

Globales Umweltmanagement angesichts des Klimawandels

Die Menschheit unternimmt eines ihrer größten geophysikalischen Experimente, nicht im Labor und auch nicht auf leistungsfähigen Parallelrechnern, sondern im „realen“ Erdsystem: Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird sich die CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre bis zum Jahr 2100 gegenüber dem vorindustriellen Niveau mehr als verdoppeln – „business as usual“ von Wirtschaft und Gesellschaft vorausgesetzt. Es ist daher damit zu rechnen, daß die globale Temperatur um weitere 1,4 bis 5,8 Grad Celsius zunehmen wird. Ein Temperaturanstieg dieses Ausmaßes in einem Zeitraum von 100 Jahren wäre für die Kulturgeschichte der Menschheit einmalig. In keiner Phase während des gesamten Holozäns (immerhin ein Zeitraum, der sich über die letzten 10 000 Jahre erstreckt) war die Menschheit mit einem derartigen Temperaturanstieg konfrontiert. Gewiß, die Menschheit hat im Verlauf ihrer Stammes- und Kulturgeschichte eine erstaunliche Anpassungsfähigkeit gegenüber Klimaschwankungen bewiesen. Auch läßt sich darüber streiten, ob die klimatischen Bedingungen während des sogenannten Optimums im Holozän wegen der höheren globalen Mitteltemperatur nicht sogar vorteilhafter waren als das heutige Klima. Diese Einwände können aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß der zu erwartende Temperaturanstieg jenseits aller historischen Erfahrungen liegt. Da uns Vergleichsmaßstäbe fehlen, kennen wir weder die Schäden noch die Wahrscheinlichkeit, mit der sie eintreten werden. Ohne diese Informationen können die Risiken nicht im herkömmlichen Sinn der Versicherungsmathematik kalkuliert und müssen von den Betroffenen selbst getragen werden.

Ironischerweise veranlaßt diese Unsicherheit manche Politiker und Wissenschaftler, die Gefahren des Klimawandels nicht sonderlich ernst zu nehmen und vor hysterischen Reaktionen zu warnen. Diese Abwiegelung wäre aber nur dann gerechtfertigt, wenn sich die Betroffenen gegen die erwarteten Schäden des Klimawandels versichern könnten. Wären die Skeptiker ihrer eigenen Skepsis sicher, müßten sie ein Geschäft in der Versicherungsbranche wittern: Sie könnten mit den Geschädigten des Klimawandels eine Wette abschließen. Ließe sich der Erwartungswert der Schäden berechnen, gewönne die Versicherung im Schnitt die Wette. Mag sein, daß es den Skeptikern am unternehmerischen Talent mangelt. Es kann aber auch sein, daß sie eben doch befürchten, diese Wette zu verlieren, weil ihnen für eine vernünftige Kalkulation schlicht die Informationen fehlen. Angesichts dieser Unsicherheit ist es also ratsam, die Gefahren des Klimawandels ernst zu nehmen¹.

Anpassen oder vermeiden?

Bei einem globalen Temperaturanstieg von vier bis fünf Grad Celsius bis 2100 könnte der Nordatlantikstrom – die nordöstliche Verlängerung des Golfstroms – innerhalb der nächsten Jahrhunderte versiegen. Aufgrund der globalen Erwärmung verändern sich die Niederschläge, der Salzgehalt des Wassers im Nordatlantik und damit die Dichte des Oberflächenwassers im Nordatlantik. Das Oberflächenwasser kann dann nicht absinken und erreicht Island und Norwegen nicht mehr. Der Nordatlantikstrom transportiert dann nicht mehr wie ein Förderband jene enormen Wärmemengen nach Europa, die einer halben Million Kraftwerken oder einer Leistung von 1,1 Milliarden Megawatt entsprechen. Sein Zusammenbruch ließe die Temperaturen in Europa sinken – paradoxerweise gerade wegen der globalen Erwärmung². Noch dramatischer auswirken könnte sich die Veränderung der Monsundynamik. In Indien und China könnte es zu vermehrten Nahrungsmittelengpässen und Hungersnöten kommen. Das Ausmaß und die Geschwindigkeit des Temperaturanstiegs überfordert die Anpassungsfähigkeit der Biosphäre: Der Regenwald könnte als Kohlenstoffspeicher aufgrund der veränderten Verteilung der Niederschläge für das gesamte Erdsystem ausfallen.

Die überwiegende Mehrheit der Wissenschaftler bestreitet diese Gefahren nicht. Einige bestreiten allerdings die Notwendigkeit einer drastischen Reduktion von CO₂-Emissionen. So behauptet der Soziologe Nico Stehr, die Menschheit habe genug technische Möglichkeiten, sich an den Klimawandel anzupassen. Anpassung, so sein Argument, sei billiger – die Wirkung des Klimawandels ließe sich getrost abwarten, und es bliebe immer noch genug Zeit, um höhere Dämme zu bauen, die Infrastruktur auf Extremwetterereignisse auszurichten und Staaten wie Bangladesch zu helfen, mit vermehrten Überschwemmungen fertig zu werden³. Dieses Argument ist vor allem für jene einleuchtend, die mit hohen Kosten bei der Verminderung von Emissionen rechnen. Es steht aber auf tönernen Füßen, weil die Skeptiker für die Behauptung, anpassen sei billiger als vermeiden, keine plausiblen Belege erbringen. Wahrscheinlich könnte Europa „überleben“, wenn der Nordatlantikstrom zusammenbricht und die Landwirtschaft in Norwegen unmöglich wird. Ländern wie Bangladesch jedoch ist es heute schon kaum möglich, sich an Überschwemmungen „anzupassen“, geschweige denn in Zukunft, wenn diese Extremwetterereignisse gehäuft auftreten werden. Unbestritten ist, daß sich die Menschheit bis zu einem gewissen Grad an den Klimawandel anpassen muß, da wir ihn selbst bei sofortigem Beginn der Reduktion nicht mehr aufhalten können. Für diese Anpassung erwarten die Entwicklungsländer zurecht die Hilfestellung der Industrieländer. Es wäre aber verantwortungslos, weiterhin durch Emissionen das Schadenspotential zu erhöhen und dabei blind darauf zu hoffen, künftige Generationen, die mehrheitlich in den Entwicklungsländern leben werden, könnten sich zu akzeptablen Bedingungen an ein Erdsystem anpassen, das aus den Fugen geraten ist.

Ist eine nachhaltige Reduktion der Emissionen möglich?

An einer Reduktion der Emission von Treibhausgasen führt also kein Weg vorbei. Wer jedoch eine solche Forderung erhebt, für den hält die ökonomische Zukunft ein weiteres moralisches Dilemma bereit: Wer heute CO₂ reduzieren wolle, verschwende knappe Mittel, weil künftige Generationen ihre Emissionen billiger reduzieren können. Die Modellrechnungen spucken dieses Ergebnis aus, weil angenommen wird, der technische Fortschritt regne auf die Menschheit herab wie einst Manna auf das Volk Israel in der Wüste. Da dieser Regen von Jahr zu Jahr ergiebiger werde, sei es durchaus vernünftig zu warten, bis er stark genug sei. Eine Reduktion der Treibhausgase vor dem Jahr 2040 ist nach diesen Modellrechnungen ökonomisch „unvernünftig“. Dieses Argument wird zusätzlich dadurch gestützt, daß die Schäden wegen der Trägheit des Klimasystems erst mit einer Zeitverzögerung von 50 Jahren eintreten, während die Kosten der Verminderung von Emissionen sofort anfallen. In ihren Berechnungen gewichten viele Ökonomen die Kosten, die die Gegenwart zu tragen hat, höher als die Schäden, die in der Zukunft entstehen. In dieser Logik ist es durchaus rational, die Emissionen erst in der Zukunft zu vermindern. Diese sogenannte Diskontierung läuft aber darauf hinaus, die Last von der Gegenwart in die Zukunft zu verschieben⁴.

Wertvolle Mittel werden aber auch dann verschwendet, wenn man die Treibhausgase vor allem in der OECD – dem Hauptverursacher – reduziere, weil sich eine Tonne Kohlenstoff in China sehr viel billiger vermeiden ließe als in Deutschland. „Nicht jetzt, nicht hier“, meint daher die Mehrheit der Ökonomen, weil zu früh und am falschen Ort reduziert werde⁵. Die Annahmen, die zu dieser Forderung führen, setzen eine Sicherheit voraus, über die auch Ökonomen nicht verfügen. So gehen sie in ihren Schadensabschätzungen davon aus, daß bei stetigem Temperaturanstieg die Schäden keine abrupten Sprünge aufweisen. Der Zusammenbruch des Nordatlantikstroms, die abrupte Veränderung der Monsundynamik und die zunehmende Wasserknappheit in den Wüstengürteln sind sprunghafte und unwiderrufliche Ereignisse.

Wie das Erdsystem jenseits dieser Schwellen funktioniert, wissen auch Naturwissenschaftler nicht genau. Darum hat der Wissenschaftliche Beirat für Globale Umweltveränderungen (WBGU) versucht, ein Sicherheitsfenster zu formulieren: Innerhalb dieses Fensters sei die Gefahr einer dauerhaften Zerstörung des Erdsystems relativ gering. Eine Temperaturerhöhung von zusätzlich 2,0 Grad Celsius und ein Anstieg von höchstens 0,2 Grad Celsius pro Jahrzehnt wären ein solches „vernünftiges“ Sicherheitsfenster⁶. Da beim derzeitigen Stand des Wissens die Abschätzung der Schäden unmöglich ist, ist es vernünftig zu fragen, was geschehen müßte, damit die Menschheit in diesem Temperaturfenster bleibt. Die Antwort der Modellrechnungen: Zunächst müßte der Anstieg gemildert, ab 2015 müßten die CO₂-Emissionen jährlich um zwei Prozent vermindert werden.

Durch eine weitere Verzögerung um mehrere Jahre würden wir entweder das akzeptable Temperaturfenster verfehlen oder dieses könnte nur noch zu sehr hohen Kosten erreicht werden. Es wäre kaum zu begründen, warum gerade die kommenden Generationen diese Lasten tragen sollten⁷.

Was müßte also geschehen, damit die Treibhausgase überhaupt reduziert werden können? Die Schwierigkeiten werden sofort klar, wenn man die Dynamik der Treibhausgasemissionen in vier Faktoren zerlegt: in Bevölkerung, Pro-Kopf-Einkommen, Energieintensität und Kohlenstoffintensität. Diese vier Faktoren bestimmen das Wachstum der CO₂-Emissionen. Jede Klimaschutzpolitik wird versuchen müssen, zumindest einige dieser Faktoren zu steuern. Die Frage ist mithin, welche Faktoren überhaupt sinnvoll gesteuert werden können.

Bevölkerung: Die Weltbevölkerung wird von 6,1 Milliarden Menschen im Jahr 2000 auf etwa 11 bis 12 Milliarden im Jahr 2100 anwachsen. Dabei wird die Zunahme in den Entwicklungsländern am größten sein. Obwohl sich das Bevölkerungswachstum vergleichsweise gut voraussagen läßt, ist es einer direkten politischen Steuerung nur schwer zugänglich, ganz zu schweigen von den ethischen und sozialen Problemen, die eine Bevölkerungspolitik (Beispiel China) aufwirft. Und selbst wenn es gelänge, die Weltbevölkerung von 12 Milliarden auf 11 Milliarden zu vermindern, wäre der Effekt auf die globale Mitteltemperatur nur minimal: Sie würde bis zum Jahr 2100 nur um 0,17 Grad Celsius weniger ansteigen⁸.

Das *Pro-Kopf Einkommen* wird in den nächsten 50 Jahren weiter mit einer positiven Rate wachsen – in den Entwicklungsländern etwas schneller, in den alten Industrienationen etwas langsamer; weltweit wird es etwa zwei bis drei Prozent jährlich zunehmen. Es wäre gewiß keine kluge Strategie, wollte man im Namen einer Klimaschutzpolitik das Wachstum des Pro-Kopf-Einkommens in den nächsten 50 Jahren beschränken oder gar eine Wachstumsrate von Null anstreben. Die Verteilungskonflikte innerhalb der Industrieländer nähmen zu und damit auch die Verteilungskonflikte zwischen Entwicklungs- und Industrieländern. Die reichen Gesellschaften könnten innerhalb der nächsten 100 Jahre lernen, ihre Verteilungskonflikte auch dann noch zu meistern, wenn es kein Wachstum gibt. Für die nächsten 50 Jahre erscheint es aber als unrealistisch, daß die Weltgesellschaft als ganze ihre Verteilungskonflikte ohne Wachstum handhaben kann⁹.

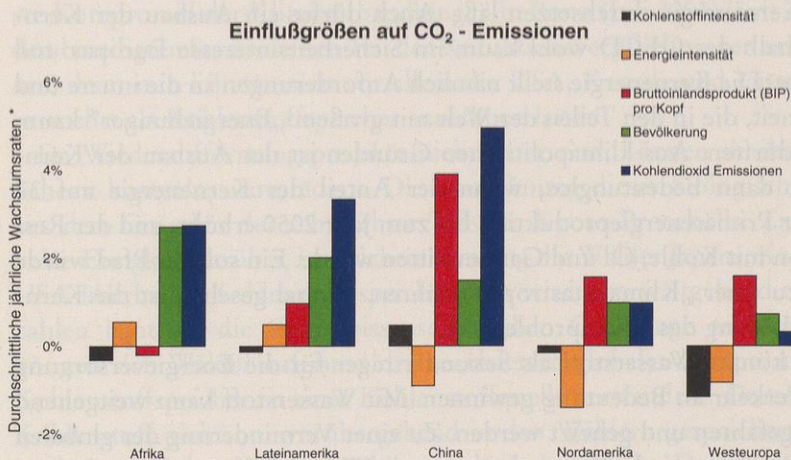
Der Einsatz von Energie, der benötigt wird, um eine Einheit Sozialprodukt zu produzieren, wird als *Energieintensität* bezeichnet. Diese ist in den Industrieländern in den letzten 100 Jahren um ein Prozent pro Jahr gefallen. Um die globalen Emissionen zu senken, wäre jedoch eine Senkung der Energieintensität nötig, die weit über der Rate von ein Prozent pro Jahr liegt. Eine Verringerung der Energieintensität in diesem Umfang wäre in der Wirtschaftsgeschichte völlig neu. Die industriellen Kernzonen USA, Japan und Europa haben beträchtliche Erfahrungen gesammelt, den technischen Fortschritt so einzusetzen, daß er die Arbeitseffizienz erhöht und damit auch das Pro-Kopf-Einkommen. In den

Industriestaaten müßte jedoch die Energieintensität schneller sinken als die Arbeitseffizienz steigt, wenn es zu einer Verminderung der Emissionen kommen soll. Leider sind bislang die Investitionen in die Erhöhung der Arbeitseffizienz rentabler als die Investitionen in die Erhöhung der Energieeffizienz ¹⁰.

Die *Kohlenstoffintensität* mißt, wie viel Kohlenstoff eine Einheit Primärenergie verursacht. Sie ist weltweit im Durchschnitt um 0,2 Prozent gefallen. Sogar in den USA und Westeuropa ist sie gesunken. Dennoch müßte die Kohlenstoffintensität deutlich stärker sinken, um den Wachstumseffekt des Einkommens und der Weltbevölkerung auf die Emissionen zu kompensieren ¹¹.

Der Schlüssel zur Nachhaltigkeit: der Umbau des weltweiten Energiesystems

Will man das Pro-Kopf-Einkommen nicht senken, um keine weiteren Verteilungskonflikte zu provozieren, und beugt man sich der Einsicht, daß sich die Bevölkerung bei etwa elf Milliarden stabilisieren wird, dann bleibt nur die drastische Senkung der Energie- und Kohlenstoffintensität. Beide Faktoren zusammen müßten zwischen 2015 und 2075 um jährlich vier Prozent sinken, wenn die CO₂-Emissionen im gleichen Zeitraum um jährlich zwei Prozent abnehmen sollen. Diese Senkung ist notwendig, um etwa das Temperaturfenster des WBGU zu erreichen. Trotz der bereits erzielten Fortschritte in der Senkung der Kohlenstoffintensität und der Energieintensität sind weltweit die CO₂-Emissionen in kaum einer Region der Erde und in keinem Zeitraum seit der Industrialisierung nachhaltig gesunken (siehe Abbildung 1).



* der letzten 30 Jahre

Abbildung 1: Die CO₂-Emissionen wachsen weiter, wenn auch aus unterschiedlichen Gründen und mit unterschiedlicher Geschwindigkeit.

Die Verminderung der CO₂-Emissionen wäre historisch ein einmaliges Ereignis, für das Vergleichsmaßstäbe fehlen. Bislang ist daher völlig ungeklärt, wie dies bewerkstelligt werden kann. Grundsätzlich stehen zwei Optionen offen. Zum einen könnte die Effizienz des fossilen Energieeinsatzes gesteigert, zum anderen fossile Energie durch erneuerbare Energiequellen ersetzt werden. Auch wenn langfristig das fossile Energiesystem durch ein regeneratives abgelöst werden muß, so wird man für eine relativ lange Übergangsphase die Effizienz der fossilen Energienutzung steigern müssen. So vernünftig diese Option erscheint, so schwierig ist es, sie zu realisieren. Die Vorräte von Kohle, Öl und Gas werden noch bis zum Ende dieses Jahrhunderts zu leicht steigenden Grenzkosten genutzt werden können. Erst im 22. Jahrhundert werden die Grenzkosten der Energienutzung dramatisch steigen. Dies schließt nicht aus, daß es zu regionalen Verschiebungen in der Öl-, Kohle- und Gasgewinnung kommen wird, mit nicht unbeträchtlichen Störungen auf den Ressourcenmärkten. Aber global werden Kohle, Öl und Gas im 21. Jahrhundert nicht knapp¹². Von den Ressourcenmärkten wird daher kein anhaltender Druck auf Unternehmen und Verbraucher ausgehen, die Kohlenstoff- und Energieintensität so weit zu senken, daß es zu sinkenden CO₂-Emissionen kommt. Auch bei optimaler Nutzung von fossiler Energie würde Kohlenstoff in einem Umfang freigesetzt, der es unmöglich macht, ein akzeptables Temperaturfenster zu erreichen. Nicht die Ressourcenmärkte stellen in Zukunft eine Grenze dar, sondern das Klima!

Der Ausbau der Kernenergie wäre eine weitere Option, den Verbrauch fossiler Energie zu reduzieren. Politische, ökonomische und sicherheitstechnische Gründe sprechen dagegen, daß sich zumindest in Europa und den USA ein drastischer Ausbau der Kernenergie durchsetzen läßt. Auch dürfte ein Ausbau der Kernenergie außerhalb der OECD wohl kaum im Sicherheitsinteresse Europas und der USA liegen. Die Kernenergie stellt nämlich Anforderungen an die innere und äußere Sicherheit, die in den Teilen der Welt mit großem „Energiehunger“ kaum gegeben sein dürften. Aus klimapolitischen Gründen ist der Ausbau der Kernenergie selbst dann bedeutungslos, wenn der Anteil der Kernenergie auf 32 Prozent an der Primärenergieproduktion bis zum Jahr 2050 erhöht und der Rest der Produktion mit Kohle, Öl und Gas bestritten würde. Ein solcher Pfad würde immer noch zu einer „Klimakatastrophe“ führen. Global gesehen ist die Kernenergie keine Lösung des Klimaproblems¹³.

In Zukunft könnte Wasserstoff als Sekundärträger für die Energieversorgung und für den Verkehr an Bedeutung gewinnen. Mit Wasserstoff kann weitgehend emissionsfrei gefahren und geheizt werden. Zu einer Verminderung der globalen Emissionen kommt es jedoch nur dann, wenn Wasserstoff aus regenerativen Energiequellen gewonnen wird (z. B. aus Solarenergie). Welche der technischen Optionen – Photovoltaik, Solarthermik – dauerhaft Öl, Kohle und Gas ersetzen, ist noch ungeklärt. Empirische Untersuchungen zeigen, daß die Kosten pro

Kilowattstunde von regenerativen Energien im Zeitablauf sinken, weil durch „learning by doing“ beträchtliche Effizienzsteigerungen möglich sind.

Ob die Lerneffekte ausreichen werden, damit regenerative Energien billiger werden als fossile Energieträger, ist noch offen. Dennoch läßt sich daraus eine wichtige Schlußfolgerung ziehen: Sind die Effekte durch „learning by doing“ stark und fordert darüber hinaus der Aufbau einer Infrastruktur weitere Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen, so ist es unvernünftig, mit der Verminderung der CO₂-Emissionen zu warten – im Gegenteil: Je mehr wir noch lernen müssen, um so eher sollten wir beginnen. Der technische Fortschritt ist kein Geschenk des Himmels, sondern die Frucht recht irdischer Anstrengungen. Erst in jüngster Zeit beginnt die Wirtschaftswissenschaft diese biblische Einsicht wieder zu entdecken. Die klimapolitischen Empfehlungen der ökonomischen Profession blieben davon bislang unberührt.

Klimapolitik nach Kyoto?

Welche der verschiedenen technischen Optionen ökonomisch und ökologisch die überlegene ist, läßt sich durch Modellrechnungen grob abschätzen. Letztlich kommt es jedoch darauf an, daß die Märkte die richtigen Signale bekommen. Dafür wurde 1997 ein erster institutioneller Rahmen geschaffen: das Kyoto-Protokoll. Die reichen Länder haben sich dabei nicht nur auf verbindliche Reduktionsziele festgelegt, sondern haben – was noch wichtiger ist – Instrumente erfunden, die für ein globales Umweltmanagement unentbehrlich sind. Der jüngste Kompromiß der Klimaverhandlungen in Bonn (Juli 2001) läuft darauf hinaus, den beteiligten Staaten einen Teil der Reduktionsverpflichtungen vorerst zu erlassen, denn nun können sich vor allem die USA, Kanada und Japan ihre Wälder vermehrt als Kohlenstoffspeicher anrechnen lassen.

Da Wiederaufforstungsprojekte nicht teuer sind, können sie ihre Emissionen nahezu kostenlos vermindern. Die Anrechnung dieser biologischen Senken ist aus drei Gründen der schwächste Teil des Kyoto-Protokolls. *Erstens* herrscht keine Einigkeit darüber, in welchem Umfang die Wälder Japans, Kanadas und der USA überhaupt Kohlenstoff speichern. Es wird also weitgehend mit Phantasiezahlen hantiert, die einer wissenschaftlichen Grundlage entbehren. *Zweitens* können sich Wälder aufgrund der veränderten globalen Temperatur von einem Kohlenstoffspeicher zu einer Kohlenstoffquelle verwandeln. *Drittens*: Damit der Kohlenstoff nicht nur vorübergehend in den Wäldern gespeichert wird, müßte garantiert werden, daß der Waldbestand erhalten bleibt. Dem läuft die anhaltende Vernichtung des Regenwalds zuwider, dessen Bestandsschutz nicht auf die Emissionen angerechnet werden kann¹⁴.

Das Kyoto-Protokoll wurde daher zurecht einer harten Kritik unterzogen. So

wurde in der öffentlichen und wissenschaftlichen Debatte darauf hingewiesen, daß die Reduktionsverpflichtungen weltweit – mit oder ohne Anrechnung biologischer Senken – unzureichend sind und die Entwicklungsländer davon ausgenommen werden¹⁵. Das Kyoto-Protokoll sollte aber nicht mit falscher Elle gemessen werden. Kyoto ist ein historischer Einstieg in ein globales Umweltmanagement. Die Reduktionsverpflichtungen wären in der Tat unzureichend, wenn es dabei bliebe. Kyoto kann daher bestenfalls der Anfang, nicht das Ende der Entwicklung sein. Es ist durchaus denkbar, die Instrumente des Kyoto-Protokolls so weiterzuentwickeln, daß zum einen die Emissionen kostengünstig reduziert werden können und zum andern Kapital und Technik in die Entwicklungsländer transferiert werden.

Grundsätzlich sind zwei Instrumente denkbar, die Emissionen zu reduzieren. Einerseits läßt sich der Preis der Emissionen durch eine CO₂-Steuer beeinflussen, andererseits die Menge der Emissionen direkt durch handelbare Emissionszertifikate senken. Im Vorfeld der Klimaverhandlungen in Bonn hat William D. Nordhaus, einer der einflußreichsten Klimaökonomien, die Brauchbarkeit von Mengenbeschränkungen bezweifelt und eine weltweite CO₂-Steuer vorgeschlagen¹⁶. Ökonomen wie Nordhaus sind der Auffassung, die Schäden des Klimawandels lägen weit in der Zukunft, die Kosten der Vermeidung von CO₂ jedoch in der Gegenwart. Darüberhinaus sei es unsicher, zu welchen Kosten die Wirtschaft die Emissionen vermeiden könne. Daher sei eine moderate CO₂-Steuer das angemessene Instrument, weil eine Steuer nicht festlege, welche Menge reduziert werden soll. Es werde ein Preis festgelegt, von dem man annehmen könne, daß die Wirtschaft ihn verkrafte. Wie viel Emissionen dann tatsächlich reduziert werden, entscheide die Wirtschaft aufgrund ihrer Kosten.

Wer jedoch der Auffassung ist, der Zusammenhang zwischen Temperaturentwicklung und Schaden sei ungewiß und könne im Extremfall zu katastrophalen Ereignissen führen, wird eine Mengensteuerung bevorzugen. Die Menge kann direkt dadurch gesteuert werden, daß an Unternehmen oder Staaten Zertifikate ausgegeben werden. Dabei muß die Gesamtzahl der ausgegebenen Zertifikate der erlaubten Menge an Emissionen entsprechen. Jene Länder, die ihre Emissionen am stärksten reduzieren, können Zertifikate verkaufen; Länder, die ihre Emissionen erhöhen wollen, müssen Zertifikate kaufen. Da die Menge der Zertifikate genau der Menge der erlaubten Emissionen entspricht, wird der Preis für Zertifikate steigen, wenn die Nachfrage nach Emissionen steigt. Damit steigt aber auch die Rentabilität energie- und kohlenstoffsparender Investitionen, was wiederum ein Anreiz für Unternehmen ist, zusätzliche Mittel in die Verminderung von Kohlenstoff zu lenken. Je größer das Innovationspotential der Wirtschaft ist, umso leichter wird sie diese Mengenbeschränkung verkraften. Die ökonomischen Risiken einer Mengenbeschränkung dürften daher für die Ökonomien innerhalb der OECD relativ gering sein.

Die Berechnungen am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung weisen in eine ähnliche Richtung. Die Wirtschaft kann mit hoher Wahrscheinlichkeit die Mengenziele erreichen, wenn sie ihre Prioritäten in Forschungs- und Entwicklung richtig setzt. Dazu ist aber eine Kurskorrektur nötig: So sind in den letzten 20 Jahren innerhalb der OECD die Ausgaben für Forschung und Entwicklung zur Erhöhung der Energieeffizienz gesunken – unter anderem als Antwort auf die Liberalisierung der Energiemärkte¹⁷. Die Begrenzung der Emissionen und schließlich ihre Senkung innerhalb der nächsten beiden Jahrzehnte würde jedoch voraussetzen, daß die Anstrengungen zur Effizienzsteigerung und Substitution überproportional steigen müßten. Eine Mengenbeschränkung würde hier die richtigen Anreize setzen.

Bislang wurde der Handel mit Emissionsrechten im Kyoto-Protokoll nur zwischen den Industrieländern vereinbart. Die Entwicklungsländer haben sich bislang geweigert, verbindliche Verpflichtungen zur Reduktion von CO₂-Emissionen zu akzeptieren, da sie sich als die Hauptbetroffenen des Klimawandels sehen und nicht als Hauptverursacher. Die Entwicklungsländer werden jedoch Reduktionsverpflichtungen eingehen müssen, denn China und Indien werden bald mit zur Gruppe der Hauptverursacher gehören. Dafür müßte den Entwicklungsländern garantiert werden, daß sie durch das Kyoto-Protokoll einen besseren Zugang zu Technik und Kapital bekommen. Der Umbau des weltweiten Energiesystems, der durch einen weltweiten Zertifikatshandel vorangetrieben wird, könnte durchaus jene Länder und Regionen begünstigen, die über eine hohe Einstrahlung von Sonnenlicht verfügen. Teile der USA, die Sahararegion oder Brasilien könnten durch den Export von Wasserstoff, der durch Solarthermik erzeugt wird, die Hauptnutznießer des Energiehungers der Weltwirtschaft werden. Gerade in der Sahararegion werden sich durch den Klimawandel die Probleme der Wasserknappheit und der Verschlechterung der Böden verschärfen. Ohnehin werden sich, bedingt durch die veränderte Niederschlagsverteilung, die landwirtschaftlich hoch-produktiven Regionen in den USA und Mitteleuropa befinden. Es ist kein unrealistisches Szenario, daß Brasilien oder die Sahara vermehrt Nahrungsmittel aus Europa und Nordamerika importieren müssen. Der Export von Wasserstoff könnte die Deviseneinnahmen bereitstellen, die für den Kauf der Nahrungsmittel nötig sind.

Die Entwicklungsländer werden diese Vorteile nur dann realisieren können, wenn es zu einem vermehrten Transfer von Technik und Kapital kommt. Das Kyoto-Protokoll sieht ein Instrument vor, das diesen Transfer ermöglichen soll – den „Clean Development“- Mechanismus¹⁸. Dieser Mechanismus erlaubt es den Industrieländern, Investitionsprojekte zur Minderung von CO₂-Emissionen in den Entwicklungsländern durchzuführen und sich diese auf ihre heimischen Emissionen anrechnen zu lassen. Dieser vernünftige Grundgedanke wird jedoch dadurch konterkariert, daß das Berechnungsverfahren kompliziert ist und daher

nur schwer nachgeprüft werden kann. Im Endeffekt kommt es wahrscheinlich zu einer unzureichenden Verminderung von Emissionen. Es wäre daher vernünftig, die Entwicklungsländer schnell in den Zertifikatshandel miteinzubeziehen, um damit das komplizierte Anrechnungsverfahren überflüssig zu machen. Die schnelle Einbeziehung der Entwicklungsländer in den Zertifikatshandel ist aber nur dann gerechtfertigt, wenn diese vermehrt Zugang zu Krediten am Weltkapitalmarkt und zur westlichen Technologie erhalten. Vor allem die hochverschuldeten Entwicklungsländer benötigen einen Zugang zu neuen Krediten, um energiesparende Investitionen finanzieren zu können. Der Handel mit Emissionsrechten wird nicht ausreichen, um ihnen einen ausreichenden Kapitaltransfer zu ermöglichen. Hierzu bedarf es weiterer Finanzierungsinstrumente, die in den nächsten Monaten diskutiert und bewertet werden müssen. So konnte durch Modellrechnungen gezeigt werden, daß der Zertifikatshandel durchaus so ausgestaltet werden kann, daß es zu einem Kapitaltransfer in die Entwicklungsländer kommt, der die Vermeidungskosten sogar überkompensiert ¹⁹.

Sozialethische Perspektiven

In den letzten beiden Jahrzehnten hat sich die sogenannte Erste Welt eingeredet, Cyberspace, Genetik und neue Medien führten zu einer Gesellschaft, die nicht mehr von Rohstoffen, Kapital und Arbeit abhängig sei, sondern vor allem vom Wissen. Die Wissensgesellschaft – so die Hoffnung – werde eine Gesellschaft sein, in der die Material- und Energieströme nur noch eine untergeordnete Rolle spielen. Das Gegenteil ist jedoch der Fall. Die großen ökonomischen und ethischen Herausforderungen dieses Jahrhunderts werden gerade jene Knappheiten sein, von denen sich die Wissensgesellschaften schon befreit sahen: Der Klimawandel verknappt Wasser, fossile Energie und erschwert die Produktion von Nahrungsmitteln. Zu lähmendem Pessimismus besteht jedoch kein Grund, wenn der Einstieg in ein globales Umweltmanagement gelingt. Diese Perspektive erscheint vielen nicht geheuer, da sie vermuten, ein globales Umweltmanagement gebäre ohnehin nur ein bürokratisches Monster. Diese Warnung ist hilfreich, wenn sie dazu anspornt, nach unbürokratischen Instrumenten zu suchen; sie ist störend und zynisch, wenn sie weitere Untätigkeit rechtfertigt. Es wird daher in den nächsten Jahren darauf ankommen, das Kyoto-Protokoll klug weiterzuentwickeln.

Dabei müssen vor allem drei Bedingungen erfüllt werden. *Erstens*: Der weitere Anstieg der Emissionen muß gebremst werden; in den nächsten zehn bis 20 Jahren müssen weltweit Emissionen zu sinken beginnen, um sie dann bis zum Ende dieses Jahrhunderts auf Null abzusenken. Hier besteht wenig Spielraum für Kompromisse. *Zweitens*: Dazu müssen nachhaltige Techniken entwickelt und eingesetzt werden. Hierzu müssen Anreize für Investoren geschaffen werden,

damit sie in einem Prozeß von Versuch und Irrtum herausfinden, welche technische Optionen (Solarenergie, Wasserstofftechnik, Brennstoffzellentechnik) die vielversprechendsten sind. Dies ist jedoch nur möglich, wenn hierfür geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden. Die Schaffung von Zertifikatsmärkten muß aus diesem Grund weiter vorangetrieben werden. Darüber hinaus wird es eine wichtige Aufgabe der Forschung sein, neue Instrumente am Kapitalmarkt zu entwickeln, die die Risiken für Investoren vermindern. *Drittens:* Es bedarf eines Transfers von Technik und Kapital in die Entwicklungsländer, damit diese ihre Reduktionsverpflichtungen zu fairen Bedingungen auch erfüllen können. Der Klimaschutz kann für Entwicklungsländer durchaus so ausgestaltet werden, daß er zum Hebel für eine bessere wirtschaftliche Entwicklung wird. Nur dann werden die Entwicklungs- und Schwellenländer eine produktive Rolle im globalen Umweltmanagement spielen können. Die Drohung, der Klimawandel treffe vor allem die Entwicklungsländer, hat bislang zurecht seine Wirkung auf eben diese verfehlt; sie fordern, daß der globale Klimaschutz nicht dazu mißbraucht werden darf, um ihre wirtschaftliche Entwicklung noch mehr zu behindern. Dies ist auch gar nicht nötig, weil eine solare Weltwirtschaft den Entwicklungsländern Perspektiven eröffnet, die sie bisher nicht hatten.

Es wird eine der wichtigen Aufgaben der Forschung sein, Vorschläge auszuarbeiten, die zeigen, wie Klimaschutz und wirtschaftliche Entwicklung gleichermaßen realisiert werden können. Der Umbau des fossilen Energiesystems ist ohne historisches Vorbild. Wir können unsere fossile Vergangenheit nicht einfach fortsetzen, sondern sind zu Neuem verpflichtet. Dieses Neue ist unbekannt und kann nur durch einen langen Prozeß von Versuch und Irrtum hervorgebracht werden. Je mehr wir lernen müssen, desto geduldiger werden wir sein müssen, bis sich die notwendigen Erfolge einstellen. Die Chancen des Klimawandels wird jedoch nur wahrnehmen können, wer bereit ist, in die Zukunft zu investieren. Der Umbau des weltweiten Energiesystems erfordert Investitionen, die erst auf lange Sicht einen Ertrag abwerfen werden. Genau hier liegt das Problem: Es wird bislang zu wenig und in die falschen Projekte investiert. Die Bereitschaft, unseren Kindern Schulden, einen veralteten Kapitalstock und ein fragileres Erdsystem zu hinterlassen, ist offenbar beträchtlich gestiegen²⁰. Längst stehen wir bei ihnen in der Kreide. Wenn wir die Schulden gegenüber unseren Kindern und Enkeln abtragen wollen, müssen wir die Diktatur der Gegenwart über die Zukunft schnell beenden.

ANMERKUNGEN

- ¹ Eine gute Darstellung der Risikoproblematik findet sich in: Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken. Jahresgutachten 1998, hg. v. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung (Berlin 1998).
- ² S. Rahmstorf, The thermohaline ocean circulation – a system with dangerous thresholds?, in: *Climatic Change* 46 (2000) 247-256; ders., Risk of sea-change in the Atlantic, in: *Nature* Nr. 388 (August 1997), 825-826.
- ³ N. Stehr, Die Natur ist nicht schuld, in: *Die Welt am Sonntag*, 26. 11. 2000; ders. u. H. Dowlatabadi, Die Exekutive der Wissenschaften, in: *FAZ*, 3. 4. 2001.
- ⁴ T. M. L. Wigley u. a., Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO₂ concentrations, in: *Nature* (Januar 1996) 240-243. Die Autoren beschreiben hier eines der zentralen Modelle der Klimaökonomie, das im letzten Jahrzehnt sowohl in der Wissenschaft als auch in der Politikberatung einen großen Einfluß hatte.
- ⁵ Eine verständliche Übersicht u. Kritik zur Position „Nicht hier, nicht jetzt“ findet sich in R. Schwarze, Internationale Klimapolitik (Marburg 2000) 74-88.
- ⁶ Stellungnahme 1995 – Szenario zur Ableitung globaler CO₂-Reduktionsziele u. Umsetzungsstrategien, hg. v. WBGU, in: www.wbgu.de/wbgu_sn.1995.html; Stellungnahme 1997 – Ziele für den Klimaschutz 1997, hg. v. WBGU, in: www.wbgu.de/wbgu_sn.1997.
- ⁷ Eigene Berechnungen auf der Basis der Modelle ICLIPS u. MIND, die am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) entwickelt wurden.
- ⁸ Diese Problematik wird allgemeinverständlich u. treffend erläutert in: R. W. Kates, Population and Consumption: What We Know, What We need to Know, in: *Environment* 42 (2000) Nr. 3, 10-19.
- ⁹ Der Grundgedanke, daß die Wirtschaft wegen der Verteilungskonflikte wachsen muß, wird mathematisch formalisiert in O. Edenhofer u. C. C. Jaeger, Power Shifts: the dynamics of energy efficiency, in: *Energy Economics* 20 (1998) 513-537.
- ¹⁰ J. Holdren, The Energy-Climate Challenge, in: *Issues for the New U. S.-Administration* 43 (2001) Nr. 5, 11.
- ¹¹ Ebd.
- ¹² Diese Aussage beruht auf eigenen Berechnungen u. auf Schätzungen von: H. H. Rogner, An Assessment of World Hydrocarbon Resources, in: *Annual Review of Energy and the Environment* 22 (1997) 217-262.
- ¹³ Diese Aussage beruht auf: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Technological Development: ECS Contribution to the ICLIPS Project. Forschungsbericht an das PIK.
- ¹⁴ WBGU, Die Anrechnung biologischer Quellen u. Senken im Kyoto-Protokoll: Fortschritt oder Rückschlag für den globalen Umweltschutz? (Sondergutachten, Bremerhaven 1998). Einen interessanten Vorschlag hierzu diskutiert Schwarze (A. 5) 195-207.
- ¹⁵ Eine hervorragende Sammlung von Aufsätzen, die das Kyoto-Protokoll einer Kritik unterziehen, findet sich in: *The Costs of the Kyoto-Protocol: A Multi-Model Evaluation*, in: Special Issue of *The Energy Journal* 1999.
- ¹⁶ W. D. Nordhaus, After Kyoto: Alternative Mechanisms to Control Global Warming. Presentation at the 20th Anniversary Meeting of the International Energy Workshop (IIASA, Laxenburg/Austria, 21. 6. 2001).
- ¹⁷ J. J. Dooley, Unintended Consequences: energy R&D in a deregulated energy market, in: *Energy Policy* 26 (2001) 547-555.
- ¹⁸ Die technischen Details werden erläutert in Schwarze (A. 5) 150-190.
- ¹⁹ A. Rose u. B. Stevens, The Efficiency and Equity of Marketable Permits for CO₂-Emissions, in: *Resource and Energy Economics* 15 (1993) 117-146.
- ²⁰ Das Management globaler Umweltprobleme erfordert eine Haltung gegenüber Vergangenheit, Gegenwart u. Zukunft, wie sie im Rahmen einer jüdisch-christl. Geschichtsphilosophie entwickelt wurden; vgl. dazu O. Edenhofer, Wenn der Golfstrom versiegt, in: *SZ* am Wochenende, 4./5. 8. 2001, I.