die v. a. durch technischen Fortschritt ständig kostengünstiger werden. Nur weil wir erwarten können, dass wir in Zukunft noch bessere - d. h. günstigere - technische Möglichkeiten der Emissionsminderung haben, ist es gerechtfertigt, derzeit relativ moderate Minderungsziele zu verfolgen und dafür in die Entwicklung neuer Technologien zu investieren. Auch die Entscheidung, wie die Nutzung des Kohlenstoffbudgets auf die Nutzung von Kohle, Öl und Gas aufgeteilt ist, wird durch die Kosten der Exploration und Extraktion der fossilen Ressourcen bestimmt sowie durch die Technologien, die Primärenergie in Energiedienstleistungen (Wärme, Mobilität etc.) umwandeln.

Gefährlicher Klimawandel ist unvermeidbar, wenn wir im 21. Jahrhundert deutlich mehr als 320 Gigatonnen Kohlenstoff in der Atmosphäre ablagern. Die Verhinderung gefährlichen Klimawandels heißt keineswegs, dass jeglicher Klimawandel vermieden wird - es verbleibt ein unvermeidlicher Restklimawandel, an den sich vor allem die Entwicklungsländer anpassen müssen.

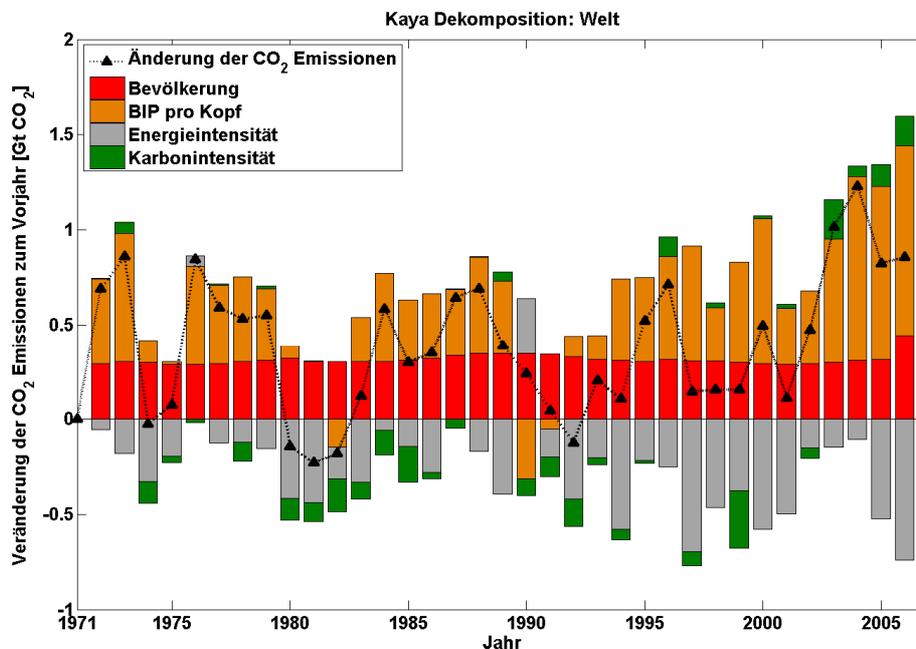
Damit stellt sich aber eine neue Herausforderung: Es gilt nämlich nicht nur, den Abbau-pfad zu verlangsamen, sondern die kumulierte Menge an Kohlenstoff, die noch in die Atmosphäre emittiert wird, zumindest für überschaubare Zeiträume insgesamt zu begrenzen. Diese wichtige Modifikation stellt die grundlegende Einsicht von Hans-Werner Sinn, dass es eines globalen Emissionshandels bedürfe, nicht in Frage. Im

Gegenteil, es wird sich zeigen, dass der Emissionshandel für eine globale Lösung des Klimaproblems unvermeidlich ist. Innerhalb eines solchen Rahmens kann das Portfolioproblem, welche Vermeidungsoptionen in welchem Umfang und zu welcher Zeit zu nutzen sind, durch einen funktionierenden Markt gelöst werden.

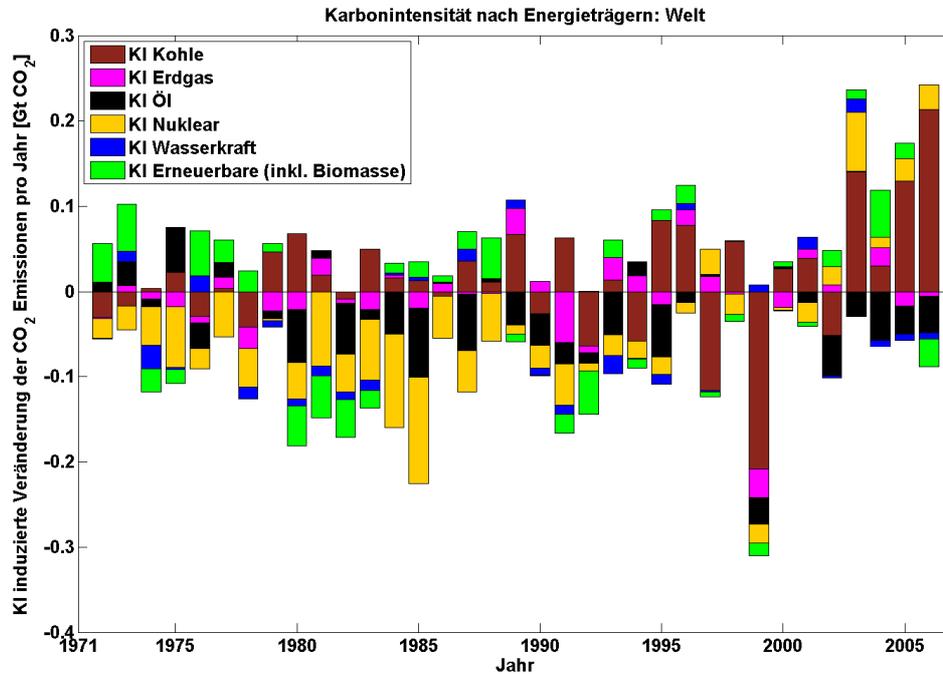
## 1.2 Die vernachlässigte Angebotsseite

Um die Extraktion der fossilen Ressourcen zu begrenzen, zielten die bisherigen klimapolitischen Maßnahmen und Vorschläge fast ausnahmslos auf die Verringerung des Verbrauchs fossiler Ressourcen ab, ohne aber die Angebotsdynamik ausreichend zu berücksichtigen. Das trifft sowohl für die politische als auch für die wissenschaftliche Diskussion zu.

So forcierten die Grünen nach ihrer Gründung den Ausstieg aus der Kernenergie und wollten mittelfristig die Energieeffizienz erhöhen, um langfristig den Umstieg auf erneuerbare Energien zu ermöglichen. Der Bericht des Club of Rome (1972) und die Ölkrise nährte zudem die Befürchtung, die fossilen Ressourcen gingen zur Neige, weshalb der Umbau des Energiesystems vorangetrieben werden müsse. Auch die Lieferengpässe beim russischen Erdgas und die explodierenden Ölpreise ließen den Ruf nach vermehrtem Energiesparen laut werden. Es schien so, als berge der Klimawandel keine neuen Herausforderungen für die Umwelt- und Energiepolitik. Würden die Industrieländer sparsamer mit fossiler Energie umgehen und schneller auf die erneuerbaren Energien umsteigen, helfe das auch, den Klimawandel zu begrenzen. Gegen diesen Irrglauben argumentiert Hans-Werner Sinn zu Recht.



**Abbildung 2:** Bestimmungsgründe für das weltweite Wachstum der Emissionen: Bevölkerungswachstum, Weltinlandsprodukt, Energie- und Karbonintensität. Mit dem Jahr 2003 begann eine Trendumkehrung bzgl. der jahrzehntelangen Dekarbonisierung der Weltwirtschaft. *Quelle: Berechnungen von Jan Steckel (PIK) nach Daten der IEA Datenbank (IEA Energy Statistics Division, Paris).*



**Abbildung 3:** Bestimmungsgründe für die Veränderung der Karbonintensität (KI) nach Energieträgern. Seit 2003 ist die Kohlenutzung treibender Faktor bei der Erhöhung der Karbonintensität. *Quelle: Berechnungen von Jan Steckel (PIK) nach Daten der IEA Datenbank (IEA Energy Statistics Division, Paris).*

Vor allem die letzten fünf Jahre haben deutlich gezeigt, dass die Bemühungen der Europäer, auf Nachfragereduzierung zu setzen, einer Fehleinschätzung unterliegen. So zeigt Abbildung 2, dass seit 2003 die Karbonintensität<sup>7</sup> entgegen dem jahrzehntelangen rückläufigen Trend wieder stark angestiegen ist und die Wachstumsrate der Emissionen in den letzten Jahren die höchste war, die in den letzten drei Dekaden beobachtet wurde. Diese Trendwende hat vor allem der vermehrte Kohleinsatz verursacht (Abbildung 3): in den USA, Indien und China beobachten wir eine Renaissance der Kohle, die die meisten Beobachter noch vor wenigen Jahren für undenkbar hielten. Der seit 2001 steigende Ölpreis hat den Gaspreis mit nach oben gezogen, wodurch die Verstromung der Kohle wieder rentabel wurde. Mit dem steigenden Ölpreis stiegen aber auch die Investitionen in die Exploration neuer Ölfelder an, so dass zunehmend nicht-konventionelle Ölfelder abgebaut werden und die Suche nach konventionellem Öl intensiviert wird. In

<sup>7</sup> Die Karbon- oder auch Kohlenstoffintensität gibt das Verhältnis von Primärenergienmenge zu verwendetem Kohlenstoff an. Je höher die Karbonintensität ist, desto mehr Kohlenstoff wird für die Primärenergiegewinnung verbraucht, und desto mehr CO<sub>2</sub> entsteht dabei.

China und in den USA wurden Investitionsprogramme für die Verflüssigung von Kohle aufgelegt; vor allem China geht diesen Weg, um von den Ölimporten aus dem Nahen und Mittleren Osten unabhängiger zu werden. Da die Kohleverflüssigung bei einem Preis von 60-80 US\$ pro Barrel rentabel ist, wird diese Option in Zukunft vermehrt genutzt werden - denn es ist kaum damit zu rechnen, dass der Ölpreis dauerhaft merklich unter diese Marke fällt. Diese Situation wird sich noch dramatischer zuspitzen, wenn man wie Hans-Werner Sinn der Auffassung ist, dass das Produktionsmaximum von Öl bereits in naher Zukunft erreicht wird. Dies würde den Druck auf eine vermehrte Kohlenutzung noch weiter verstärken. Die Hoffnung der sogenannten Peak-Oil-Vertreter, die zunehmende Knappheit von Öl würde der Klimapolitik helfen, weil der steigende Ölpreis einen raschen Ausstieg aus der fossilen Ressourcennutzung erzwingt, ist in der Tat eine gefährliche Illusion. Denn gerade weil Kohle vor allem in China, Indien und in den USA reichlich und billig vorhanden ist, wird Peak-Oil den Abschied vom konventionellen Öl erzwingen, aber keineswegs den Abschied von der Kohle. Es ist erstaunlich, dass Sinn der Renaissance der Kohle so wenig Aufmerksamkeit schenkt, gerade weil er die Angebotsseite des Problems in das Zentrum seiner Analyse gestellt hat. Denn es sind die enormen Kohlevorkommen, die die Gefahr für das Klima darstellen. Wie Abbildung 1 zeigt, können bekannte Öl- und Gasreserven selbst in einem ambitionierten 400-ppm-Szenario größtenteils aufgebraucht werden.

Die Beschränkung der Analyse auf eine generische fossile Ressource greift hier offenbar zu kurz. Mit Hilfe dieses einfachen Modells stellt Hans-Werner Sinn den „Putsch“ der Öl-Scheichs in den Vordergrund, weil an diesem Beispiel der grundlegende Konflikt zwischen Nachfragern und Produzenten besonders anschaulich wird. Noch sind die Erinnerungen an die beiden Ölpreiskrisen der 70er-Jahre des letzten Jahrhunderts lebendig und die neu erwachenden Befürchtungen vor einer Gas-OPEC haben das Russlandbild vieler West-Europäer erheblich eingetrübt. Doch bei Licht betrachtet sind nicht die wenig sympathischen Herrscher über Öl und Gas das Problem, sondern die Kohlebarone. Die Stein- und Braunkohlevorkommen verteilen sich relativ gleichmäßig auf die USA, Europa, Russland, China und Indien (BGR 2008). Es ist also nicht auszuschließen, dass auch die Kohlebarone gegen die Klimapolitik putschen. Dennoch dürfte dieser Putsch politisch sehr viel schwerer durchzusetzen sein, weil die Regierungen kohlereicher Länder ein sehr viel stärkeres Interesse und die entsprechenden Machtmittel haben, um diesen Putsch zu verhindern. Gerade China und Indien besitzen nicht nur große Kohlevorkommen, sondern sind auch neben Afrika die Hauptbetroffenen des Klimawandels (Stern 2007), so dass dies die Wahrscheinlichkeit des Putsches entscheidend senkt. Das *Grüne Paradoxon* ist damit nicht verschwunden, weil China, Russland und Indien zumindest in der nächsten Dekade versuchen könnten, ihre Kohle schneller zu nutzen, gerade wenn die Europäer eine ambitionierte Klimapolitik betreiben.

Aber ist das *Grüne Paradoxon* überhaupt ein neues Phänomen? Das Problem fragmentierter Klimaabkommen ist schon länger Gegenstand ausführlicher Forschung und wird als Kohlenstoffleckage („carbon leakage“) beschrieben (z. B. Burniaux und Martins 2000). Internationale Klimaabkommen, die nicht alle wichtigen Emittenten einbinden (können), sind ineffizient, weil die Trittbrettfahrer weiter CO<sub>2</sub> emittieren werden. Da viele dieser Modelle jedoch davon ausgehen, dass die Ressourcenbesitzer bei einer Nachfragesenkung mit einem verminderten Angebot reagieren, zeigt sich, dass es dennoch zu einer Verminderung der globalen Emissionen kommt, aber zu höheren volkswirtschaft-

lichen Kosten, weil die Länder, die Emissionen reduzieren, die Kosten des Trittbrettfahrerverhaltens tragen müssen. Berücksichtigt man jedoch, dass das Angebot fossiler Ressourcen langfristig starr ist<sup>8</sup>, wird die Nachfragereduktion durch jene Länder kompensiert, die keinen Klimaschutz betreiben (Sinn 2008a, S. 412-416). Die Ressourcenbesitzer reduzieren lieber ihren Preis, um die Nachfrage in Trittbrettfahrer-Staaten zu erhöhen, als dass sie auf ihren Beständen sitzen bleiben. Sinn betont zu Recht, dass nationale wie europäische Alleingänge - so ambitioniert sie auch sein mögen - das Klimaproblem kaum lösen können.

Der Leckage-Effekt, der auf der Unvollständigkeit eines globalen Abkommens und der langfristigen Starrheit von globalem Ressourcenangebot und globaler Ressourcennachfrage beruht, hat zunächst jedoch nichts mit dem grünen Paradoxon zu tun. Das grüne Paradoxon - die Beschleunigung der Extraktion trotz Klimaschutzmaßnahmen - würde nämlich auch bei einer globalen Nachfrage senkenden Klimapolitik wirken. Zwar kann temporäre „grüne“ Politik, die nur in der Gegenwart betrieben wird, kurzfristig den gewünschten CO<sub>2</sub>-Einspareffekt herbeiführen, doch verändert sie die Erwartungen über die gesamte Sequenz der zukünftigen Preise und führt dadurch zu anomalen Angebotsreaktionen. Befürchten die Ressourcenbesitzer, dass die Verkaufspreise fossiler Ressourcen in der fernen Zukunft stärker als in der näheren Zukunft durch Klimaschutzmaßnahmen gesenkt werden, dann beschleunigen sie die Extraktion und den Klimawandel (Sinn 2008a, S. 405-412).

Kombiniert man nun den Leckage-Effekt mit dem grünen Paradoxon, so folgert Sinn, dass mehr als 100% der Einsparungen der grünen Länder beim fossilen Energieverbrauch anderswo mehr verbraucht werden. China und Indien erhalten nicht nur die Mengen an fossilem Brennstoff, die die grünen Länder nicht verbrauchen, sondern außerdem noch die Mengen, die die Ressourcenbesitzer zusätzlich aus dem Boden holen, um der Zerstörung ihrer Preise zuvor zu kommen. Die Besitzer der fossilen Ressourcen sind in der Lage, gegen die europäische Klimapolitik zu putschen, weil die europäische Klimapolitik sie um ihre Ressourcenrente bringen will.

Wegen der großen Kohlevorkommen wird nun nicht nur der Nahe und Mittlere Osten im geopolitischen Fokus der Klimapolitik liegen, sondern vor allem China, Russland und Indien. Die verminderte Nachfrage der Europäer lässt den künftigen Verkauf von Kohle, Gas und Öl unsicher werden, daher werden die „Putschisten“ eine Risikoprämie in Anschlag bringen, was ihre Extraktion beschleunigt. Dieser Effekt wird verstärkt durch die Tatsache, dass vor allem die Öl- und Gasvorräte in instabilen Gebieten liegen (Sinn 2008a, S. 382-289). Die grüne Politik ist nach Sinns Auffassung so wirksam, dass sie Putin, Chavez und Ahmadenischad zum klimapolitischen Putsch herausfordert - letztlich ein verstecktes Kompliment an die Umweltbewegung. Allerdings können die Risikoaufschläge der Ressourcenbesitzer auch der Tatsache geschuldet sein, dass es keine gut funktionierenden Zukunftsmärkte für fossile Ressourcen gibt: Der Bestand fossiler Reserven und Ressourcen, ihre Extraktionskosten und die künftige Nachfrage können langfristig kaum abgeschätzt werden (Dasgupta und Heal 1979, S. 440-449). Doch kann

---

<sup>8</sup> Siehe Sinn (2008a, S. 339ff.). Langfristig wird das Angebot durch die vorhandenen Ressourcen im Boden bestimmt, die vollständig extrahiert werden.

die Unsicherheit über Zukunftsmärkte auch Investitionen in die Exploration neuer Ölfelder verringern und damit einen konservierenden Effekt auf die Rohstoffbestände ausüben. Daher ist die Bildung von Erwartungen auf den Ressourcen- und Vermögensmärkten von so großer Bedeutung für die Investitionsdynamik und die Nutzung erschöpfbarer Ressourcen.

Mit der Analyse der Angebotsdynamik, hat das *Grüne Paradoxon* also einen neuen Aspekt ins Spiel gebracht, der bisher so noch nicht betrachtet wurde. Zwar wurde die Kohlenstoff-Leckage unter den Verbrauchsländern ausführlich analysiert, aber selten wurde die Angebotsseite angemessen berücksichtigt. Der Grund, warum viele Studien – von wenigen Ausnahmen abgesehen – diesen Effekt meist vernachlässigt haben, lag schlicht darin, dass sie das intertemporale Kalkül der Ressourcenbesitzer vernachlässigt haben. Daher ist Hans-Werner Sinn zuzustimmen, dass das Risiko der impliziten Enteignung durch grüne Politik dazu führt, dass die Ressourcen schneller gefördert werden als dies effizient wäre und damit den Klimawandel beschleunigen (Sinn 2008b). Mit einseitiger Nachfragepolitik wie dem Verbot von Glühbirnen, der Einführung effizienterer Kühlschränke und auch dem Drei-Liter-Auto wird Klimapolitik scheitern: Müssen die Ölscheichs und Kohlebarone damit rechnen, dass sie in Zukunft weniger auf dem Weltmarkt verkaufen können, werden sie ihr Öl und ihre Kohle nur noch schneller aus dem Boden holen. Mit diesem Paradoxon scheinen zunächst alle bisherigen politischen (und individuellen) Bemühungen um ein stabiles Klima in Frage gestellt und die Lösung des Klimaproblems schier unvorstellbar.

### **1.3 Was kann getan werden?**

Was kann nun angesichts dieser Kalamität getan werden? Die Besitzer der fossilen Ressourcen haben de facto die Atmosphäre in ihrer Gewalt, so lange sie den Kohlenstoff und die Atmosphäre nach ihrem eigenen ökonomischen Kalkül nutzen können. Die historische Verteilung von Eigentumsrechten hat nun eine missliche ökonomische Implikation: Die Verbrauchsländer müssten den Besitzern fossiler Ressourcen eine Subvention zahlen für die Menge an Ressourcen, die sie bisher nicht aus dem Boden geholt haben. Die Subvention würde bewirken, dass die Ressourcenbestände langsamer abgebaut werden und die Erderwärmung sich entsprechend verlangsamt (Sinn 2008b). Dass diese Option politisch kaum durchsetzbar ist, versteht sich von selbst. Welcher Politiker könnte seinen Wählern eine solche Subvention verkaufen? Auch wenn diese Umverteilung von Renteneinkommen kaum zustimmungsfähig wäre, könnte sie doch das Klimaproblem lösen und sogar effizient lösen - aber die Verbrauchsländer wären für immer in der Hand der Putschisten, weil diese damit drohen könnten, ihre Ressourcen wieder aus dem Boden zu holen. Die Rente der geförderten Ressourcen verbliebe damit bei den Scheichs und den Kohlebaronen und darüber hinaus würden sie sich auch noch gleich die „Klimarente“ des ungeforderten Kohlenstoffs aneignen.

Da eine Subvention politisch nicht in Frage kommt, versuchen ambitionierte Industrieländer auf den Verbrauch fossiler Energieträger eine Steuer zu erheben. Weil die CO<sub>2</sub>-Konzentration jedoch auch bei fallenden Emissionen wächst und das Klimaproblem

verschärft, müsste diese Steuer steigen, um den schnell sinkenden Verbrauch fossiler Ressourcen zu erzwingen. Die Ressourcenbesitzer aber ahnen, dass sie in Zukunft Absatzprobleme bekommen könnten und kommen den Verbraucherländern zuvor, indem sie die Extraktion vorziehen und damit die fossilen Bestände noch schneller entleeren. Das *Grüne Paradoxon* besteht nun darin, dass eine mit der Zeit steigende Kohlenstoffsteuer das Klimaproblem verschärfen - und nicht verringern - würde, selbst wenn die Steuer global erhoben würde (Sinn 2008b)!

Werden sowohl Ressourcen-Steuer als auch Ressourcen-Subvention aus oben genannten Gründen verworfen, besteht schließlich noch die Möglichkeit, dass die Nachfrager nach fossilen Ressourcen ein Nachfragekartell bilden und den Ressourcenbesitzern den Extraktionspfad aufzwingen. Damit eignen sich die Regierungen nicht nur die Knappheitsrente der Ressourcen an, sondern sie würden de facto zu den Besitzern der Atmosphäre. Durch die Begrenzung der Emissionen bestimmen sie, wie der verbleibende Deponieraum genutzt wird.

Da Sinn ein globales Nachfragekartell zwar befürwortet, aber für politisch nur schwer durchsetzbar hält, empfiehlt er eine Quellensteuer, um die Ressourcenextraktion zu verlangsamen. Er schlägt vor, dass die Einkommen auf die Zinserträge der Ressourceneigentümer mit einem einheitlichen Steuersatz belegt werden, was denselben Effekt wie eine optimale Subvention hätte, nur mit wünschenswerteren Wirkungen auf die Umverteilung der Renteneinkommen zugunsten der Länder, in denen investiert wird. Obwohl die Quellensteuer von Sinn als praktikabler Weg aus dem globalen Klima-Dilemma gesehen wird, ist sie bei genauerem Hinsehen aber mit ähnlichen Problemen behaftet wie die Ressourcensteuer oder der globale Emissionshandel. Zunächst muss ein internationales Abkommen abgeschlossen werden, das möglichst lückenlos alle Länder erfasst, in denen die Ressourcenbesitzer investieren. Aber selbst wenn sich ein Abkommen zur Quellenbesteuerung leichter durchsetzen ließe, wäre es fraglich, ob diese Steuer tatsächlich die Wirkung hätte, die Sinn ihr zuschreibt. Dagegen sprechen zwei Gründe: Erstens würde die Sinn'sche Quellensteuer nur bei „gutartigen“ Schadensfunktionen funktionieren, bei denen eine Quellenbesteuerung von weniger als 100% ausreicht, um den Extraktionspfad zu verlangsamen.<sup>9</sup> Bekäme die Schadensfunktion „Sprünge“ (z. B. durch die Kippelemente), wäre sie eine stumpfe Waffe. Denn selbst bei einer hundertprozentigen Quellensteuer würden die Ressourcenbesitzer den Verkaufserlös mit ihrer puren Konsum-Zeitpräferenzrate abdiskontieren. Dies würde zwar den Abbaupfad abflachen, doch kann die Quellensteuer nicht die Einhaltung des Kohlenstoffbudgets garantieren. Zweitens können die Kapitaleinkommen der Ressourcenbesitzer nur schwerlich mit einem anderen Steuersatz besteuert werden als gewöhnliche Kapitaleinkommen. Man könnte durch die Quellensteuer lediglich die Lücken bestehender Kapitalsteuersysteme für

---

<sup>9</sup> Bei unbegrenzt wachsenden Grenzschaäden durch den Klimawandel – wie auch bei der Forderung, ein Kohlenstoffbudget einhalten zu müssen – ist es möglich, dass der Wert für die Steuer aus Gleichung 21 (Sinn 2008b) größer als 1 wird. Mehr als 100 % der Kapitalerträge können aber nicht wegbesteuert werden – der mathematischen Lösung entspricht daher keine reale Lösung. Wird darüber hinaus die Annahme aufgehoben, fossile Ressourcen könnten nur unvollständig durch Kapital substituiert werden, entsteht dieses Problem auch schon bei entsprechend hohen, aber begrenzten Klimaschäden.

Ressourcenbesitzer schließen und damit den Extraktionspfad abflachen. Es ergeben sich allerdings keine Gestaltungsspielräume für klimapolitische Steueränderungen, da höhere Kapitalsteuern die gesamtwirtschaftlichen Investitionen und damit das Wirtschaftswachstum verringern würden. Klimapolitik würde damit zu einem Nebeneffekt der gewöhnlichen Steuerpolitik reduziert.

## 2 Warum eine CO<sub>2</sub>-Steuer das falsche Instrument ist

Eine CO<sub>2</sub>-Steuer, selbst wenn sie global eingeführt würde, kann das Klimaproblem nicht lösen - das ist die Kernthese des „Grünen Paradoxons“. Eine CO<sub>2</sub>-Steuer führt dazu, dass die Besitzer von Kohle, Öl und Gas ihre Bestände schneller fördern als dies dem Klimaproblem angemessen ist. Diese Aussage widerspricht zunächst der umweltökonomischen Standardtheorie, die in einem solchen Fall eine Steuer empfehlen würde, die zu einer Angleichung der Grenzschaäden an die Grenzkosten führt. Wenn für die CO<sub>2</sub>-Emissionen bezahlt werden muss, werden die Emissionen auf das optimale Niveau abgesenkt. Die Effizienz dieser Pigou-Steuer ist gewährleistet, wenn sie auf die verschmutzende Aktivität - z. B. Emissionen oder Ressourcenextraktion - bezogen wird. Das Problem bei der Klimaexternalität ist jedoch, dass der Schaden von einer aggregierten Bestandsgröße abhängt (CO<sub>2</sub>-Konzentrationen oder bereits extrahierte Ressourcenmenge), während Steuern auf individuelle Flussgrößen (Emissionen oder Extraktionsmenge) erhoben werden. Der Schaden einer Tonne CO<sub>2</sub> hängt eben nicht von der momentan emittierten Menge ab, sondern auch von der kumulierten Emissionsmenge.

Die Pigou-Steuer muss nun so angepasst werden, dass sie die bestandsabhängigen Schäden auf das optimale Niveau begrenzt. Dazu muss die Pigou-Steuer eine Rückkoppelung zum Verhalten der Ressourcenbesitzer herstellen (sogenannte closed-loop Strategie). Die Steuer muss sich an der bereits extrahierten Menge orientieren. Im Anhang haben wir eine solche optimale Pigou-Steuer angegeben. Die Ressourcenbesitzer betrachten jedoch den Zeitpfad als exogen und nicht durch ihr Extraktionsverhalten beeinflusst. Das hat seinen Grund darin, dass die im Boden gelagerten Ressourcen für die Besitzer ein öffentliches Gut darstellen. Je größer die Anzahl der Ressourcenbesitzer ist, desto weniger besteht eine wahrgenommene Rückkoppelung zwischen dem Steuerpfad und dem Extraktionsverhalten der Besitzer (Edenhofer und Kalkuhl 2009): Gäbe es nur einen Ressourcenbesitzer, so würde dieser wahrnehmen, dass sein Extraktionsverhalten den Steuerpfad verändert.

Man könnte die Steuer so konzipieren, dass die Steuerbemessungsgrundlage an die individuellen Bestände eines jeden Ressourcenbesitzers geknüpft ist, was für jeden Ressourcenbesitzer einen eigenen Steuersatz bedeutete. Doch dieses Vorgehen ist wenig praktikabel und mit hohen Transaktionskosten verbunden. Es bleibt dabei, je mehr die Ressourcenbesitzer den Zeitpfad der Pigou-Steuer als gegeben wahrnehmen, desto stärker werden sie ihre Extraktion beschleunigen.

Die Betrachtung des grünen Paradoxons führt somit auf ein grundlegendes umweltökonomisches Problem. Soll die Pigou-Steuer als *Steuerregel* antizipiert werden, muss sie am individuellen Bestand anknüpfen, was mit hohen Transaktionskosten

verbunden ist. Eine CO<sub>2</sub>-Steuer ist daher kein gutes Instrument für einen effektiven Klimaschutz, weil sie nicht in der Lage ist, eine optimale Nutzung der Ressource sicherzustellen.

### **3 Wie eine ambitionierte *und* realistische Klimapolitik aussehen kann**

Auf den ersten Blick ließen die Aussagen von Hans-Werner Sinn typische Instrumente gegen den Klimawandel nahezu aussichtslos erscheinen: Steigende Ressourcensteuern verschlimmerten die Extraktion, ein globales Nachfragekartell könne nicht aufgebaut werden, Subventionen für die Ölscheichs sind unzumutbar - es verbleibt die Hoffnung auf die Wirkung der Quellensteuer, die allerdings ebenfalls mit erheblichen Problemen verbunden ist. Dennoch gibt es Möglichkeiten und Anreize für eine internationale Kooperation, die zu einem wirksamen globalen Nachfragekartell führen kann; sie zu identifizieren und als konkrete, politische Vorschläge zu formulieren, ist eine der großen wissenschaftlichen Herausforderungen, der sich Ökonomen und Politikwissenschaftler stellen müssen.

Wenn wir uns hier mit einer realistischen globalen Klimapolitik beschäftigen, werden wir uns zunächst auf das Emissionshandelssystem als das Kernelement effektiver Klimapolitik konzentrieren, das um weitere Maßnahmen ergänzt werden kann. Der wesentliche Vorteil des Emissionshandelssystems gegenüber einer Steuerlösung besteht darin, dass mit ihm die Menge an Emissionen direkt gesteuert werden kann und Ressourcenbesitzer nicht gegen die Klimapolitik putschen können. Weiterhin haben Newell und Pizer (2003) gezeigt, dass diese direkte Mengenregulierung auch in einem intertemporalen Kontext immer dann von Vorteil ist, wenn die Schäden des Klimawandels mit zunehmendem Temperaturanstieg stark ansteigen. Auf lange Sicht ist dies jedoch sehr wahrscheinlich, weil die Kippschalter im Erdsystem zu einem sprunghaften Anstieg der Schäden führen und auch damit ein Mengeninstrument rechtfertigen. Ist man der Auffassung, dass man aus diesem Grund die Schäden monetär nicht quantifizieren kann und daher ein Budget für Kohlenstoff vorgibt, ist die Pigou-Steuer ein riskantes Instrument. Die Regierung müsste Wirtschaftswachstum, technischen Fortschritt und die Knappheit der fossilen Energieträger richtig prognostizieren können, um den gewünschten Mengeneffekt zu erzielen. Verschätzt sich die Regierung, so wird das Mengenziel verfehlt (Edenhofer u. a. 2009b). Angesichts dieser Unsicherheiten scheint uns eine direkte Begrenzung der Menge sinnvoll, wie dies durch ein Emissionshandelssystem erreicht werden kann.

#### **3.1 Wege zu einem globalen Kohlenstoffmarkt**

Den Ausführungen von Hans-Werner Sinn kann man noch eine weitere Befürchtung entnehmen, die sich die Verhandlungsführer auf den Weltklimakonferenzen immer wieder vor Augen führen sollten: Der schrittweise Aufbau eines Emissionshandelssystems wird nicht gelingen, weil diejenigen, die sich dem Club der Klimaschützer anschließen, zwischen zwei Mühlsteinen zerrieben werden. Zum einen werden die Ressourcenbesitzer

schneller extrahieren, zum anderen haben auch die Verbrauchsländer einen ständigen Anreiz, aus dem Club auszuscheren und sich die Kosten des Klimaschutzes zu erlassen. Warum sollte denn Europa seine Emissionen reduzieren, wenn China und Indien weiter munter ihre Kohle für die Stromerzeugung verbrennen? Es darf als unwahrscheinlich gelten, dass China und Indien vor 2020 überhaupt internationale Verpflichtungen zur Reduktion von Emissionen übernehmen. Lohnt sich dann die ganze Anstrengung? Hier hängt alles davon ab, ob es ab dem Jahr 2020 zu einem Abkommen mit Reduktionsverpflichtungen für alle wichtigen Spieler kommen kann. Wenn dies gelingt, dann lohnt es sich für Europa und auch die USA sehr wohl, mit dem Klimaschutz jetzt zu beginnen, weil damit die Infrastruktur frühzeitig auf die Anforderungen einer Niedrigemissionsgesellschaft umgestellt und Fehlinvestitionen vermieden werden können. Erste Modellrechnungen zeigen, dass sich bei einem Weiter-so nach 2020 anschließend kaum mehr ambitionierter Klimaschutz erreichen lässt, weil dann die Last der Emissionsreduktion angesichts der emissionsintensiven Infrastruktur für die Länder zu groß sein wird (Luderer u. a. 2009). Dies ist zunächst ein entmutigendes Ergebnis, das jedoch eine entscheidende Implikation hat: Es bedarf glaubwürdiger politischer Strategien, die es für die Investoren zumindest als sehr wahrscheinlich erscheinen lassen, dass es ab 2020 zu einem internationalen Abkommen über Reduktionsverpflichtungen kommt.

Wie könnten solche glaubwürdigen Strategien aussehen? Der erste Schritt könnte ein transatlantischer Kohlenstoffmarkt sein. Präsident Obama hat bereits angekündigt, dass er ein nationales Emissionshandelssystem einführen will.<sup>10</sup> Ähnliche Systeme entstehen auch in anderen Weltregionen etwa in Australien, Neuseeland, aber auch in der Schweiz. Diese entstehenden Emissionshandelssysteme sind bereits auf eine indirekte Weise verknüpft, nämlich über den sogenannten „Clean Development Mechanismus“ (CDM). Durch diesen Mechanismus ist es Unternehmen erlaubt, ihre heimischen Minderungsverpflichtungen auch im Ausland zu erbringen, weil dort die Grenzvermeidungskosten wesentlich geringer sind als in der heimischen Wirtschaft. So ist es gerade wegen der geringen Effizienzstandards in China sehr viel billiger eine Tonne CO<sub>2</sub> zu vermeiden als in Europa. Werden die Emissionen dann im Ausland vermindert, so wird den Unternehmen die Minderung gutgeschrieben. Wenn nun Unternehmen in allen regionalen Emissionshandelssystemen günstige Gutschriften aus dem CDM auf dem Weltmarkt erwerben können, werden sich ihre Preise auf dem Niveau der Preise für CDM-Gutschriften angleichen.

Um die Schwellenländer effektiver in den Emissionshandel einzubeziehen, muss der CDM jedoch reformiert werden. Dies könnte etwa durch einen sektorspezifischen CDM geschehen, bei dem sich z. B. China für seinen Stromsektor zu einem „No-loose“-target verpflichtet. China bekäme dann Emissionsrechte gutgeschrieben, wenn es vereinbarte Effizienzstandards übererfüllt; würde es sie unterschreiten, hätte es keine Sanktionen zu befürchten. Der Sinn dieses sektorspezifischen CDM besteht darin, Schwellenländern die Erfahrung machen zu lassen, dass es nicht so schwierig ist, die Emissionen zu verringern. Auch käme es im Rahmen dieses CDM zu einem Technologietransfer. Unternehmen aus

---

<sup>10</sup> Reuters News: “Obama vows climate action despite financial crisis“ vom 18. November 2008.

Europa könnten effizientere Kohlekraftwerke nach China exportieren. Dies käme den Interessen der chinesischen Seite entgegen, die vom CDM vor allem deshalb enttäuscht ist, weil dieser zwar zu Geldzuflüssen geführt hat, aber zu keinem nennenswerten Technologietransfer. Je effektiver der reformierte CDM Anreize für großskalige Reduktionen in Schwellenländer bietet, desto wahrscheinlicher wird durch den vergrößerten CDM Markt auch die Angleichung der Zertifikatspreise in indirekt verknüpften regionalen Emissionshandelssystemen.

Wenn also über den CDM schon eine Preiskonvergenz stattfindet, warum sollte man dann die Emissionsmärkte überhaupt noch direkt miteinander verknüpfen, warum soll dann der US-amerikanische und der europäische Emissionsmarkt integriert werden? Hierfür sprechen im Wesentlichen drei Gründe: Erstens hätte ein großer gemeinsamer Markt erheblichen Einfluss auf die Erwartungsbildung von Investoren. Dies würde nämlich signalisieren, dass die USA und Europa einen internationalen Klimaschutz wollen und den Nukleus einer „Koalition der Willigen“ bilden. Ein transatlantischer Kohlenstoffmarkt würde Modellcharakter für die Einbindung weiterer Regionen in den internationalen Klimaschutz haben. Der zweite, technische Grund besteht darin, dass die Konvergenz der Preise zwischen wichtigen Handelspartnern nur bei direkter Integration garantiert ist. Durch die Verknüpfung der beiden Systeme und den resultierenden gemeinsamen Zertifikatspreis werden mögliche Wettbewerbsverzerrungen zwischen den USA und Europa ausgeräumt (Edenhofer u. a. 2007; Flachsland u. a. 2009). Drittens schließlich werden die Schwellenländer ab 2020 absolute Reduktionsverpflichtungen übernehmen müssen, wodurch sich der CDM-Markt wieder verkleinert und die Preiskonvergenz durch indirekte Verknüpfungen abgeschwächt wird.

Während die USA sich anschicken, vor dem Hintergrund der Lehren aus dem Europäischen Emissionshandel ein effektives System mit einer breiten Abdeckung ihrer Emissionen und der Versteigerung von Zertifikaten einzuführen, muss der europäische Emissionshandel hier noch seine Hausaufgaben erledigen. Eine breitere sektorale Abdeckung von Emissionsquellen ist sicherlich die größte Hürde, die der europäische Emissionshandel zu nehmen hat. Der Emissionshandel soll ja dazu führen, dass die günstigsten Vermeidungsoptionen gewählt werden. Wie jedoch verschiedene „Bottom-up“-Analysen zeigen, findet man die günstigsten Vermeidungsoptionen vor allen in denjenigen Sektoren, die noch nicht im europäischen Emissionshandel einbezogen sind, z. B. im Bereich der Gebäudesanierung, in dem die Kosten der Emissionsminderung sogar negativ sind (Enkvist u. a. 2007).

Die Wirksamkeit eines globalen Nachfragekartells bestreitet Hans-Werner Sinn nicht, aber er sieht dafür nur geringe politische Durchsetzungschancen, die sich jedoch in den letzten Monaten durch die Entwicklungen in den USA erhöht haben. Nachfragekartelle sind so instabil wie Angebotskartelle. Sie schaffen permanent einen Anreiz zum Trittbrettfahrerverhalten. Dabei gibt es durchaus Anreize, einem globalen Reduktionsabkommen bzw. Kohlenstoffmarkt beizutreten, die im Folgenden näher erläutert werden. Wenn beispielsweise Technologiepolitik mit dem globalen Emissionshandel verbunden wird, kann die Instabilität eines solchen Nachfragekartells behoben werden, weil das Kartell mehrere Probleme gleichzeitig löst (so genanntes „issue linking“, z. B. Carraro 1999).

### *3.1.1 Internationale Technologiepolitik*

Die Länder eines solchen Kartells könnten sich zu einem Technologieprotokoll verpflichten, in dem die Nutzung der sauberen Technologien nur denen zugute kommt, die sich an der Verminderung der Emissionen beteiligen. Weil Wissen und Technologien - zumindest teilweise - öffentliche Güter sind, besteht unabhängig vom Klimaproblem generell eine chronische Unterinvestition in Forschung und Entwicklung. Vermehrte internationale Kooperation auf diesem Gebiet ist wünschenswert, auch wenn es kein Klimaproblem gäbe. Da es einzelnen Ländern vor allem im Bereich der Grundlagenforschung gelingt, die Diffusion dieser Erkenntnisse zu begrenzen, sind auch die Voraussetzungen gegeben, dass der Nutzen der Forschung auf den Club beschränkt bleibt. Was allgemein in der Forschung gilt, kann auch für den Bereich der Vermeidungstechnologien genutzt werden. Dies gilt vor allem für drei Bereiche: Die erneuerbaren Energieträger, Kohlenstoffabscheidung und -einlagerung, aber auch für die Nuklearforschung, vor allem für die Fusionsforschung und die Entwicklung neuer Prototypen von Kernkraftwerken wie etwa der Rubbia-Reaktor. In all diesen Bereichen müssen in den nächsten Dekaden Demonstrationsanlagen entstehen, die zeigen, ob und zu welchen Kosten diese Techniken möglich sind. Die ersten kommerziellen Anlagen können dann durch diese Länder genutzt werden, die Teil des „Klimaclubs“ sind. Der Klimacub könnte den Anreiz zum Beitritt noch erhöhen, wenn er diejenigen mit Zöllen auf emissionsintensive Produkte bestraft, die sich wie Trittbrettfahrer verhalten. Spieltheoretische Analysen zeigen, dass dieses „issue linking“ die Stabilität von Koalitionen erheblich erhöht und zu einer ausreichenden internationalen Kooperation führen kann (Lessmann u. a. 2009).

### *3.1.2 Energiesicherheit*

Neben den Vorteilen einer integrierten Technologiepolitik erhöht ein Nachfragekartell zudem die Energiesicherheit, weil die Verbraucher fossiler Ressourcen den Ressourcenbesitzern ihren Preispfad aufoktroieren und damit auch die Preispolitik mitbestimmen. Man wird hier einschränkend hinzufügen müssen, dass in den typischen Ressourcenextraktionsmodellen nur eine erschöpfbare Ressource vorkommt. Damit wird vernachlässigt, dass es durch die mengenmäßige Beschränkung der Emissionen durchaus zu einem vermehrten Umstieg auf Erdgas kommen könnte, was die Gasnachfrage unter Umständen kurzfristig erhöhen und damit die Importabhängigkeit der EU etwa von Russland steigern könnte. Der Gefahr der erhöhten Importabhängigkeit könnte jedoch durch Effizienzsteigerungen im Wärmemarkt begegnet werden durch weitere Diversifizierung von Bezugsquellen und durch die Entwicklung der Flüssiggasmärkte, wodurch Gas mit Schiffen transportiert werden kann. Aber auch auf dem Markt für Braun- und Steinkohle wären positive Wirkungen zu erwarten. Zwar sind hier die großen Emittenten wie USA, Russland, China und Indien gleichermaßen Verbraucher und Besitzer von Kohle. Doch auch hier würde der Emissionsmarkt die Marktmacht einzelner Extrakteure begrenzen und bei einer Auktionierung der Emissionsrechte die Renten der Monopolisten abschöpfen. All dies wird den Preiserhöhungsspielraum der Extrakteure stark begrenzen. Durch dieses Nachfragekartell hätten sich die Verbrauchsländer dem Preisdiktat entwunden und der Emissionshandel hätte so noch segensreiche Wirkungen

für die Energiesicherheit. Weiterhin ist zu erwarten, dass die Preisvolatilitäten und Spekulationen auf dem Markt für fossile Ressourcen abnehmen könnten, weil nun nicht mehr fossile Ressourcen mit unsicheren Reserven und Extraktionskosten den knappen und begrenzten Faktor darstellen, sondern die präzise definierbare Menge an Zertifikaten, mit deren Hilfe festgelegt wird, in welchem Umfang der „Deponieraum“ Atmosphäre noch genutzt werden soll.

### 3.1.3 Kapitalmarktrisiken

In seinen Überlegungen zum Angebotsverhalten hat Hans-Werner Sinn das Problem der unsicheren Eigentumsrechte für Rohstoffbesitzer aufgegriffen, das sich allgemein als Problem der unsicheren Zukunftsmärkte verstehen lässt und dazu führt, dass Investoren eine höhere Diskontrate haben können als es sozial optimal wäre. Kreditrationierung, unsichere Zukunftserwartungen, unzureichende Zukunftsmärkte für Primärenergieträger können ebenfalls Gründe sein, warum der Zeithorizont vieler Investoren zu kurz ist. Damit haben wir jedoch erst die Spitze des Eisberges in Augenschein genommen, denn auch für den intertemporalen Markt für Emissionsrechte, der ja bei einem festen Kohlenstoffbudget wie ein Markt für erschöpfbare Ressourcen funktioniert, gibt es (noch) keine geeigneten Zukunftsmärkte. Für ein kosteneffektives Erreichen des Klimaschutzzieles muss aber gewährleistet sein, dass das Kohlenstoffbudget intertemporal optimal bewirtschaftet wird. Das heißt aber auch, dass die Investoren nicht nur *intersektoral* („ein einheitlicher Kohlenstoffpreis für alle“), sondern auch *intertemporal* volle Flexibilität benötigen. Emissionsrechte müssen dann wie andere Vermögenswerte gespart und beliehen werden können und auch hier sind Finanzintermediäre notwendig, die eine Fristentransformation erlauben. Fehlt es an diesen Institutionen, würden die Investoren ihre Diskontrate erhöhen, was wiederum - analog zum Modell erschöpfbarer Ressourcen - zu einem zu schnellen Verbrauch der Zertifikate führt und damit Wohlfahrtsverluste verursacht. Ein Markt für Emissionsrechte, der diese intertemporale Flexibilität ermöglicht, ohne zu Unsicherheiten und einer Verkürzung des Zeithorizonts zu führen, ist ein wichtiges Thema gegenwärtiger Forschung. Bezüglich solcher Kapitalmarktrisiken hat Hans-Werner Sinn eine wichtige Frage in den Raum gestellt und sogar eine erste Antwort gefunden - die Quellensteuer. Dennoch bleibt die Frage, wie Emissionsmärkte funktionieren können, wenn es nur unzureichende Zukunftsmärkte gibt.

Zusammenfassend kann man sagen, Hans-Werner Sinn warnt zurecht vor der Illusion, die gerade in Deutschland weit verbreitet ist, die Förderung erneuerbaren Energien allein genüge, um das Klimaproblem zu lösen. Ein globales Nachfragekartell kann viele Interessen miteinander verbinden: Klimaschutz, Energiesicherheit, industrielle, technologische und wirtschaftliche Entwicklung. Zudem würde ein solches Kartell die Knappheitsrente der Besitzer fossiler Ressourcen abschöpfen und eine neue „Klimarente“ erzeugen, weil der Deponieraum der Atmosphäre zum knappen Gut würde statt der fossilen Bestände, die noch im Boden lagern. Da die Atmosphäre der limitierende Faktor ist, wird die „Klimarente“, die durch die Festlegung eines Kohlenstoffbudgets entsteht, die Ressourcenrenten übersteigen. Diese Rente könnte dann auch für Kompensationen verwendet werden, um die Ressourcenbesitzer für entgangene Gewinne wenigstens teilweise zu entschädigen.

### **3.2 Aufforstung, Verhinderung der Abholzung und CCS**

Neben den Instrumenten zur wirksamen Senkung der globalen Nachfrage nach fossilem Kohlenstoff stellen jene Maßnahmen, die die Nachfrage nach fossilen Ressourcen nicht unmittelbar senken und damit auch die Renteneinkommen der Ressourcenbesitzer unberührt lassen, eine weitere wichtige Option dar. Dies sind die Aufforstung, die Verhinderung von Abholzung und die Abscheidung von Kohlenstoff an großen Kohle- und Gaskraftwerken (CCS). Obwohl diese Optionen v. a. für jenen Zeitraum wichtig sind, in dem es noch keinen globalen Kohlenstoffmarkt gibt, bleiben sie aber auch bei einem Zustandekommen eines globalen Nachfragekartells wichtig. Allein die Abholzung der tropischen Regenwälder verursacht ca. 20% der weltweiten Emissionen (Stern 2007). Die Abscheidung und Einlagerung von Kohlenstoff in den geologischen Untergrund ist auch dann von Bedeutung, wenn es zu einem globalen Abkommen kommt, weil sie die Vermeidungskosten senkt. Wir werden uns mit diesen Optionen genauer beschäftigen, die als eine sinnvolle Ergänzung zum Emissionshandel, nicht aber als möglichen Ersatz verstanden werden müssen.

Bei der Verhinderung der Abholzung gestaltet sich die Suche nach wirkungsvollen politischen und ökonomischen Instrumenten schwierig, weil die Gründe für die Abholzung sehr komplex sind - unsichere Eigentumsrechte und die Entwicklung auf den Agrarmärkten sind nur zwei wichtige Faktoren in diesem Zusammenhang. Internationale Waldabkommen sind vor allem deshalb kaum erfolgreich, weil nationale Regierungen die Eigentumsrechte am Wald nicht gewährleisten können und eine Überwachung der Waldflächen nicht übernehmen können, da hierfür die politischen und institutionellen Voraussetzungen fehlen. Daneben bestimmen die Energiemärkte etwa seit dem Jahr 2000 das Geschehen auf den Agrarmärkten. Hans-Werner Sinn hat darauf hingewiesen, dass seit 2000 der Ölpreis schneller gestiegen ist als die Preise für Getreide und Mais. Für die Bauern wird es damit immer wirtschaftlicher, nicht mehr Nahrungsmittel, sondern Bioethanol und Biodiesel zu produzieren bzw. neue Flächen für deren Produktion zu erschließen. Die Subventionen der Regierungen, vor allem in Brasilien, den USA und Europa, haben diesen Effekt verstärkt.

Die Verbindung mit dem globalen Klimaproblem führt daher auch zu der Idee eines globalen Wald- und Landnutzungsmanagements. So gibt es Vorschläge, die Wälder in den Emissionshandel zu integrieren, weil dadurch die Besitzer der Wälder zumindest für ihren Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Bindung entlohnt werden können (Santilli u. a. 2005; Achard u. a. 2005). Da die Vermeidungskosten relativ gering sind (Kindermann u. a. 2008; Enkvist u. a. 2007), würde dies zu geringeren Grenzkosten für den gesamten Klimaschutz führen. Allerdings sind bei der Integration der Wälder in den Emissionshandel gewichtige Probleme der Messbarkeit der Emissionen sowie der Permanenz der vermiedenen Entwaldung zu lösen. Auch würde die bloße Integration der Wälder in den globalen Emissionshandel nur ihre klimawirksame Senkenfunktion erfassen. Wald ist aber nicht nur eine Kohlenstoffsenke, er dient vor allem in den Entwicklungsländern als Lebens- und Wirtschaftsraum für viele Menschen. Mit fortschreitender Entwaldung werden auch Tier- und Pflanzenarten vernichtet und der lokale Wasserhaushalt empfindlich gestört. Eine Alternative zu marktorientierten Mechanismen wäre daher der Aufbau eines

internationalen Fonds, mit dessen Hilfe Waldschutzmaßnahmen, die über die Klimaschutzfunktion von Wäldern hinausgehen, finanziert werden könnten. Auch für die Waldproblematik gilt, dass mehrere effiziente Lösungen möglich sind, mit unterschiedlichen Wirkungen auf Verteilung und politische Durchsetzbarkeit (Coase 1960).

Hans-Werner Sinn betont zu Recht die Bedeutung der Wälder, die eine wichtige, aber auch nur begrenzte Option für den Klimaschutz darstellen. Da ausgewachsene Wälder kaum in den Netto-Kohlenstoffkreislauf eingreifen, besitzen Aufforstung wie auch verhinderte Abholzung allerdings nur einen einmaligen Senkeneffekt, durch den die Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträgern nicht dauerhaft absorbiert werden können. Die Entwicklung adäquater Instrumente für eine Integration des Waldschutzes mitsamt Schutz der Biodiversität in die Klimapolitik ist jedoch eine wichtige Forschungsfrage.

Die Option der Kohlenstoffabscheidung und -einlagerung im geologischen Untergrund beeinflusst anders als erneuerbare Energien nicht die unmittelbare Nachfrage nach fossilen Ressourcen und ist aus zwei Gründen bedeutsam: Erstens ist, wie oben gezeigt, die Kohle reichlich und auch relativ preisgünstig vorhanden, was derzeit zu einer Renaissance der Kohle führt. Zweitens ist die Option wichtig in Verbindung mit der Nutzung von Biomasse, da Energie aus Pflanzen grundsätzlich emissionsneutral genutzt werden kann.<sup>11</sup> Wenn der bei der Verbrennung freiwerdende Kohlenstoff, etwa bei der Elektrizitätserzeugung, eingefangen wird, erzeugt man sogar negative Emissionen. Die Abscheidungstechnik kann auch genutzt werden, wenn aus Biomasse Methan erzeugt wird, das dann als Substitut zum Erdgas genutzt werden kann (WBGU 2008, S. 294). Diese negativen Emissionen sind notwendig, wenn im 21. Jahrhundert die atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentration auf 400 ppm stabilisiert werden soll, um mit hoher Wahrscheinlichkeit das 2-Grad-Ziel erreichen zu können. Wie verschiedene Modellrechnungen zeigen, ist die kombinierte Biomasse-CCS-Option hierfür unverzichtbar (Edenhofer u. a. 2009a). Es sind hier noch viele offene Fragen zu klären. Denn früher oder später schlägt die Knappheit der geologischen Lagerstätten zu, in denen schätzungsweise über 545 Gigatonnen Kohlenstoff gelagert werden könnten (IPCC 2005, S. 33). Verschiedene Modellrechnungen für das 400-ppm-Konzentrationsziel ergeben einen Bedarf von 150 bis 400 Gigatonnen Kohlenstoff, der eingelagert werden muss (Edenhofer u. a. 2009a). Aber auch diese Lagerstätten müssten bewirtschaftet werden und einen Knappheitspreis bekommen.

### **3.3 Erneuerbare Energie**

In seinem Buch wird Hans-Werner Sinn nicht müde, den Aktionismus einiger Politiker und die Förderpraktiken für die erneuerbaren Energien anzuprangern. Recht hat er in

---

<sup>11</sup> Allerdings wird eine emissionsfreie Nutzung der Bioenergie in der Praxis meist nicht erreicht, weil bei Anbau und Verarbeitung von Energiepflanzen fossile Energieträger (z. B. für Industriedünger und Maschinen) eingesetzt werden oder gar Waldflächen zerstört werden. Hier zeigt sich, wie wichtig ein globaler Kohlenstoffmarkt ist, der nicht nur Kohle, Öl und Gas umfasst, sondern auch andere Inputs der Biomasseproduktion wie Düngerproduktion und, nach Möglichkeit, die Wälder.

seiner Forderung nach einem einheitlichen Kohlenstoff-Preis, der für ausnahmslos alle gelten soll. Recht hat er in seiner Kritik, nicht nur bestimmte Technologien - wie die Erneuerbaren - zu fördern, sondern alle Technologien, die eine Starthilfe und Anschubfinanzierung aufgrund besonders hoher positiver externer Effekte brauchen. Dies hat nämlich nichts mit Klimaschutz zu tun, sondern mit wirksamer Wirtschafts- und Wachstumspolitik.

Dennoch gibt es gute Gründe, erneuerbare Energien und Energieeffizienzmaßnahmen besonders zu fördern. Backstop-Technologien<sup>12</sup>, die erneuerbare Primärenergieträger wie Wind und Sonne als Produktionsfaktor nutzen, sind in erster Linie „lernende Technologien“, deren Kosten sich durch Nutzung, Ausbau und damit verbundener Weiterentwicklung ständig verringern (Stern 2007, S. 347-376). Dies trifft jedoch nicht nur für die Anbieter dieser Technologien auf dem heimischen Markt zu, sondern durch diese Investitionen werden auch die erneuerbaren Energien für die Schwellenländer billiger, die in Zukunft einem Klimaabkommen beitreten sollen. Je stärker die Industrieländer in „lernende“ Backstop-Techniken investieren, umso früher und schneller sinken die Kosten des Klimaschutzes für Länder, die ansonsten nicht bereit wären, diese Investitionen zu tätigen.<sup>13</sup> Daher ist es durchaus vernünftig, erneuerbare Energien zu fördern, um diese spezifischen Externalitäten zu internalisieren.

Allerdings ist diese Förderung nur sinnvoll, wenn es langfristig zu einem globalen Klimaabkommen oder Emissionshandel kommt. Denn nur in diesem Rahmen führt die Kostensenkung der Backstop-Technologien zu Wohlfahrtsgewinnen. Gibt es kein wirksames Nachfragekartell, sähen sich die Ölscheichs und Kohlebarone durch die Ankündigung eines solaren Zeitalters bedroht und erhöhten die Extraktion ihrer Ressourcen. Die Hoffnung, das anbrechende solare Zeitalter allein könnte das Klimaproblem lösen, ist eine Illusion, weil Backstop-Technologien auch in absehbarer Zeit nicht ausreichend Energie zu Preisen unterhalb der Extraktionskosten für fossile Ressourcen, vor allem für Kohle, anbieten können. Werden jedoch die erneuerbaren Energien und andere Backstop-Technologien gefördert, führt dies zu einer drastischen Senkung der Kosten des Klimaschutzes. Der Preis für Kohlenstoff kann sogar sinken, wenn die Backstop-Technologien weiter „lernen“ und dadurch die Kosten senken. Die Skeptiker des Klimaschutzes und die Lobbyisten der erneuerbaren Energien sind hier eine unheilige Allianz eingegangen. Die einen betonen, wie sinnlos die Förderung der erneuerbaren Energieträger ist, die anderen werden nicht müde zu betonen, man brauche keinen globalen Emissionshandel, die Förderung der erneuerbaren Energieträger sei völlig ausreichend. Beide Behauptungen sind gleichermaßen absurd. Der globale Emissionshandel ist essenziell, um den gefährlichen Klimawandel zu vermeiden; die Förderung der erneuerbaren Energieträger ist wichtig, um Externalitäten der Technologieentwicklung zu adressieren und Vermeidungskosten

---

<sup>12</sup> Als Backstop-Technologie werden Formen der Energiegewinnung bezeichnet, die sich einer reichlich vorhandenen Energiequelle bedienen und diese – im Gegensatz zu erschöpfbaren Energiequellen – zu konstanten oder gar fallenden marginalen Kosten anbieten können (Popp 2006).

<sup>13</sup> Stehen preiswerte Substitute für fossile Energien zur Verfügung, ist ein ambitioniertes Klimaschutzziel politisch leichter durchsetzbar, da Regierungen mit einer größeren Unterstützung durch die Bevölkerung rechnen können und auf einen geringeren Widerstand von Lobbygruppen stoßen, die mit dem Argument der hohen Vermeidungskosten Klimaschutzziele oft verwässern (Helm 2005).

frühzeitig zu senken, um so die politische Durchsetzbarkeit von verbindlichen und ambitionierten Klimaschutzzielen zu erhöhen.

## 4 Warum das *Grüne Paradoxon* missverstanden wird

*Das Grüne Paradoxon* ist nicht das Werk eines Klimaskeptikers - es ist das Werk eines Ökonomen, der vor Illusionen warnen will. Das Buch hat ein Deutscher geschrieben, der den Aufstieg der Grünen als Protestpartei gegen die Kernkraft erlebt hat. Die 1980er Jahre waren jedoch von lokalen Umweltproblemen geprägt - mit dem Klimaproblem entsteht aber ein globales Senkenproblem. Mit seinem Buch macht Hans-Werner Sinn unumwunden klar, dass der Verteilungskonflikt um die Ressourcen- und Klimarente das 21. Jahrhundert prägen wird. Die Eigentumsrechte an den fossilen Ressourcen sind - bedingt durch historische Zufälle - so verteilt, dass ihre Besitzer de facto auch das Eigentum am Klima haben. Der daraus entstehende geostrategische Verteilungskonflikt, lässt sich nicht einfach dadurch entschärfen, dass die Verbrauchsländer von Kohle, Öl und Gas vermehrt in Sonne, Wind, Kernspaltung und Kernfusion investieren. Aufforstung und Kohlenstoffabscheidung spielen hier eine gesonderte Rolle, weil sie die Nachfrage nach fossilen Ressourcen nicht verändern. Es ist gerade für die Umweltbewegung schwer zu ertragen, dass die alleinige Förderung der erneuerbaren Energien hier nicht die Lösung ist. Ohne ein globales Abkommen wie etwa ein Emissionshandelssystem führt die Förderung der erneuerbaren Energieträger zu Wohlfahrtsverlusten und möglicherweise auch zu vermehrten Emissionen. Ohne Förderung erneuerbarer Energien, die schnelle Entwicklung preiswerter Substitute für fossile Ressourcen und einer preiswerten CCS-Technologie ist wiederum ein globales ambitioniertes Klimaschutzabkommen kaum denkbar. Ein globales Klimaabkommen und die Förderung innovativer Vermeidungstechnologien bedingen sich hier gegenseitig.

Hans-Werner Sinn übertreibt jedoch, wenn er die gesamte grüne Bewegung der Illusionen bezichtigt. Dass die Preise die ökologische Wahrheit sagen müssen, dass Nachhaltigkeit heute ein präziser ökonomischer Begriff geworden ist, wäre ohne die Umweltbewegung kaum vorstellbar. Auch das Klimathema hätte ohne den IPCC und die Umweltbewegung nicht die politische Bedeutung gewonnen, und der IPCC selbst wäre ohne die Diskussionen um das Ozonloch und den sauren Regen nicht denkbar gewesen.<sup>14</sup> Dennoch wird man Hans-Werner Sinn zustimmen, dass sich gerade die deutsche und europäische Umweltbewegung leicht in der Illusion wiegen könnte, das Klimaproblem sei bald gelöst, weil die Europäer eine klimapolitische Führungsrolle übernommen haben.

*Das Grüne Paradoxon* hat viel Beifall bekommen von Leuten, die die politischen Bemühungen um den Klimaschutz diskreditieren wollen. Es ist jedoch klar, dass Hans-Werner Sinn im Klimaproblem eine der größten Herausforderungen der Menschheit

---

<sup>14</sup> Ohne die Umweltbewegung wäre es kaum vorstellbar gewesen, dass Themen wie das Ozonloch eine starke öffentliche Aufmerksamkeit erhalten hätten, die schließlich zu einem Verbot der FCKWs führten. Diese Erfahrung hat Bert Bolin, Gründer des Stockholm Environment Institute, dazu gebracht, den IPCC zu gründen, der einen neuen Dialog zwischen Wissenschaft und Politik ermöglichen sollte, in dem der IPCC die Rolle des ehrlichen Maklers einnehmen sollte.

sieht. Und er macht klar, dass er nichts von der Aussage hält, die Welt könne sich an den Klimawandel einfach anpassen. Zwar sieht er in einem globalen Emissionshandel das einzige wirkungsvolle Instrument, schätzt dessen politischen Durchsetzungschancen aber gering ein. Weil der Emissionshandel seiner Meinung nach nicht durchsetzbar ist, schlägt er als „Second-best“-Option eine Quellensteuer vor. Allerdings erscheint sein Vorschlag der Quellensteuer kaum zielführend, wenn man bedenkt, dass es hierzu einerseits eines internationalen Quellensteuerabkommens bedarf, andererseits die Auswirkungen auf die Extraktionsraten bei realistischen Steuersätzen eher moderat ausfallen würden. Sinn sagt unverblümt, was ein globales Klimaabkommen bedeutet: den Besitzern fossiler Ressourcen werden die Renten entwunden, um der Weltgemeinschaft die Eigentumsrechte an der Atmosphäre zu verschaffen. Von daher ist es unverständlich, warum er insinuiert, es handele sich beim Emissionshandel um eine zentralplanerische Lösung, die bei den Lesern Erinnerungen an Bezugsscheine, Warteschlangen und notorischer Ineffizienz wachruft. Ein intertemporaler Markt für Emissionsrechte hat wenig mit einer Zentralverwaltungswirtschaft gemein; vielmehr werden durch diesen erst die Suchprozesse nach den günstigsten Vermeidungsoptionen ausgelöst. Dass hier die Mangel Erfahrungen der ehemaligen DDR und Bezugsgutscheine der Nachkriegsjahre bemüht werden, dient der Polemik und ist geeignet, ein Instrument zu diskreditieren, mit dessen Hilfe der Umbau der Industriegesellschaft zu schaffen wäre.

Die entscheidende Frage ist jedoch, ob sich die Weltgemeinschaft langfristig zu einem gemeinsamen Management globaler öffentlicher Güter durchringen wird. Wenn alle Nationen in einen realpolitischen Pessimismus verfallen und dies wegen der aufkommenden Verteilungsfragen für unmöglich halten, wird sich dieser Pessimismus selbst bestätigen. Eine ambitionierte Klimapolitik der EU kann helfen, „frühzeitig Vermeidungspotenziale zu entdecken, neue Technologien zu entwickeln und damit eine bessere Informationsbasis über die Vermeidungskosten zu entwickeln. Sie rettet nicht das Weltklima, ist aber ein wichtiger Schritt hin zu einem wirksamen globalen Klimaschutz. Kommt es zu einem globalen Abkommen, zahlen sich die Vorleistungen aus. Wird den Anbietern fossiler Ressourcen bewusst, dass die Emissionsminderung um so stärker ausfallen wird, je mehr sie heute extrahieren, desto weniger werden sie einen Anreiz zum Putsch haben. Hier muss und kann eine erfolgreiche „grüne“ Politik ansetzen: Sie wird vor allem und zuerst einen globalen Emissionshandel zu verwirklichen suchen, der mit einer offensiven Technologiepolitik verbunden wird. Gelingt dies nicht, wird die Klimapolitik scheitern. Eine illusionslose Klimapolitik mag schwierig und visionär sein, aber sie ist nicht aussichtslos. Das *Grüne Paradoxon* ist ein Menetekel und keine Prognose. Als Warnung ist es wichtig, als Prognose wäre es selbsterfüllend.

## Anhang

### 1. Die optimale Ressourcen-Steuerregel; hergeleitet aus dem Modell von Sinn (2008b):

Der Gewinn  $\Pi$  der Ressourcenbesitzer setzt sich wie folgt zusammen:

$$\Pi = (p - g(S) - \tau(S))R,$$

wobei  $p$  der Ressourcenpreis,  $g(S)$  und  $\tau(S)$  die vom Bestand  $S$  abhängigen Extraktionskosten bzw. Pigou-Steuer sowie  $R$  die geförderte Ressourcenmenge bezeichnet. Mit  $r$  als Zins ergibt sich aus dem Maximierungsprinzip für dynamische Optimierung folgende modifizierte Hotelling-Regel für das Abbauverhalten der Ressourcenbesitzer:

$$r = \frac{\dot{p}}{p - g(S) - \tau(S)}$$

Wählt man für die Ressourcensteuer  $\tau(S) = \frac{f_S}{r}$  ( $f_S$  ist die Grenzproduktivität des nicht in die Atmosphäre emittierten Kohlenstoffes), gleicht die private Hotelling-Regel der sozialen Regel (Sinn 2008b, Gleichung 9 - vorausgesetzt Zins und Ressourcenpreis sind nicht durch weitere Marktversagen verzerrt).

### 2. Falsch antizipierte Ressourcen-Steuer:

Wenn die optimale bestandsabhängige Steuer  $\tau(S)$  erhoben wird, diese aber als rein zeitabhängige Steuer antizipiert wird, also  $\frac{\partial \tau}{\partial S} = 0$  aus Sicht der Ressourcenbesitzer, ergibt sich als Hotelling-Regel:

$$r = \frac{\dot{p} + f_S + \frac{f_{SS}R}{r}}{p - g}$$

Wegen  $f_{SS} < 0$  führt dies zu einer vorgezogenen Extraktion gegenüber der sozial optimalen Hotelling-Regel. Dieser Fall tritt auf bei unendlichen vielen Ressourcenbesitzern (Edenhofer und Kalkuhl 2009).

### 3. Zeitlicher Verlauf der Pigou-Steuer

Die zeitliche Ableitung der Pigou-Steuer bei konstantem Zins und positiver Extraktion ist positiv:

$$\dot{\tau}(S) = \frac{\dot{f}_S}{r} = \frac{f_{SS}\dot{S}}{r} = -\frac{f_{SS}R}{r} > 0,$$

da  $f_{SS} < 0$  nach Sinn (2008b).

Als Änderungsrate der Steuer ergibt sich:

$$\hat{\tau}(S) = \frac{\dot{\tau}(S)}{\tau(S)} = -\frac{f_{SS}R}{f_S} > 0,$$

welche im Allgemeinen nicht konstant ist, solange  $R > 0$  ist.

#### 4. Unvollständige Extraktion des Bestandes

Die Versiegelung des Bestandes auch in unendlicher Zeit erfolgt, wenn es ein  $\varepsilon$  größer als null gibt und folgende Bedingung erfüllt ist (vgl. Sinn 2008b, A8 und A9):

$$\frac{f_S - g_S R}{f_R - g(S)} \geq \varepsilon > 0 \quad \text{für } t \rightarrow \infty$$

In Sinn (2008b) kann das wegen zwei Annahmen nicht passieren. (1) Die Grenzproduktivität der Ressourcen  $f_R$  geht gegen unendlich, wenn  $R$  gegen null geht (was ja bei begrenztem Stock irgendwann passieren muss). Das ist die Annahme der begrenzten Substituierbarkeit von fossilen Ressourcen. (2) Die Grenzschäden  $f_S$  sind nach oben beschränkt - die Grenzschäden können also nicht gegen unendlich wachsen, wenn  $S$  gegen einen bestimmten kritischen Wert  $S^*$  geht (z. B. bei Aktivierung der Kippschalter).

Wächst der Grenzschaden schneller als der Grenznutzen oder gibt es vollständige Substitute, deren Kosten geringer als die Grenzschäden durch fossilen Ressourcenverbrauch sind, wird die Transversalitätsbedingung (Sinn 2008b, A.10) auch bei einer unvollständigen Extraktion erfüllt. Der Ressourcenbestand wird damit auch bei unendlichem Zeithorizont niemals entleert.

## Literatur

Achard, F., A. S. Belward, H. D. Eva, S. Federici, D. Mollicone und F. Raes (2005): "Accounting for avoided conversion of intact and non-intact forest: technical options and a proposal for a policy tool". Presented at EU Joint Research Council, COP11, Montreal, December 1.

BGR (Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe) (2008): "Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2007". Kurzstudie.

Burniaux, J.-M. und J. O. Martins (2000): "Carbon Emission Leakages: A General Equilibrium View". OECD Economics Department Working Papers, 242.

Carraro, C. (1999): "International Environmental Agreements on Climate Change". Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Coase, R. H. (1960): "The Problem of Social Cost". Journal of Law and Economics, 3, 1-44.

Dasgupta, P. S. und G. M. Heal (1979): "Economic Theory and Exhaustible Resources". Cambridge University Press. Cambridge, London, New York.

Edenhofer, O., C. Flachsland, R. Marschinski (2007): "Towards a global CO<sub>2</sub> market. Expertise for the Policy Planning Staff in the Federal Foreign Office." Potsdam Institute for Climate Impact Research.

Edenhofer, O. und M. Kalkuhl (2009): "The green paradox revisited". In preparation.

Edenhofer, O., B. Knopf, M. Leimbach und N. Bauer (Editors) (2009a): in preparation for: A Special Issue in the Energy Journal on "The economics of low stabilisation".

Edenhofer, O., R. Pietzcker, M. Kalkuhl und E. Kriegler (2009b): "Taxation instruments to reduce greenhouse gas emissions, and comparison with quantity instruments". China economics of climate change - toward a low carbon economy. Earthscan (forthcoming).

Enqvist, P., T. Naucler und J. Rosander (2007): "A cost curve for greenhouse gas reduction". The McKinsey Quarterly, 1, 35-45.

Flachsland, C., R. Marschinski und O. Edenhofer: "Global Trading versus Linking: Architectures for International Emissions Trading". Energy Policy 37, 1637-1647.

Heal, G. (2008): "Climate Economics: A Meta-Review and Some Suggestions". NBER Working Paper, 13927.

Helm, D. (2005): "Economic Instruments and Environmental Policy". The Economic and Social Review, 36, 205-228.

Hepburn, C. und N. Stern (2008): "A new global deal on climate change". Oxf Rev Econ Policy, 24, 259-279.

IPCC (2005): "IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage". Prepared by Working Group III of the IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

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.

Kindermann G., M. Obersteiner, B. Sohngen, J. Sathaye, K. Andrasko, E. Rametsteiner, B. Schlamadinger, S. Wunder und R. Beach (2008): "Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation". PNAS 2008, 105, 10302-10307.

Krautkraemer (2005): "Economics of natural resource scarcity: the state of the debate". Discussion Paper 05-14, Resources for the Future, Washington, D.C.

Leimbach, M., N. Bauer, L. Baumstark und O. Edenhofer (2009): "Mitigation costs in a globalized world: climate policy analysis with REMIND-R". Submitted to Environmental Modeling and Assessment.

- Lenton, T. M., H. Held, E. Kriegler, J. W. Hall, W. Lucht, S. Rahmstorf und H. J. Schellnhuber (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
- Luderer, G., V. Bosetti, J. Steckel, H. Waisman et al. (2009). "The economics of decarbonization - Regionally and sectorally explicit results from the RECIPE model intercomparison", RECIPE working paper, in preparation.
- Marland, G., T. A. Boden, und R. J. Andres (2008): "Global, Regional and National Fossil Fuel CO<sub>2</sub>-Emissions"; in: "Trends: A Compendium of Data on Global Change". Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
- Meadows, D. H., D. L. Meadows, J. Randers und W. W. Behrens III. (1972): "The Limits to Growth". Universe Books, New York.
- Meinshausen, M., N. Meinshausen, W. Hare, S. C. B. Raper, K. Frieler, R. Knutti, D. J. Frame and M. R. Allen (2009). "Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2C." Nature 458(7242): 1158.
- Newell, R. G. und W. A. Pizer (2003): "Regulating stock externalities under uncertainty". Journal of Environmental Economics and Management 45, 2, 416-432.
- Popp, D. (2006): "ENTICE-BR: The Effects of Backstop Technology R&D on Climate Policy Models". Energy Economics, 28, 2, 188-222.
- Santilli, M., P. Moutinho, S. Schwartzmann, D. Nepstad, L. Curran, und C. Nobre (2005): "Tropical Deforestation and the Kyoto Protocol: An Editorial Essay". Climate Change, 71, 10.
- Sinn, H.-W. (2008a): "Das Grüne Paradoxon". Econ, Berlin.
- Sinn, H.-W. (2008b): "Public policies against global warming: a supply side approach". International Tax and Public Finance, 15, 360-394.
- Stern, N. (2007): "The Stern Review on the Economics of Climate Change", Cambridge University Press, Cambridge.
- Stern, N. (2008): "The Economics of Climate Change". Richard Ely Lecture. The American Economic Review: Papers&Proceedings, 98, 2, 1-37.
- Sterner, T. und U. M. Persson (2008): "An Even Sterner Review: Introducing Relative Prices into the Discounting Debate". Review of Environmental Economics and Policy 2008, 2, 1, 61-76.
- Weitzman, M. L. (2007): "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change", Journal of Economic Literature, 45, 3, 703-724.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (1995): „Scenario for the Derivation of Global CO<sub>2</sub>-Reduction Targets and Implementation Strategies". Statement on the Occasion of the First Conference of the Parties to the Framework Convention on Climate Change in Berlin.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2006): "The Future Oceans - Warming Up, Rising High, Turning Sour", Special Report, Berlin.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2008): „Welt im Wandel - Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung“, Hauptgutachten, Berlin.