

# Die Ökonomie des Klimawandels

C. Kemfert

Humboldt Universität Berlin und Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung

Korrespondenz an: Prof. Dr. Claudia Kemfert, Leiterin Abteilung "Energie, Verkehr und Umwelt"  
am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung, Lehrstuhl Umweltökonomie an der Humboldt Universität Berlin,  
Mohrenstraße 58, D-10117 Berlin, Tel: + 49 30 89 789 663, Fax: +49 30 89 789 113,  
E-mail: ckemfert@diw.de

Eingegangen: 16. September 2008; angenommen: 30. September 2008

**Schlüsselwörter:** Klimawandel, CO<sub>2</sub>, Treibhausgas, Durchschnittstemperatur, Volkswirtschaft.

**Zusammenfassung:** Der menschlich verursachte Klimawandel ist ein ernst zu nehmendes Problem. Klimawissenschaftler bestätigen, dass der Anstieg der globalen Treibhausgase zu einem irreversiblen Klimawandel führen wird. Eine Vermeidung des Klimawandels ist nur dann möglich, wenn die Treibhausgasemissionen auf nahezu heutiges Niveau eingefroren werden. Insbesondere führt das Klimagas CO<sub>2</sub>, welches in erster Linie durch die Verbrennung von fossilen Rohstoffen wie Öl, Kohle und Gas entsteht, zu einem verstärkten Klimawandel. Weitere Treibhausgase sind Methan, welches zum größten Teil durch landwirtschaftliche Produktionsprozesse und bei der Gasgewinnung auftritt, sowie Lachgas, welches ebenso bei der landwirtschaftlichen Produktion entsteht. Die wesentlichen Auswirkungen des Klimawandels sind der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur und des Meeresspiegels sowie die Zunahme extremer Klimaereignisse wie Hitze, extreme Niederschläge oder Hurrikane. Der Stern-Bericht der britischen Regierung bestätigt, dass der Klimawandel vor allem eine ökonomische Komponente besitzt: durch extreme Klimaereignisse entstehen Kosten für die Volkswirtschaft, Stern rechnet mit Kosten von bis zu 20 % der globalen Volkswirtschaft. Aber auch auf die deutsche Volkswirtschaft werden erhebliche Kosten zukommen, bis zu 800 Mrd. Euro müsste die deutsche Volkswirtschaft in den kommenden 50 Jahren für die Behebung von Klimaschäden, der Anpassung an den Klimawandel und gestiegene Energiekosten aufwenden. Die Kosten des Handelns, d.h. der Treibhausgasminderung, sind deutlich geringer. Würden die Hauptverursacher des Klimawandels im raschen Ausbau von CO<sub>2</sub> freien Techniken kooperieren und gemeinsam einen Emissionshandel einrichten, könnten die Kosten deutlich vermindert werden. Nur 1 % der weltweiten Wirtschaftsleistung wäre dazu notwendig, wie ebenso der Stern-Bericht bestätigt. Damit sind die Kosten des Handelns deutlich geringer als die Kosten des Nichthan-

delns. Wenn sofort mit Klimaschutzpolitik begonnen werden würde, würden enorme Schäden vermieden werden.

## 1. Der Einfluss des Menschen auf das Klima ist groß

Der Einfluss des Menschen auf das natürliche Klima ist niemals größer gewesen als heute. So sind bedeutende Umweltveränderungen durch menschliche Aktivitäten, wie die steigenden Emissionen von Treibhausgasen (THG), zu einem wesentlichen Bestandteil der heutigen Lebenswelt geworden. Die Emissionen von Treibhausgasen und damit die Treibhausgaskonzentrationen sind in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich gestiegen. Der IPCC und der Wissenschaftliche Beirat globaler Umweltveränderung (WBGU, 2003) gehen davon aus, dass eine Veränderung der globalen Kohlendioxidkonzentrationen von über 450 ppm und damit einer Temperaturänderung von über 2°C im Jahre 2100 eine gefährliche Beeinflussung des Klimas durch den Menschen bedeuten wird. Die heutige Kohlendioxidkonzentration liegt bereits bei knapp 400 ppm (IPCC, 2007; Kemfert et al., 2006). Hauptverursacher von Treibhausgasemissionen sind Industriestaaten mit hohem Pro-Kopf-Energieverbrauch und Emissionen wie die USA, Europa, Japan. Inzwischen hat das energieintensive Wachstum Chinas dazu geführt, dass dieses Land schon heute Platz 2 der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen einnimmt und voraussichtlich bald auf Platz 1 vorrücken wird. Es ist abzusehen, dass der vom Menschen verursachte Klimawandel langfristige, irreversible Schäden verursachen wird, die die natürlichen Lebensgrundlagen gefährden.

Langjährige Beobachtungen bestätigen, dass sich die Erde erwärmt. Im 20. Jahrhundert hat sich die globale Oberflächentemperatur um 0,2 (± 0,6) Grad Celsius erhöht. Der Anstieg der Oberflächentemperatur der Nördlichen Hemisphäre war in dieser Zeit größer als in den vorausgegangenen 1000 Jahren. 1990 war global das wärmste Jahr im 20. Jahrhundert, das Jahr 2007 war das wärmste Jahr seit Beginn der Wetter-

aufzeichnungen. Die Anzahl der heißen Tage hat zugenommen, die der kalten Tage abgenommen. Die anthropogenen, d. h. durch den Menschen verursachte, Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) ist seit 1750 sehr stark angestiegen. Je nach Annahmen über die künftigen Entwicklungen wären Temperaturerhöhungen von 1,5 Grad Celsius bis zu 5,5 Grad Celsius im Jahre 2100 zu erwarten. Allein die atmosphärische Konzentration von Kohlendioxid hat sich von 1750 bis heute um 31% (± 4%) erhöht<sup>1</sup>. Die CO<sub>2</sub> Emissionen werden hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Energien erzeugt. Die Erderwärmung der letzten 50 Jahre ist daher im Wesentlichen auf menschlichen Einfluss zurückzuführen. Mit zunehmenden Treibhausgasemissionen und Temperaturen wird der globale Meeresspiegel weiter steigen, und zwar je nach zugrunde gelegten Annahmen und Szenarien um 10 cm bis zu 90 cm bis zum Jahre 2100.

## 2. Anzahl extremer Naturereignisse nimmt zu und damit auch die volkswirtschaftlichen Schäden

Die Anzahl und Stärke extremer Naturkatastrophen, wie durch extreme Regenfälle verursachte Überschwemmungen, Hitzewellen und Stürme mit steigenden Intensitäten, nehmen immer weiter zu. Tab. 1 zeigt die möglichen extremen Klima-Ereignisse, die Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens und ihre möglichen Auswirkungen. Es ist als gesicherte Erkenntnis anzusehen, dass nicht nur die Anzahl und Intensität extremer Naturereignisse, insbesondere die Zunahme extremer Regenfälle, weiter steigen wird. Manche Regionen in der Welt werden und sind schon heute stärker von dem Klimawandel betroffen als andere. In den Regionen Nordamerikas sind vermehrt Stürme und Tornados mit extremen Windintensitäten zu erwarten, wohingegen in Asien Überschwemmungen wahrscheinlicher sind. In Europa wiederum ist in Zukunft neben extremen Hitze-Ereignissen und Fluten auch mit starken Stürmen wie Tornados und Hurrikane zu rechnen.

Extreme Hitze-Phänomene und Regenfälle waren in den vergangenen Jahren in Europa, insbesondere auch in Deutschland, deutlich sichtbar: In Mittel- und Osteuropa traten im Jahre 2002 extreme Regenfälle und Überflutungen auf. Im Osten und Süden Deutschlands, im Südwesten Tschechiens sowie in Österreich und Ungarn kam es zu starken Überschwemmungen der Donau, Elbe, Moldau, Inn und Salzach. Das „Jahrtausendhochwasser“ hat neben Österreich, Tschechien vor allem Deutschland stark getroffen: Die Schäden haben sich allein in Deutschland auf 9,2 Mrd. € belaufen (Münchener Rück, 2002).

Im Jahre 2003 litt ganz Europa unter einer extremen Hitzewelle. Die volkswirtschaftlichen Schäden umfassen zum einen Hitzetote, wie sie vor allem in Frankreich aufgetreten sind und auch Gesundheitsschäden durch erhöhte Krank-

heitsgefahren, zum anderen Ernteauffälle, Störungen in der Energiebereitstellung und ein Anstieg der Waldbrände<sup>2</sup>. Insgesamt können für das Jahr 2003 Schäden der Hitzewelle in Höhe von 10 bis 17 Mrd. € für Europa geschätzt werden (Kemfert, 2007). Die Schäden des Hurrikans Katrina werden auf 200 Mrd. (15–20 Mrd. Münchner Rück) US Dollar beziffert, es kam zu Wachstumseinbußen in den USA in Höhe von 0,2–0,4%. Doch zusätzlich zu den durch die Versicherungsunternehmen bezifferten Schäden müssen Schäden der Infrastruktur, Krankheit durch das Ausbrechen von Seuchen, Todesfälle, Schäden der Landwirtschaft (bei Überflutungen) und Ökologie berücksichtigt werden. Die Kosten zur Beseitigung dieser Schäden sind vom Staat aufzubringen, es sind Ausgaben, die an anderer Stelle der Volkswirtschaft fehlen. Allerdings können durch den Wiederaufbau beschädigter Infrastruktur und Immobilien auch Branchen, wie die Baubranche profitieren (ca. +0,1% des BSP im Jahr 2005). Bei dem Extremereignis des Hurrikans Katrina kam erschwerend hinzu, dass durch die Beschädigung von Ölbohrplattformen es zu Ölangebotsausfällen kam und damit der Ölpreis stark angestiegen ist. Aus diesem Grund sind die volkswirtschaftlichen Schäden insgesamt sehr viel höher als die von den Versicherungsunternehmen bezifferten. Würde man diese Schäden mit hineinrechnen, wären die ökonomischen Schäden auf ca. 450 Mrd. \$ zu beziffern, ca. 2–3 Prozent des Bruttosozialprodukts der USA im Jahre 2005.

## 3. Volkswirtschaftliche Schäden wachsen um das Zehn- bis Hundertfache

Die ökonomischen Schäden extremer Klima-Ereignisse sind in den letzten drei Jahrzehnten um den Faktor fünfzehn gestiegen (Münchener Rück, 2007). Im Jahre 2002 bezifferte die Versicherung der Münchener Rück die globalen Schäden auf 55 Mrd. \$. Der kräftige Anstieg der Schäden ist auch damit zu erklären, dass zunehmend die vom Klimawandel besonders betroffenen Küstenregionen immer stärker besiedelt werden. Zudem nehmen die Sturmintensitäten zu und die Stürme treten vermehrt in dicht besiedelten Gebieten auf.

Der für sehr viel Aufmerksamkeit sorgende Bericht der britischen Regierung unter der Schirmherrschaft von Sir Nicolas Stern (Stern, 2006) untersucht ebenfalls die möglichen volkswirtschaftlichen Effekte des Klimawandels. Er kommt zu dem Schluss, dass der Klimawandel erhebliche volkswirtschaftliche Kosten verursachen wird, in der Höhe von bis zu 20% des Bruttosozialprodukts bis zum Jahre 2100. Damit kann der Klimawandel die weltweiten Volkswirtschaften in eine Rezession führen. Die Kosten des Handelns, d. h. der Emissionsminderung, sind deutlich geringer. Wenn die Weltnationen im Rahmen eines internationalen Emissionsrechtshandelns kooperieren, können die Kosten 1% des weltweiten Bruttosozialprodukts betragen, so sagt der Stern-Bericht.

<sup>1</sup> Heute sind 150 Gigatonnen (Gt) an Kohlendioxidemissionen mehr in der Atmosphäre als noch vor der Industrialisierung. Die Menge an Kohlendioxid wächst jährlich um 3 %. Im Jahre 2050 würde bei unveränderter Wachstumsrate die Menge an Kohlendioxid schon 300 Gt betragen.

<sup>2</sup> Hohe Flusswassertemperaturen bringen die Gefahr einer unzureichenden Kühlung der Atomreaktoren mit sich. Im Jahre 2003 führte dies dazu, dass Atommeiler in Deutschland und Frankreich stillgelegt werden mussten.

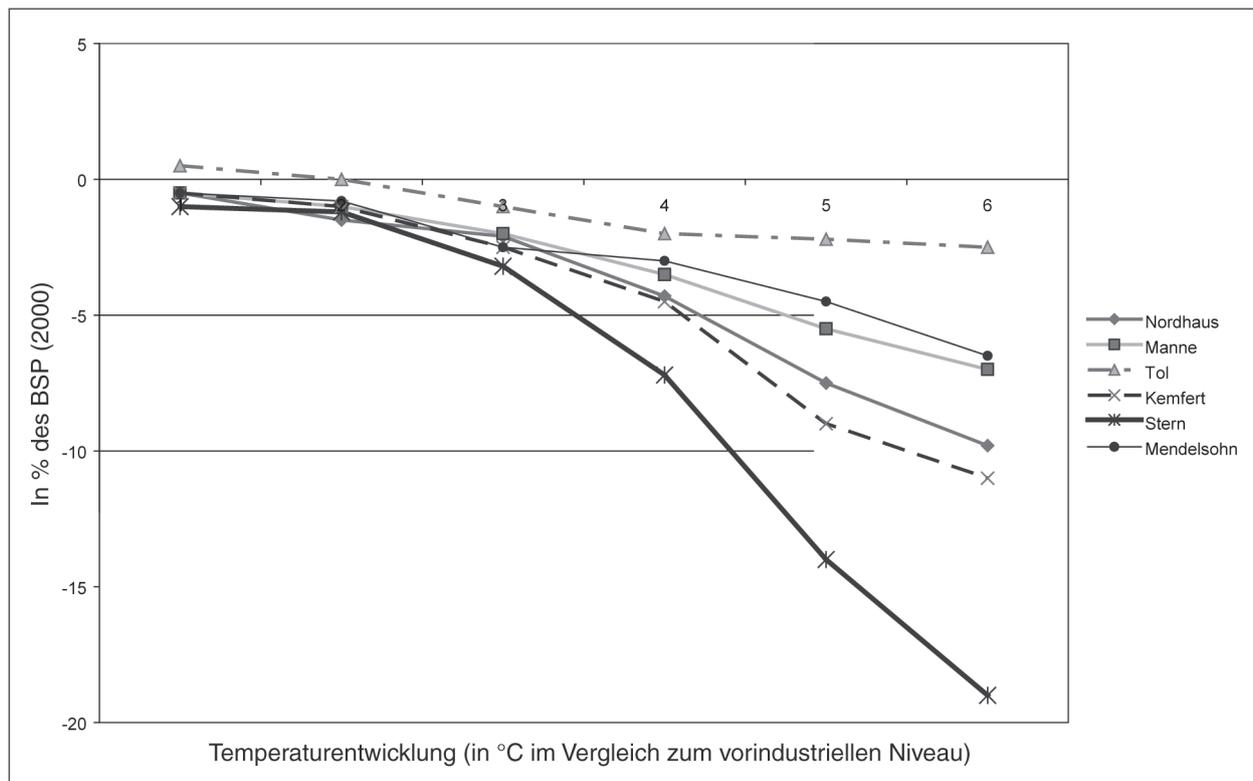


Abb. 1 Weltweite ökonomische Schäden gemessen in % des Bruttosozialprodukts (OECD, 2003; Stern, 2006; Kempfert, 2007).

Anhand des globalen Simulationsmodells WIAGEM (Kempfert, 2002a und 2002b), welches ein detailliertes Ökonomie- und Handelsmodell mit einem Klimamodell koppelt, können die ökonomischen Auswirkungen des Klimawandels geschätzt werden. Neben direkten ökonomischen Auswirkungen auf die Energieerzeugung, die Landwirtschaft und die Industrie werden hier zusätzlich Auswirkungen des Klimawandels auf die Ökologie (wie z.B. die Zunahme von Waldbränden und die Verluste an Artenvielfalt) aber auch gesundheitlich-ökonomische Aspekte von Krankheiten und Änderungen der Sterblichkeitsraten berücksichtigt. Vergangene Studien zeigen, dass gerade die Abschätzung solcher Schäden mit extremen Unsicherheiten behaftet ist (OECD, 2003). Wir berücksichtigen ein Szenario, welches eine Temperaturänderung von 4,5 Grad Celsius bis zum Jahre 2100 unterstellt (Treibhausgaskonzentration steigt auf 650 ppmv). Global können in einem solchen Szenario Schäden bis zu vier Prozent des globalen Bruttosozialprodukts auftreten (IPCC, 2007). Diese Ausgaben fehlen in der Volkswirtschaft an anderer Stelle (crowding out), was die ökonomischen Wachstumseffekte mindert, und wiederum zu zusätzlichen Wohlfahrtseinbußen führt. Die Ergebnisse für Deutschland zeigen, dass zudem erhebliche Kosten auf die deutsche Volkswirtschaft zukommen, bis zu 800 Mrd. US Dollar müsste die deutsche Volkswirtschaft in den kommenden 50 Jahren nur für die Behebung von Klimaschäden aufwenden; das sind ca. 3% des Bruttosozialprodukts in dieser Zeit. Und diese Kosten werden weiter steigen, wenn kein Klimaschutz betrieben wird. Die Kosten des Handelns, d. h. der Treibhaus-

gasminderung, sind deutlich geringer. Wenn die Hauptverursacher des Klimawandels Kooperationen in technologische Innovationen erzielen und gemeinsam einen Emissionshandel etablieren, können die Kosten bis 1% des BSP betragen. Damit sind die Kosten des Handelns deutlich geringer als die Kosten des Nichthandelns. Wenn sofort mit Klimaschutzpolitik begonnen werden würde, würden enorme Schäden vermieden werden. Eine Klimaschutzpolitik, die erst im Jahre 2030 beginnt, würde zu einer gefährlichen Beeinflussung des Klimas führen.

#### 4. Klimawandel – was können wir tun?

Um den Klimawandel abzumildern oder gar zu verhindern, müssen die Treibhausgasemissionen drastisch gesenkt werden. Klimaexperten gehen davon aus, dass eine Reduktion der Treibhausgase um 60 bis 80 Prozent bis zum Jahre 2100 notwendig wäre. Aufgrund der Langlebigkeit der Treibhausgase in der Atmosphäre müssen die verantwortlichen Staaten möglichst schnell mit dieser starken Reduktion beginnen. Hauptverantwortliche Staaten sind die USA, die für den Großteil aller weltweit emittierten Treibhausgase verantwortlich sind, gefolgt von China, Europa, Russland und Japan. Eine wirksame Klimaschutzpolitik muss vor allem Ländern mit hohen Treibhausgasemissionen verbindliche Ziele zur Emissionsvermeidung abverlangen. Mit dem Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls haben sich zwar die meisten Industrieländer

**Tab. 1** Klimaereignisse und Auswirkungen (IPCC, 2001). Beispiele extremer Klimaereignisse und die Auswirkungen (positiv und negativ)

Extremes Klimaereignis	Wahrscheinlichkeit	Auswirkungen
Höhere maximale Temperaturen. Mehr heiße Tage und Hitzewellen	sehr hoch	Ansteigende Todesfälle und ernsthafte Erkrankungen älterer Personen, vor allem in armen Regionen Anstieg von Hitzestress bei Tieren Verschiebung der Touristengebiete Anstieg des Risikos von Ernteschäden Reduktion der Energieversorgungssicherheit Anstieg der Energienachfrage für Kühlung
Weniger kalte Tage und Reduktion von Kältewellen	sehr hoch	Verminderte Sterbewahrscheinlichkeit durch weniger kalte Tage Verminderte Risiken der Ernteauffälle Anstieg der Ausbreitung „tropischer“ Krankheiten Vermehrte Ausbreitung von Schädlingen Reduzierte Energienachfrage für Heizen
Höhere extreme Regenfälle	sehr hoch	Anstieg der Schäden durch Überflutungen, Erdbeben, Lawinen Anstieg der Bodenerosion Erhöhte Entschädigungszahlungen des Staates Anstieg des ökonomischen Risikos für Versicherungsunternehmen
Anstieg der Sommertrockenheit und Risiken von Dürren	hoch	Reduzierte Ernteerträge Anstieg der Gebäudeschäden durch Bodenbeschaffenheitsänderungen und -veränderungen Reduzierte Wasserressourcen und verschlechterte Wasserqualität Anstieg des Risikos durch Waldbrände
Anstieg der Windintensitäten von Wirbelstürmen Anstieg der mittleren und höchsten Regenfälle (in manchen Regionen)	hoch	Erhöhtes Risiko für das Menschenleben Anstieg der Risiken für Krankheiten und Epidemien Anstieg der Küstenerosion und Schäden an Gebäuden und Infrastruktur in Küstennähe Anstieg der Schäden der Ökosysteme an der Küste (wie Korallenriffe und Mangroven)
Im Zusammenhang mit El Nino-Effekten intensivierte Fluten und Dürren	hoch	Reduzierte landwirtschaftliche Produktivität in Dürreregionen und Überschwemmungsgebieten Anstieg der Schäden in Mittelasien Reduzierte Wasserressourcen in Dürreregionen
Anstieg der Monsunregenschwankungen in Asien	hoch	Anstieg der Überflutungen und Dürren
Anstieg der Intensität der Stürme am mittleren Breitengrad	niedrig	Anstieg des Risikos für Leben und Gesundheit Anstieg der Wohlfahrtseinbußen und Anstieg der Infrastrukturschäden Anstieg der Schäden in Küstenzonengebieten

Quelle: IPCC (2001)

zu einer – insgesamt sehr moderaten – Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen bis zur Periode 2008/2012 verpflichtet. Allerdings verlaufen die Bemühungen um wirksame international abgestimmte Klimaschutzmaßnahmen zäh und es erscheint zweifelhaft, ob es gelingen wird, konkrete und verbindliche Emissionsziele auch für die Zeit nach dem Ende der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls im Jahre 2012 durchzusetzen. Während Deutschland und die Europäische Union auf bindende Verpflichtungen zum Klimaschutz drängen und selbst bereits zahlreiche Maßnahmen ergriffen haben, verweigern sich andere Länder, wie USA und China, diesen Forderungen. Dabei wäre es im Rahmen internationaler Klimaschutzabkommen dringend notwendig, dass die Industrienation USA sich an einem Klimaabkommen beteiligt, um dann auch Ländern wie China und Indien mit einer Vorbildfunktion vom Handeln zu überzeugen.

## 5. Wirksame Klimaschutzpolitik mit Kooperationen

Nur wenn es gelingt, im Rahmen internationaler Klimaschutzpolitik so zu kooperieren, dass Klimaschutzziele zu möglichst geringen Kosten erreicht werden, wird es mittel- bis langfristig möglich sein, gezielt Anreize für Nationen mit hohen Emissionen und damit hohen Vermeidungskosten, wie USA und China, zu schaffen, einem Klimaschutzabkommen beizutreten. Dabei sind verschiedene Anreizmechanismen denkbar: Länder, die zur Klimaschutzkooperation bewegt werden sollen, können entweder direkt über sogenannte *Side Payments*, d.h. monetäre Zahlungen z.B. auch gezielten Klimaschutz-Fonds, dazu bewegt werden, Klimaschutzziele einzugehen (Carraro, 1999). Zudem ist es denkbar, zögernde Nationen zu überzeugen, einem Klimaschutzabkommen beizutreten, indem Sanktionen auferlegt werden, wie beispielsweise Handelsbeschränkungen (z.B. von Kohle der USA). Quantitative Untersuchungen zeigen aber, dass dies nicht nur zu negativen volkswirtschaftlichen Auswirkungen der betrof-

fenen Nationen führt, sondern auch für die Nationen, welche die Handelssanktionen eingeführt haben (Kempf, 2004).

Erfolg versprechender sind im Rahmen internationaler Klimaschutzpolitik solche Maßnahmen, die Emissionsminderungsziele zu minimalen volkswirtschaftlichen Kosten erreichen. Durch den Emissionshandel können die Vermeidungskosten der Industriestaaten erheblich vermindert werden. Länder, die sich dem Erreichen eines internationalen Klimaschutzziels anschließen wollen, können dies mit der Einführung eines Emissionsrechtehandels kosteneffizient erreichen. Zudem kann es sinnvoll sein, gemeinsam technologische Neuerungen zur Energieeffizienzverbesserung zu erforschen, welche ebenso die Emissionsminderungskosten vermindern (Kempf 2004). So können beispielsweise durch gezielte Kooperation in Forschungsarbeiten zur technologischen Entwicklung die kooperierenden Länder einen Wettbewerbsvorteil erzielen.

Damit wird der Erfolg von Klimaschutzpolitiken nach 2012 von drei entscheidenden Faktoren abhängen: (1) konkrete globale Emissionsminderungsziele, (2) Kooperation und Kosteneffizienz. Nur wenn es gelingen wird, die Emissionsvermeidungskosten so gering wie möglich zu halten, wie durch den Einsatz eines Emissionsrechtehandels und (3) gezielte Kooperation in technologische Entwicklungen, wird eine weitere internationale Klimaschutzpolitik Erfolg haben.

## 6. Kosteneffizienz durch weltweiten Emissionshandel

Der bereits im Kyoto-Protokoll eingeführte Emissionshandel vermindert die Kosten der Emissionsminderung drastisch (Carraro, 1999; Lössel, 2002). Im Rahmen des Kyoto-Protokolls liegt dies in erster Linie daran, dass Russland aufgrund wirtschaftlicher Einbußen nach 1990 die Emissionen bereits weit unter das Niveau von 1990 hat senken können. Damit ist Russland in der Kyoto-Verpflichtungsperiode in der Lage, Emissionen zu verkaufen, sodass es für solche Länder, die relativ hohe Vermeidungskosten haben, wie Europa und Japan, kostengünstiger sein kann, Emissionsrechte zu erwerben.

Im Rahmen weiterer Klimaschutzvereinbarungen nach Kyoto, also nach dem Jahre 2012, wird es nun entscheidend sein, dass weitere Emissionsminderungen möglichst kostengünstig erreicht werden können. „Kyoto Plus“ muss zwei wichtige Komponenten enthalten: verbindliche Minderungsziele für alle Industriestaaten und Kosteneffizienz durch (1) einen internationalen Emissionshandel, indem stark wachsende Volkswirtschaften sich beteiligen, und (2) Kooperation in technologische Entwicklungen.

## 7. Wege aus dem Marktversagen

Politische Entscheidungen für mehr Klimaschutz sind somit elementar. Europa hat sich in einem historisch einmaligen Schritt dazu entschlossen, die Treibhausgasemissionen um 20% zu senken und zugleich den Anteil erneuerbarer Energien deutlich zu erhöhen. Ein breites Maßnahmenpaket für mehr Klimaschutz ist jedoch wichtig, um die Klimaschutzkosten

möglichst gering zu halten. So müssen neben Energieeffizienzmaßnahmen – vor allem für Gebäude und Fahrzeuge – zunehmend marktwirtschaftliche Instrumente wirkungsvoll eingesetzt werden. Der Emissionsrechtehandel ist prinzipiell ein gelungenes Instrument, allerdings müssten die Emissionsrechte versteigert, möglichst viele Sektoren und Länder einbezogen sowie deutlichere Emissionsobergrenzen vorgegeben werden. Nur wenn der Emissionsrechtehandel richtig funktioniert, könnte er bewährte Steuer-Instrumente, wie die Ökosteuer, ablösen. Zudem müssten weitere Instrumente, gerade im Verkehrssektor eingeführt werden, wie beispielsweise die CO<sub>2</sub> bezogene KFZ Steuer. Aber vor allem spielt die Verbesserung der Energieeffizienz eine entscheidende Rolle. Das Maßnahmenpaket der Bundesregierung aus dem Dezember 2007 verdeutlicht, dass Energiesparen, vor allem im Gebäudereich, eine wichtige Rolle zukommt. Neben gezielter Gebäudedämmung werden auch die erneuerbaren Energien zur Wärmebereitstellung immer wichtiger werden. Baden-Württemberg geht mit gutem Beispiel voran: für Neubauten will Baden Württemberg 20% des Wärmebedarfs mit erneuerbaren Energien abdecken. Diese Investitionen bedeuten zwar zusätzliche Kosten für Haus- und Wohnungseigentumsbesitzer, jedoch profitiert die Baubranche von zusätzlichen Investitionen. Volkswirtschaftlich ist das Programm lohnend: Jeder Haushalt muss in den kommenden 10 Jahren durchschnittlich 8 € mehr für Energiesparmaßnahmen aufwenden, spart aber Energieausgaben ein, durchschnittlich von bis zu 10 € im Monat. Die Baubranche ist ohnehin die Branche, die im Gegensatz zu vielen anderen Branchen, deutlich von Klimaschutzmaßnahmen, insbesondere der Verbesserung der Gebäudeisolierung, profitieren kann.

Zudem müssen die erneuerbaren Energien zur Stromherstellung und Kraft-Wärme-Kopplung weiterhin gefördert werden. Wie das Beispiel der Förderung erneuerbarer Energien in Deutschland zeigt, kann der Klimaschutz durchaus positive wirtschaftliche Auswirkungen erbringen. Im Bereich erneuerbaren Energien arbeiten heute in Deutschland 250.000 Beschäftigte, die Tendenz ist stark steigend. Die deutsche Wirtschaft profitiert von dieser Entwicklung, da die innovative Energietechniken „made in Germany“ weltweit zum Absatzschlager werden können. Dies gilt im Übrigen auch für andere innovative CO<sub>2</sub> freie Energietechniken, wie beispielsweise umweltfreundliche Kohletechniken. Nur wenn es Europa und Deutschland gelingt zu zeigen, dass Klimaschutz zu vertretbaren volkswirtschaftlichen Kosten und mit eindeutigen komparativen Marktvorteilen erreichbar ist, werden andere Staaten dem Beispiel folgen. Dann werden auch Länder wie die USA und China einem internationalen Klimaabkommen beitreten können.

Der Klimaschutz wird eine immer bedeutsamere Rolle spielen. Zudem werden fossile Ressourcen wie Öl und Gas zunehmend knapp und müssen ersetzt werden.

Richtig ist die Forderung zu weiterer Treibhausgasminderung, denn jemand muss die Vorreiterrolle übernehmen: er muss zeigen, dass es funktionieren kann, dass die Minderung von Treibhausgasen zu vertretbaren volkswirtschaftlichen Kosten erreichbar sein kann und dass eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch möglich ist. Al-

lerdings wird es kaum möglich sein, die Energieversorgungsstruktur, die in Deutschland immerhin 40% der Emissionen ausmacht, so schnell „CO<sub>2</sub> frei“ zu machen: mit dem Ausstieg aus der Atomenergie werden heute eher Anreize gegeben, in herkömmliche Kohletechnologie zu investieren, die zwar, zugegebenermaßen, effizienter ist als die alten Kraftwerke, aber nicht „CO<sub>2</sub> arm“ sind; diese Technik scheint möglich, aber wohl kaum vor 2020. Der Emissionsrechtehandel kann hier zwar die richtigen Signale senden, aber dieser müsste dann noch höhere Minderungsziele erwirken und die Emissionsrechte versteigern – und zudem den Flugverkehr mit einbeziehen. Denn gerade im Verkehrssektor ist bisher zu wenig passiert: selbst ein hoher Ölpreis führt kaum dazu, dass weniger gefahren wird, die Automobilhersteller sind kaum dazu zu bewegen, Sprit sparende Motoren einzusetzen, von sich aus alternative Kraftstoffe serienmäßig einzusetzen – warum zwingt man sie denn nicht, dies zu tun? Wenn schon die deutschen Topmanager der großen Automobilhersteller nicht die Zeichen der Zeit erkennen und sich damit freiwillig in die mittelfristige Absatzkrise bewegen, sollte man nachhelfen und – aus Klimaschutzgründen, aber auch aus dem volkswirtschaftlichen Überlebenswillen heraus – entsprechende Vorgaben machen. Sicherlich wird man mit der Effizienzinitiative es schaffen, Emissionen – gerade im Gebäudebereich – zu vermindern. Deutschland kann jedoch etwas Wichtiges tun: als „Land der Ingenieure“ sollte Deutschland viel mehr Geld in die Erforschung innovativer und CO<sub>2</sub> freier Energietechnologie investieren: diese Technologie wird dann zum weltweiten Absatzschlager und baut Wachstumspotentiale auf – und fördert damit Beschäftigung. Damit könnten weltweit die Emissionen gesenkt werden, was aus Klimaschutzgründen dringend notwendig ist.

Zukünftig wird man mehr Geld für die Beseitigung von Klimaschäden aufbringen müssen, das ist Geld, was an anderer Stelle der Volkswirtschaft fehlt. Wenn allerdings weltweit die Treibhausgase stark reduziert werden, werden auch die Klimaschäden geringer sein. Dennoch wird man den Klimawandel nicht ganz eindämmen: Kosten für die Vorsorge und Anpassung werden dennoch aufzubringen sein. Dann wird es künftig – hoffentlich bald – alternative Energien sowohl in der Stromerzeugung als auch im Bereich Mobilität geben. Künftig wird es dann auch „richtigere“ Preissignale geben: Fliegen muss teuer werden, Bahnfahren billiger, Energieerzeugung und Sprit sollte „CO<sub>2</sub> frei“ sein, die Gebäude sollten so gedämmt und Geräte so energieeffizient, dass kaum noch Energie notwendig ist – so wird die Zukunft hoffentlich aussehen.

## 8. Fazit

Die heutige Gesellschaft steht wie keine andere vor ihr vor großen Herausforderungen. Sie muss die Konsequenzen des volkswirtschaftlichen Handelns der vergangenen Jahrzehnte verstehen, akzeptieren und die volkswirtschaftlichen Produktionsprozesse in völlig neue Bahnen lenken: fossile Ressourcen wie Öl, Gas und Kohle sind endlich und verursachen beim Verbrennen klimafährliche Treibhausgase. Dabei werden etwa drei Viertel der weltweiten Treibhausgase von den ent-

wickelten Volkswirtschaften wie USA, Europa und Japan verursacht. Die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre hat schon heute fast das Niveau erreicht, welches nicht überschritten werden sollte, um das Klima irreversibel zu schädigen. Die Folgen des irreversiblen Klimawandels sind extreme Klimaereignisse, wie Hurrikane, Überflutungen, Dürren und auch abrupte Klimawechsel, die heute schwer vorhersagbar sind.

Um den Klimawandel einzudämmen, müssen die modernen, entwickelten Volkswirtschaften es schaffen, die Klimagase drastisch einzudämmen und zudem fossile Energien durch alternative Kraftstoffe ersetzen. Die zukünftige Energieversorgung muss vor allem CO<sub>2</sub> frei sein, aber auch sicher und wettbewerbsfähig. Alle drei Ziele sind gleichrangig zu bewerten, aber kaum gleichrangig zu erfüllen. Weltweit steigt die Nachfrage nach fossilen Ressourcen weiter drastisch an, bisherige Entwicklungsländer wachsen stark und rasch und benötigen Energie. Die steigende Nachfrage nach Energie spiegelt sich zwar schon teilweise in hohen Preisen, vor allem für Öl und Gas, wider. Dennoch sind die Energiepreise immer noch nicht hoch genug, um die Trendwende hin zu einer CO<sub>2</sub> freien Energieversorgung tatsächlich zu erzielen. Zudem ist die fossile Ressource Kohle nicht knapp und würde weltweit noch für 200 Jahre ausreichen, um die Weltnachfrage zu decken. Wenn wir jedoch jegliche Kohlevorkommen der Welt verbrennen würden, würden die weltweiten Treibhausgaskonzentrationen explodieren und der Klimawandel würde ungebremst voranschreiten. Jedoch wird die Ressource Öl zunehmend knapp, im Jahre 2005 stieg der Ölpreis erstmalig wieder auf ein Preisniveau wie in der ersten und zweiten Ölpreiskrise in den siebziger und achtziger Jahren. Ein hoher Ölpreis ist zwar Gift für die Volkswirtschaft, aber auch ein volkswirtschaftliches Knappheitssignal, welches Anreize gibt, verstärkt nach Alternativen zu suchen. Dennoch: diejenigen Volkswirtschaften sind schlecht beraten, welche auf Knappheitssignale warten. Wenn der Ölpreis in die Höhe schnell, haben die Kämpfe um die knappen Ressourcen schon begonnen und Verteilungskämpfe bedeuten erhöhte volkswirtschaftliche Kosten. Gerade die modernen Volkswirtschaften sind gut beraten, möglichst frühzeitig auf Alternativen umzusatteln und schon heute die politischen Leitlinien so zu setzen, dass eine nachhaltige Energieversorgung rasch umgesetzt wird. Die volkswirtschaftlichen Kosten eines möglichst frühzeitigen Umbaus der Volkswirtschaft hin zu einer CO<sub>2</sub> freien Energieversorgung sind heute geringer als wenn eine Umstellung erst viel später und damit sehr viel schneller vorstatten gehen muss.

Die zentrale Herausforderung des 21. Jahrhunderts ist es, eine nachhaltige Energieversorgung sicherzustellen. Die Politik muss hier einen Kraftakt leisten, denn die Marktsignale versagen auf zwei Ebenen: zum einen wird der Klimawandel nicht in die marktwirtschaftlichen Geschehnisse einbezogen. Der Klimawandel schreitet stetig schleichend voran und kann in einzelnen Weltregionen sehr unterschiedlich spürbar werden. Zudem ist der Klimawandel ein langfristiges Phänomen, welches bei Überschreiten einer „Schmerzgrenze“ irreversible Schäden verursacht. Daher wäre es notwendig, globale Lösungen für den Klimaschutz zu suchen.

Zum anderen muss der Verbrauch fossiler Energien begrenzt werden. Beide Aufgaben umfassen einen deutlich längeren als im politischen Prozess beachteten Zeitraum. Zudem sind beide Probleme globale Herausforderungen, sodass politische Aktionen eigentlich global gesteuert werden müssten. Es wird versucht, für den Klimaschutz eine globale Lösung zu finden, und erste Abkommen zum Klimaschutz sind verabschiedet worden. Die nachhaltige Energieversorgung wird nicht global angegangen, hier gibt es sehr unterschiedliche Sichtweisen in den einzelnen Weltregionen. Im Grunde genommen wäre es aber unerlässlich, beide Problembereiche miteinander zu koppeln und eine einheitliche globale Klimaschutzpolitik und nachhaltige Energiepolitik zu definieren und verbindlich umzusetzen.

## 9. Literatur

- Carraro, C. (1999) The Structure of International Agreements on Climate Change. In: Carraro, C. (ed) *International Environmental Agreements on Climate Change*. Dordrecht, Kluwer Academic Publisher.
- Edenhofer, O., Lessmann, K., Kemfert, C., Grubb, M. und Koehler, J. (2006) Induced technological change: exploring its implications for the Economics of Atmospheric stabilization. *The Energy Journal* 27:57–107.
- Haites, E., Yamim, F., Blanchard, O. und Kemfert, C. (2004) Implementing the Kyoto Protocol without Russia. *Climate Policy* 4:143–152.
- Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) (2007) *Climate Change 2007. Fourth Assessment Report, Synthesis Report*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Kemfert, C. (2002a) An Integrated Assessment Model of Economy-Energy-Climate – The model WIAGEM. *Integrated Assessment* 3:281–299.
- Kemfert, C. (2002b) Global Economic Implications of alternative Climate Policy Strategies. *Environmental Science and Policy* 5:367–384.
- Kemfert, C. (2003) International Climate Coalitions and trade – Assessment of cooperation incentives by issue linkage. *Energy Policy* 4:455–465.
- Kemfert, C. (2004) International Climate Coalitions and trade – Assessment of cooperation incentives by issue linkage. *Energy Policy* 32:455–465.
- Kemfert, C. (2007) Die Kosten des Klimawandels: Der Mensch heizt die Erde auf – was muss er dafür bezahlen? *Internationale Politik*, Februar, S. 38–45.
- Kemfert, C., Truong, P. T. und Brucker, T. (2006) Economic Impact Assessment of Climate Change: A Multi-Gas Investigation. *The Energy Journal*, Special Issue 3:441–460.
- Löschel, A. (2002) Technological Change in Economic Models of Environmental Policy: A Survey. *Ecological Economics* 43:105–126.
- Münchener Rück (2002) *Jahresrückblick Naturkatastrophen 2002*. München.
- Münchener Rück (2007) *Jahresrückblick Naturkatastrophen 2006*. München.
- OECD (2003) *Estimating the Benefits of Climate Change Policy*. ENV/EPOC/GSP (2003)3, Paris.
- Stern, N. (2006) *The Stern Review: The Economics of Climate Change*. Cambridge University Press.
- WBGU (2003) *Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit*, Berlin, S. 94–98.

---

To access this journal online:  
<http://www.birkhauser.ch/JVL>

---