

## Zusammenfassung/Executive Summary

---

Die wissenschaftlichen Beweise sind jetzt überwältigend: der Klimawandel ist eine ernsthafte globale Bedrohung und verlangt eine dringende globale Antwort.

Das vorliegende unabhängige Review wurde vom Chancellor of the Exchequer (Finanzminister) für den Chancellor selbst und für den Premierminister als ein Beitrag zur Beurteilung der Beweise und zum Vermitteln eines Verständnisses der wirtschaftlichen Aspekte des Klimawandels in Auftrag gegeben.

Das Review untersucht zunächst die Beweise über die wirtschaftlichen Aspekte des Klimawandels an sich und beleuchtet dann die wirtschaftlichen Aspekte der Stabilisierung von Treibhausgasen in der Atmosphäre. Die zweite Hälfte des Review betrachtet die komplexen politischen Aufgaben in Verbindung damit, den Übergang in eine kohlenstoffarme Wirtschaft zu verwalten und zu gewährleisten, dass Gesellschaften sich an die Folgen des Klimawandels anpassen können, die nicht mehr vermieden werden können.

Das Review hat eine internationale Perspektive. Ursachen und Folgen des Klimawandels sind global und ein internationales kollektives Handeln ist zur Erzielung einer wirksamen, effizienten und tragbaren Antwort in dem benötigten Maßstab wesentlich. Diese Antwort erfordert eine tiefere internationale Zusammenarbeit in vielen Bereichen – insbesondere bei der Schaffung von Preissignalen und Märkten für Kohlenstoff, dem Stimulieren technologischer Forschungen, Entwicklungen und Anwendungen und dem Erleichtern der Anpassung, insbesondere für Entwicklungsländer.

Der Klimawandel bedeutet eine einzigartige Herausforderung für Volkswirtschaften: er ist das größte und weittragendste Versagen des Marktes, das es je gegeben hat. Die wirtschaftliche Analyse muss daher global sein, sich mit Langzeithorizonten befassen, muss sich auf die wirtschaftlichen Risiko- und Unsicherheitsaspekte konzentrieren und die Möglichkeit bedeutender, nichtmarginaler Änderungen untersuchen. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, baut das Review auf Ideen und Techniken von den meisten der wichtigen Wirtschaftsbereiche auf, einschließlich vieler kürzlicher Fortschritte.

### ***Die Vorteile eines entschiedenen und frühen Handelns gegen den Klimawandel überwiegen die Kosten***

Die Auswirkungen unseres Handelns jetzt in Bezug auf zukünftige Änderungen des Klimas haben lange Vorlaufzeiten. Was wir heute tun, kann nur einen begrenzten Einfluss auf das Klima in den nächsten 40 oder 50 Jahren haben. Andererseits kann das, was wir in den nächsten 10 oder 20 Jahren tun, einen tief greifenden Einfluss auf das Klima in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts und im nächsten haben.

Niemand kann die Folgen des Klimawandels mit völliger Sicherheit vorhersagen; aber wir wissen heute genug, um die Risiken zu verstehen. Eine Abmilderung – entschiedene Maßnahmen zum Reduzieren von Emissionen – muss als eine Investition angesehen werden, als Kosten, die heute und in den nächsten Jahrzehnten getragen werden müssen, um die Risiken ernsthafter Folgen in der Zukunft zu vermeiden. Wenn diese Investitionen klug erfolgen, dann werden die Kosten tragbar sein und eine breite Palette an Möglichkeiten für Wachstum und Entwicklung mit sich bringen. Damit dies gut funktionieren kann, muss die Politik vernünftige Marktsignale fördern, Mängel des Marktes überwinden und auf Gleichheit und Risikoabmilderung als Kernstück gegründet sein. Dies ist im Wesentlichen der ideelle Rahmen dieses Review.

Das Review betrachtet die wirtschaftlichen Kosten der Einflüsse des Klimawandels sowie die Kosten und Vorteile des Handelns zum Reduzieren der Emissionen von Treibhausgasen (GHGs), die ihn verursachen, auf drei verschiedene Weisen:

- Unter Anwendung vereinzelter Techniken, mit anderen Worten die Betrachtung der physikalischen Auswirkungen des Klimawandels auf die Wirtschaft, auf das menschliche Leben und auf die Umwelt, und die Untersuchung der Kosten für die Ressourcen für unterschiedliche Technologien und Strategien, um Treibhausgasemissionen zu reduzieren;
- Unter Anwendung von Wirtschaftsmodellen, einschließlich integrierter Beurteilungsmodelle, die die wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels schätzen, und von makroökonomischen Modellen, die die Kosten und Auswirkungen des Übergangs auf kohlenstoffarme Energiesysteme für die Volkswirtschaft insgesamt repräsentieren;
- Unter Anwendung von Vergleichen des derzeitigen Niveaus und zukünftiger Verlaufsrichtungen der „sozialen Kosten von Kohlenstoff“ (die Kosten der Einflüsse in Verbindung mit einer zusätzlichen Einheit von Treibhausgasemissionen) mit den marginalen Senkungskosten (den Kosten in Verbindung mit inkrementalen Emissionseinheitenreduzierungen).

Aus allen diesen Perspektiven führen die vom Review gesammelten Beweise zu einer einfachen Schlussfolgerung: die Vorteile eines entschiedenen, frühen Handelns überwiegen die Kosten bei weitem.

Die Beweise zeigen, dass das wirtschaftliche Wachstum irgendwann Schaden leiden wird, wenn man den Klimawandel ignoriert. Durch unser Verhalten jetzt und über die nächsten Jahrzehnte könnte das wirtschaftliche und soziale Leben später in diesem Jahrhundert und im nächsten in einem Maßstab ähnlich dem während der Weltkriege und der Wirtschaftskrise in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts gestört werden. Und es wird auch schwierig, wenn nicht gar unmöglich werden, diese Änderungen rückgängig zu machen. Die Bekämpfung des Klimawandels ist langfristig gesehen eine Pro-Wachstum-Strategie und kann auf eine Weise erfolgen, die die Wachstumsambitionen reicher und armer Länder nicht behindert. Je früher wirksam gehandelt wird, desto geringer werden die Kosten sein.

Gleichzeitig ist es angesichts der Tatsache, dass der Klimawandel bereits im Gange ist, unerlässlich, Menschen zu helfen, sich daran anzupassen. Und je weniger wir jetzt zur Abmilderung beitragen, desto schwieriger wird es, sich in der Zukunft fortgesetzt anzupassen.

\*\*\*

Die erste Hälfte des Review betrachtet, wie die Beweise für die wirtschaftlichen Einflüsse des Klimawandels sowie für die Kosten und Vorteile des Handelns zum Reduzieren von Treibhausgasen mit dem oben beschriebenen ideellen Rahmen in Bezug stehen.

***Die wissenschaftlichen Beweise weisen auf zunehmende Risiken ernsthafter, irreversibler Einflüsse des Klimawandels hin, wenn für Emissionen ein BAU-Weg (Business-As-Usual/weiter wie bisher) eingeschlagen wird.***

Die wissenschaftlichen Beweise für die Ursachen und zukünftigen Verlaufswege des Klimawandels werden ständig stärker. Insbesondere können Wissenschaftler heute den Temperaturresultaten und -einflüssen auf die natürliche Umwelt in Verbindung mit unterschiedlichen Stabilisierungsniveaus von Treibhausgasen in der Atmosphäre Wahrscheinlichkeiten zuordnen. Wissenschaftler verstehen heute auch viel mehr über das Potential für dynamisches Feedback, das in früheren Klimawandlungszeiten die zugrunde liegenden physikalischen Prozesse erheblich verstärkt hat.

Die vorhandenen Treibhausgasmengen in der Atmosphäre (einschließlich Kohlendioxid, Methan, Stickoxiden und einer Reihe von Gasen, die aus industriellen Prozessen entstehen) nehmen infolge menschlicher Aktivitäten ständig zu. Die Quellen sind in Abb. 1 unten zusammengefasst.

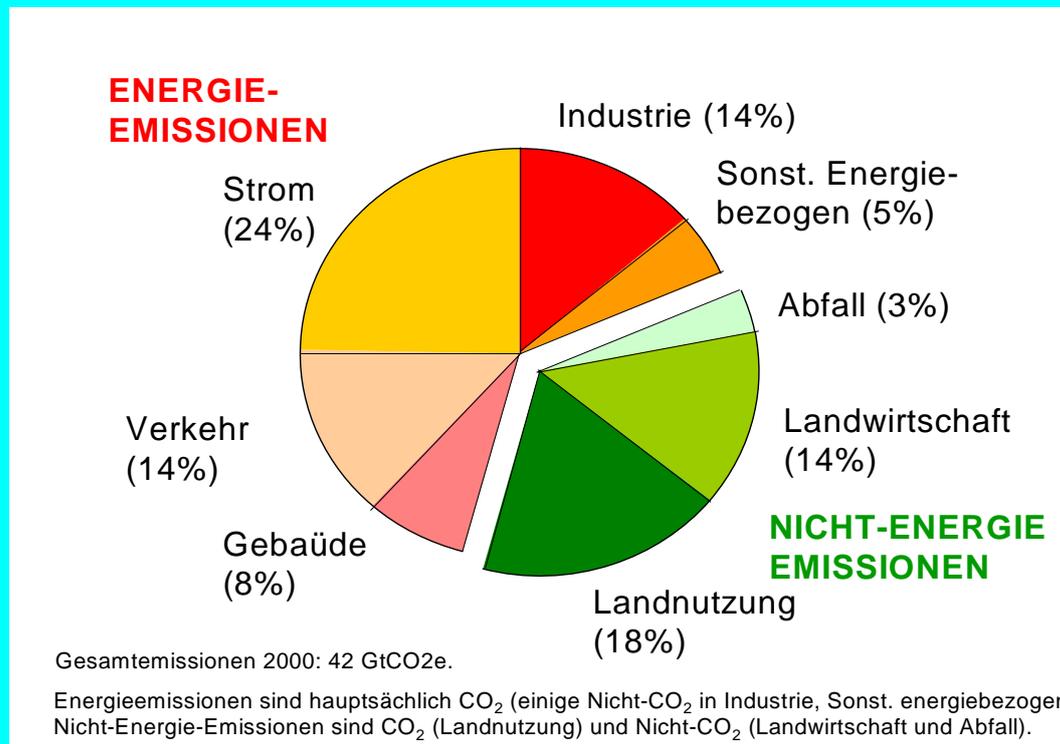
Die derzeitigen Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre sind gleichbedeutend mit etwa 430 Teilen pro Million (ppm) CO<sub>2</sub><sup>1</sup>, im Vergleich mit nur 280 ppm vor der industriellen Revolution. Diese Konzentrationen haben bereits eine Erwärmung der Welt um mehr als ein halbes Grad Celsius verursacht und werden über die nächsten Jahrzehnte aufgrund der Trägheit des Klimasystems zu einer Erwärmung von wenigstens einem weiteren halben Grad Celsius führen.

Selbst wenn der jährliche Emissionsfluss nicht über die heutige Geschwindigkeit hinaus ansteigen würde, würden die Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre bis 2050 das Doppelte des vorindustriellen Niveaus erreichen – d.h. 550 ppm CO<sub>2</sub>e – und würden danach ständig weiter steigen. Aber der jährliche Emissionsfluss beschleunigt sich, da schnell wachsende Volkswirtschaften in kohlenstoffreiche Infrastruktur investieren und der Energie- und Transportbedarf in der ganzen Welt zunimmt. Das Niveau von 550 ppm CO<sub>2</sub>e könnte bereits 2035 erreicht werden. Auf diesem Niveau würden die Aussichten wenigstens 77% – je nach angewendetem Klimamodell möglicherweise sogar 99% – betragen, dass der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur 2°C übersteigt.

---

<sup>1</sup> Nachfolgend CO<sub>2</sub>-Äquivalent, CO<sub>2</sub>e, genannt

Abb. 1: Treibhausgasemissionen in 2000 nach Quelle



**Quelle:** Erstellt von Stern Review anhand von Daten, die mit dem World Resources Institute Climate Analysis Indicators Tool (CAIT), Online-Datenbank Version 3.0, gewonnen wurden.

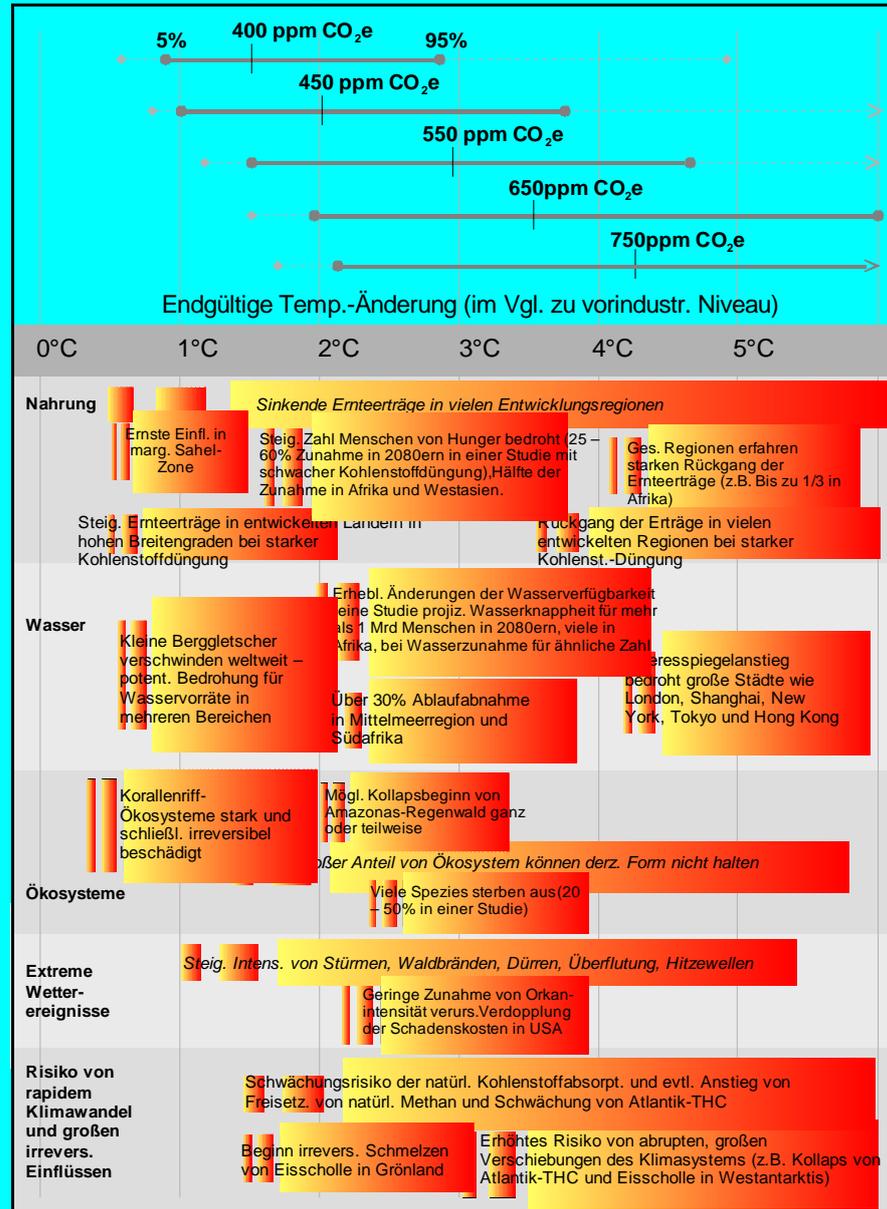
Unter einem BAU-Szenario könnten sich die Treibhausgaskonzentrationen bis zum Ende des Jahrhunderts mehr als verdreifachen, was ein Risiko von wenigstens 50% ergibt, dass die Änderung der globalen Durchschnittstemperatur in den nächsten Jahrzehnten 5°C überschreiten wird. Dies würde den Menschen in unbekanntes Territorium bringen. Um den Maßstab einer solchen Zunahme zu illustrieren: die Erde ist jetzt um nur rund 5°C wärmer als in der letzten Eiszeit.

Solche Änderungen würden die physikalische Geografie der Welt transformieren. Eine radikale Änderung der physikalischen Geografie der Welt muss unbedingt starke Auswirkungen auf die humane Geografie haben – wo Menschen leben und wie sie leben.

Abb. 2 fasst die wissenschaftlichen Beweise der Zusammenhänge zwischen Konzentrationen von Treibhausgasen in der Atmosphäre, der Wahrscheinlichkeit unterschiedlicher Niveaus auf die Änderung der globalen Durchschnittstemperatur und den für jedes Niveau erwarteten physikalischen Auswirkungen zusammen. Die Risiken ernsthafter, irreversibler Auswirkungen des Klimawandels nehmen mit dem Anstieg der Konzentrationen von Treibhausgasen in der Atmosphäre stark zu.

**Abb. 2: Stabilisierungsniveaus und Wahrscheinlichkeitsbereiche für Temperaturanstiege**

Die Abbildung unten zeigt die Typen von Einflüssen, die zu erwarten sein können, wenn die Welt mit mehr Treibhausgasen ein Äquilibrium erreicht. Der obere Teil zeigt den Temperaturbereich auf Stabilisationsniveaus zwischen 400 ppm und 750 ppm CO<sub>2</sub>e auf Äquilibrium projiziert. Die durchgezogenen horizontalen Linien zeigen den Bereich von 5 - 95% auf der Basis von Klimaempfindlichkeitsschätzungen gemäß IPCC 2001<sup>2</sup> und einer kürzlichen Hadley Centre Ensemble Studie<sup>3</sup> an. Die vertikale Linie gibt das Mittel der 50. Perzentile an. Die gestrichelten Linien zeigen den Bereich von 5- 95% auf der Basis von elf kürzlichen Studien<sup>4</sup>. Der untere Teil illustriert die Palette an Einflüssen, die auf unterschiedlichen Erwärmungsniveaus zu erwarten sind. Die Beziehung zwischen Änderungen der globalen Durchschnittstemperatur und regionalen Klimaänderungen ist sehr unsicher, insbesondere in Bezug auf Niederschlagsänderungen (siehe Box 4.2). Diese Abbildung zeigt potentielle Änderungen auf der Basis von aktueller wissenschaftlicher Literatur.



<sup>2</sup> Wigley, T.M.L. und S.C.B. Raper (2001): 'Interpretation of high projections for global-mean warming', Science **293**: 451-454, basierend auf Intergovernmental Panel on Climate Change (2001): 'Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change' [Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, et al. (eds.)], Cambridge: Cambridge University Press.

<sup>3</sup> Murphy, J.M., D.M.H. Sexton D.N. Barnett et al. (2004): 'Quantification of modelling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations', Nature **430**: 768 - 772

<sup>4</sup> Meinshausen, M. (2006): 'What does a 2°C target mean for greenhouse gas concentrations? A brief analysis based on multi-gas emission pathways and several climate sensitivity uncertainty estimates', Avoiding dangerous climate change, in H.J. Schellnhuber et al. (eds.), Cambridge: Cambridge University Press, S.265 - 280.

### ***Der Klimawandel bedroht die Grundelemente des menschlichen Lebens in der ganzen Welt – Zugang zu Wasser, Lebensmittelproduktion, Gesundheit und Nutzung von Land und Umwelt.***

Das Schätzen der wirtschaftlichen Kosten des Klimawandels ist eine schwierige Aufgabe, aber es gibt eine Reihe von Methoden oder Ansätzen, mit denen wir die wahrscheinliche Größe der Risiken beurteilen und sie mit den Kosten vergleichen können. Das vorliegende Review betrachtet drei dieser Ansätze.

Dieses Review hat zunächst ausführlich die physikalischen Auswirkungen auf wirtschaftliche Aktivitäten, auf das menschliche Leben und auf die Umwelt betrachtet.

Bei derzeitigen Trends steigen die globalen Durchschnittstemperaturen innerhalb der nächsten fünfzig Jahre oder so um 2 - 3°C an.<sup>5</sup> Die Erde wird eine um mehrere Grad stärkere Erwärmung erfahren, wenn die Emissionen weiter steigen.

Eine Erwärmung hat viele ernsthafte Folgen, die häufig durch Wasser vermittelt sind:

- Schmelzende Gletscher bringen zunächst ein höheres Überflutungsrisiko und dann stark abnehmende Wasservorräte mit sich, die schließlich ein Sechstel der Weltbevölkerung bedrohen werden, hauptsächlich auf dem indischen Subkontinent, in Teilen von China und in den südamerikanischen Anden.
- Sinkende Ernteerträge, besonders in Afrika, könnten bedeuten, dass hunderte Millionen Menschen nicht mehr genügend Lebensmittel erzeugen oder kaufen können. In den mittleren bis hohen Breitengraden könnten die Ernteerträge bei moderaten Temperaturanstiegen (2 - 3°C) zunehmen, dann aber mit stärkerer Erwärmung zurückgehen. Bei 4°C und darüber wird die globale Lebensmittelproduktion wahrscheinlich ernsthaft beeinträchtigt werden.
- Auf höheren Breitengraden werden kältebedingte Todesfälle abnehmen. Aber der Klimawandel wird die Sterblichkeit aufgrund von Mangelernährung und Hitze weltweit erhöhen. Vektorträchtige Erkrankungen wie Malaria und Dengue-Fever würden sich weiter ausbreiten, wenn keine effektiven Bekämpfungsmaßnahmen getroffen werden.
- Steigende Meeresspiegel werden bei einer Erwärmung von 3 oder 4 °C für dutzende bis hunderte von Millionen weiteren Menschen jährliche Überflutungen bedeuten. Die Küsten in Südostasien (Bangladesch und Vietnam), auf kleinen Karibik- und Pazifikinseln sowie die von großen Küstenstädten wie Tokyo, New York, Kairo und London werden ernsthaft gefährdet und der Druck für ihren Schutz wird zunehmen. Laut Schätzungen werden bis Mitte des Jahrhunderts 200 Millionen Menschen aufgrund von steigenden Meeresspiegeln, stärkeren Überflutungen und intensiveren Dürren permanent vertrieben werden.
- Ökosysteme werden dem Klimawandel gegenüber besonders empfindlich sein, und etwa 15 - 40% der Arten werden schon bei einer globalen Erwärmung von nur 2°C vom Aussterben bedroht sein. Außerdem wird die Versauerung der Ozeane, eine direkte Folge steigender Kohlendioxidkonzentrationen, einschneidende Folgen für Meeresökosysteme haben, mit möglicherweise schlimmen Konsequenzen für die Fischvorräte.

---

<sup>5</sup> Alle Änderungen der globalen Durchschnittstemperatur sind in Bezug auf die vorindustriellen Niveaus (1750 - 1850) ausgedrückt.

### ***Mit zunehmender Erwärmung der Welt beschleunigt sich die Beschädigung aufgrund des Klimawandels.***

Höhere Temperaturen erhöhen die Gefahr, dass abrupte Änderungen im großen Maßstab ausgelöst werden.

- Eine globale Erwärmung kann plötzliche Veränderungen der regionalen Wettermuster verursachen, wie z.B. die Monsunregen in Südasien oder das El Niño-Phänomen – Änderungen, die ernsthafte Folgen für die Verfügbarkeit von Trinkwasser und in Bezug auf Überflutungen in tropischen Regionen hätten und das Leben von Millionen von Menschen bedrohen.
- Eine Reihe von Studien legen den Schluss nahe, dass der Regenwald im Amazonasgebiet für den Klimawandel verwundbar sein könnte, und Modelle deuten auf ein erhebliches Austrocknen in dieser Region hin. Ein Modell kommt beispielsweise zu dem Schluss, dass der Amazonas-Regenwald durch eine globale Erwärmung von 2 - 3°C erheblich, möglicherweise irreversibel, beschädigt werden könnte.
- Das Schmelzen oder Zerfallen von Eisschichten würde schließlich Land bedrohen, auf dem heute 5 Prozent der Menschheit leben.

Einerseits gibt es über diese Risiken noch viel zu lernen, andererseits werden die Temperaturen, die aus einem ungebremsten Klimawandel entstehen können, die Welt über den Rahmen der bisherigen menschlichen Erfahrungen hinaus bringen. Dies weist auf die Möglichkeit äußerst schädlicher Folgen hin.

***Die Auswirkungen des Klimawandels sind nicht gleichmäßig verteilt – die ärmsten Länder und Menschen werden am frühesten und am meisten leiden. Und wenn diese Schäden auftreten, wird es zu spät sein, den Prozess rückgängig zu machen. Daher sind wir gezwungen, weit in die Zukunft zu schauen.***

Der Klimawandel ist eine ernsthafte Bedrohung für die sich entwickelnde Welt und ein bedeutendes Hindernis für die fortdauernde Bekämpfung der zahlreichen Dimensionen der Armut. Zunächst sind sich entwickelnde Regionen geografisch benachteiligt: sie sind bereits durchschnittlich wärmer als entwickelte Regionen und leiden auch an starker Niederschlagsveränderlichkeit. Infolgedessen würde eine weitere Erwärmung für arme Länder hohe Kosten und wenig Vorteile bringen. Zweitens sind Entwicklungsländer – besonders die ärmsten – in starkem Maße von der Landwirtschaft abhängig, dem klimaempfindlichsten aller Wirtschaftssektoren, und leiden an unzureichender Gesundheitsversorgung und an öffentlichen Diensten von geringer Qualität. Drittens machen ihre geringen Einkommen und Vulnerabilitäten eine Anpassung an den Klimawandel besonders schwer.

Aufgrund dieser Vulnerabilitäten ist es wahrscheinlich, dass der Klimawandel die bereits geringen Einkommen noch weiter verringern und die Krankheits- und Todesfälle in den Entwicklungsländern erhöhen wird. Ein Rückgang der landwirtschaftlichen Einkommen wird die Armut verschärfen und die Möglichkeiten von Haushalten reduzieren, in eine bessere Zukunft zu investieren. Sie werden gezwungen, bereits mageren Ersparnisse aufzubrechen, nur um zu überleben. Auf internationaler Ebene wird der Klimawandel Einnahmen reduzieren und erforderliche Ausgaben erhöhen, was die öffentlichen Finanzen noch stärker belasten wird.

Viele Entwicklungsländer haben jetzt schon Mühe, mit ihrem derzeitigen Klima zurechtzukommen. Klimaschocks verursachen heute selbst bei Temperaturanstiegen von weniger als 1°C Rückschläge für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung in Entwicklungsländern. Die Auswirkungen eines ungehemmten Klimawandels, d.h. Temperaturanstiege von 3 oder 4°C und mehr, werden die Risiken und Kosten in noch viel stärkerem Maße erhöhen.

Auswirkungen in diesem Maßstab könnten nationale Grenzen überschreiten und die Schäden noch verschlimmern. Steigende Meeresspiegel und andere klimabedingte Änderungen könnten Millionen von Menschen zum Auswandern veranlassen: es besteht die Möglichkeit, dass bei einem Anstieg des Meeresspiegels bis gegen Ende des Jahrhunderts mehr als ein Fünftel von Bangladesch einen Meter unter Wasser liegt. Klimabezogene Schocks haben in der Vergangenheit gewaltsame Konflikte ausgelöst, und Konflikte sind ein ernsthaftes Risiko in Gebieten wie Westafrika, dem Nilbecken und in Zentralasien.

***Der Klimawandel mag zunächst geringfügige positive Auswirkungen für ein paar entwickelte Länder haben, wird aber wahrscheinlich mit den weitaus höheren Temperaturanstiegen, die bei BAU-Szenarios bis Mitte oder Ende des Jahrhunderts erwartet werden, sehr schädlich sein.***

In Regionen in höheren Breitengraden wie Kanada, Russland und Skandinavien kann der Klimawandel bei einem Temperaturanstieg von 2 oder 3°C aufgrund von höheren landwirtschaftlichen Erträgen, niedrigerer Wintersterblichkeit, niedrigerem Heizbedarf und einer möglichen Ankurbelung des Tourismus tatsächliche Vorteile bedeuten. Aber diese Regionen werden auch die höchsten Erwärmungsgeschwindigkeiten erfahren, wodurch Infrastruktur, menschliche Gesundheit, das lokale Leben und die Biodiversität Schaden leiden werden.

Entwickelte Länder in niedrigeren Breitengraden werden verwundbarer sein: so wird beispielsweise erwartet, dass die Trinkwasserverfügbarkeit und die Ernteerträge in Südeuropa bei einem Anstieg der globalen Temperaturen von 2°C um 20 % abnehmen werden. Regionen, in denen Wasser bereits knapp ist, werden mit ernsthaften Schwierigkeiten und steigenden Kosten konfrontiert werden.

Die höheren Kosten aufgrund von Schäden durch extremes Wetter (Stürme, Orkane, Taifune, Überflutungen, Dürren und Hitzewellen) werden einigen frühen Vorteilen des Klimawandels entgegenwirken und werden bei höheren Temperaturen auch rasch zunehmen. Auf der Basis einfacher Extrapolationen könnten die Kosten von extremem Wetter allein bis zur Mitte des Jahrhunderts 0,5 - 1 % des globalen Bruttoinlandsprodukts pro Jahr erreichen und weiter steigen, wenn sich die Welt weiter erwärmt.

- Voraussagen zufolge wird eine Zunahme der Orkanwindgeschwindigkeiten von 5 oder 10 %, in Verbindung mit steigenden Meerestemperaturen, die jährlichen Schadenskosten in den USA etwa verdoppeln.
- In Großbritannien könnten die jährlichen nur durch Überflutungen verursachten Verluste von heute 0,1 % des Bruttoinlandsprodukts auf 0,2 - 0,4 % des Bruttoinlandsprodukts steigen, wenn die Zunahme der globalen Durchschnittstemperaturen 3 oder 4°C erreicht.
- Hitzewellen wie die 2003 in Europa, als 35.000 Menschen starben und landwirtschaftliche Verluste 15 Milliarden Dollar erreichten, werden bis Mitte des Jahrhunderts zur Tagesordnung gehören.

Bei höheren Temperaturen werden die Volkswirtschaften in den entwickelten Ländern mit einem wachsenden Risiko von Schocks in großem Maßstab konfrontiert werden; so könnten die steigenden Kosten für extreme Wetterereignisse beispielsweise globale Finanzmärkte durch höhere und variablere Versicherungskosten beeinträchtigen.

***Integrierte Beurteilungsmodelle sind ein Instrument zum Schätzen des Gesamteinflusses auf die Wirtschaft; unsere Schätzungen legen den Schluss nahe, dass sie wahrscheinlich höher als zuvor gedacht liegen werden.***

Der zweite in dem Review zur Anwendung kommende Ansatz zur Untersuchung der Risiken und Kosten des Klimawandels besteht darin, integrierte Beurteilungsmodelle zum Erzielen von finanziellen Summenschätzungen anzuwenden.

Die formelle Modellierung des Gesamteinflusses des Klimawandels im finanziellen Sinne ist eine riesige Aufgabe und die Begrenzungen der Erstellung eines Modells der Welt über zwei Jahrhunderte oder mehr verlangen große Vorsicht bei der Interpretation der Ergebnisse. Aber wie wir bereits erläutert haben, sind die zeitlichen Verzögerungen von Handlung bis Wirkung äußerst lang und die quantitativen Analysen, die für ein informiertes Handeln erforderlich sind, hängen von solchen langfristigen Modellierungsbemühungen ab. Es wird heute davon ausgegangen, dass die finanziellen Folgen des Klimawandels weitaus ernsthafter sein werden, als viele frühere Studien nahelegten, nicht zuletzt, weil solche Studien dazu neigten, einige der unsichersten, aber potentiell gefährlichsten Einflüsse nicht zu berücksichtigen. Dank kürzlicher Fortschritte in der Wissenschaft ist es heute möglich, diese Risiken mittels Wahrscheinlichkeiten direkter zu untersuchen.

In der Vergangenheit gingen die meisten formellen Modelle von einem Szenario einer Erwärmung von 2 - 3°C aus. Bei diesem Temperaturbereich könnten die Kosten für den Klimawandel äquivalent mit einem permanenten Verlust von etwa 0 - 3 % der globalen Produktionsleistungen im Vergleich zu dem sein, was in einer Welt ohne Klimawandel erzielt worden wäre. Entwicklungsländer werden noch höhere Kosten tragen müssen.

Diese früheren Modelle waren jedoch in Bezug auf die globale Erwärmung zu optimistisch; jüngere Beweise weisen darauf hin, dass von BAU-Emissionstrends resultierende Temperaturen bis zum Ende dieses Jahrhunderts 2 - 3°C überschreiten können. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit eines breiteren Einflussbereichs als zuvor gedacht. Viele dieser Einflüsse, wie z.B. ein abrupter Klimawandel im großen Maßstab, lassen sich noch schwerer quantifizieren. Bei einer Erwärmung von 5 - 6°C – was für das nächste Jahrhundert eine reale Möglichkeit ist – wird der Verlust an globalem Bruttoinlandsprodukt gemäß Schätzungen existierender Modelle, die die Risiken eines abrupten Klimawandels im großen Maßstab berücksichtigen, durchschnittlich 5 - 10% betragen, wobei sich die Kosten für arme Länder auf mehr als 10 % des Bruttoinlandsprodukts belaufen werden. Darüber hinaus gibt es Beweise für geringe, aber signifikante Risiken von Temperaturanstiegen selbst über diesen Bereich hinaus. Solche Temperaturanstiege würden uns in einen Bereich bringen, der über die bisherige menschliche Erfahrung hinaus geht, und würden radikale Veränderungen der Welt um uns herum beinhalten.

Angesichts solcher Möglichkeiten war klar, dass der von diesem Review angewendete Modellierungsrahmen um die wirtschaftlichen Risikoaspekte herum aufgebaut werden musste. Eine Mittelung über Möglichkeiten bringt Risiken mit sich. Die Gefahren von Ergebnissen, die weitaus schlimmer sind als erwartet, sind sehr real und

könnten katastrophal sein. In der Politik zum Klimawandel geht es in starkem Ausmaß um die Reduzierung dieser Risiken. Sie können zwar nicht völlig ausgeschaltet, aber doch erheblich reduziert werden. Ein solcher Modellierungsrahmen muss ethische Beurteilungen der Einkommensverteilung und der Art und Weise berücksichtigen, wie zukünftige Generationen zu behandeln sind.

Die Analyse darf sich nicht nur auf enge Einkommensmaßstäbe wie das Bruttoinlandsprodukt beziehen. Die Folgen des Klimawandels für die Gesundheit und die Umwelt werden wahrscheinlich schwerwiegend sein. Ein Gesamtvergleich unterschiedlicher Strategien beinhaltet auch die Beurteilung dieser Konsequenzen. Auch hier sind wieder schwierige ideelle, ethische und messtechnische Probleme beteiligt und die Ergebnisse müssen mit der gebührenden Umsicht behandelt werden.

Das Review baut auf den Ergebnissen eines bestimmten Modells, PAGE2002, auf und soll illustrieren, wie sich die von diesen integrierten Beurteilungsmodellen abgeleiteten Schätzungen als Reaktion auf aktualisierte wissenschaftliche Beweise über die Wahrscheinlichkeiten in Verbindung mit Temperaturanstiegsgraden ändern. Die Wahl des Modells war von unserem Wunsch geleitet, Risiken explizit zu analysieren – dies ist eines der sehr wenigen Modelle, mit denen dies möglich wäre. Ferner überspannen seine zu Grunde liegenden Annahmen den Bereich früherer Studien. Wir haben dieses Modell mit einem Satz von Daten im Einklang mit den Klimavorhersagen des Berichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderung) von 2001 und mit einem Satz benutzt, der eine geringe Zunahme der verstärkenden Feedbacks im Klimasystem beinhaltet. Diese Zunahme beinhaltet einen Bereich der erhöhten Risiken des Klimawandels, die seit 2001 in der wissenschaftlichen Peer-reviewed Literatur erschienen ist.

Wir haben auch betrachtet, wie die Anwendung geeigneter Diskontsätze, Annahmen über die Gleichheitsgewichtung, die der Beurteilung von Auswirkungen in armen Ländern zugeordnet wird, und Schätzungen der Auswirkungen auf die Sterblichkeit und die Umwelt die Wirtschaftskostenschätzungen des Klimawandels erhöhen würden.

Unter Anwendung dieses Modells und unter Einschluss derjenigen Elemente der Analyse, die derzeit integriert werden können, schätzen wir, dass die Gesamtkosten des Klimawandels über die nächsten beiden Jahrhunderte bei BAU-Emissionen Einflüsse und Risiken beinhalten, die gleichbedeutend mit einer durchschnittlichen Reduzierung des globalen Pro-Kopf-Verbrauchs von wenigstens 5 % sein werden, jetzt und für immer. Diese Kostenschätzung ist zwar bereits ausgenommen hoch, aber sie lässt immer noch viel Wichtiges aus.

Die Kosten von BAU würden noch weiter steigen, wenn das Modell systematisch drei wichtige Faktoren berücksichtigen würde:

- Erstens, die Einbeziehung direkter Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit (zuweilen 'Non-Market'-Auswirkungen genannt) erhöht unsere Schätzung der Gesamtkosten des Klimawandels auf diesem Weg von 5 % auf 11 % des globalen Pro-Kopf-Verbrauchs. Es gibt hier schwierige analytische und ethische Messprobleme. Die in diesem Modell angewendeten Methoden sind im Hinblick auf den Wert, den sie diesen Auswirkungen beimessen, recht konservativ.

- Zweitens, einige jüngere wissenschaftliche Beweise legen den Schluss nahe, dass das Klimasystem noch stärker auf Treibhausgasemissionen reagieren könnte als zuvor gedacht, z.B. aufgrund der Existenz von verstärkenden Feedbacks wie der Freisetzung von Methan und der Schwächung von Kohlenstoffsinken. Unsere Schätzungen, die auf einer Modellierung einer begrenzten Zunahme dieses Ansprechverhaltens basieren, zeigen, dass das potentielle Ausmaß der Klimareaktion die Kosten des Klimawandels bei BAU von 5 % auf 7 % des globalen Verbrauchs oder von 11 % bis 14 % erhöhen könnte, wenn die oben beschriebenen Non-Market-Auswirkungen einbezogen werden.
- Drittens, ein unverhältnismäßig großer Anteil der Bürde des Klimawandels entfällt auf arme Regionen der Welt. Wenn wir dieser ungleichen Bürde ein angemessenes Gewicht beimessen, dann könnten die geschätzten Globalkosten des Klimawandels bei einer globalen Erwärmung von 5 - 6°C um mehr als ein Viertel höher liegen als ohne eine solche Gewichtung.

Wenn man alle diese zusätzlichen Faktoren zusammenbringt, würde dies eine Erhöhung der Gesamtkosten des BAU-Klimawandels ergeben, die einer etwa 20-prozentigen Reduzierung des Pro-Kopf-Verbrauchs gleich käme, jetzt und in der Zukunft.

Zusammenfassend, Analysen, die den vollen Umfang von Einflüssen und möglichen Ergebnissen berücksichtigen, d.h. die die wirtschaftlichen Grundaspekte des Risikos anwenden, legen den Schluss nahe, dass der Klimawandel bei BAU das Wohlergehen um einen Betrag reduzieren wird, der mit der Reduzierung des Pro-Kopf-Verbrauchs zwischen 5 und 20 % äquivalent ist. Wenn man die zunehmenden wissenschaftlichen Beweise für größere Risiken, eine Abwendung von der Möglichkeiten einer Katastrophe und ein breiter gefächertes Vorgehen gegen die Folgen im Vergleich zu engeren Maßnahmenentscheidungen berücksichtigt, dann wird eine korrektere Schätzung wohl im oberen Teil dieses Bereichs liegen.

Wirtschaftsvorhersagen für nur ein paar Jahre sind bereits eine schwierige und ungenaue Sache. Die Analyse des Klimawandels verlangt von ihrer Natur aus, dass wir 50, 100, 200 Jahre und mehr in die Zukunft blicken. Jedes derartige Modell erfordert Vorsicht und Bescheidenheit und die Ergebnisse sind für das Modell und seine Annahmen spezifisch. Ihnen sollten niemals eine Genauigkeit und eine Sicherheit beigemessen werden, die sich einfach nicht erzielen lässt. Ferner betreffen einige der großen Unsicherheiten in der Wissenschaft und der Wirtschaft die Bereiche, von denen wir am wenigsten wissen (z.B. die Einflüsse sehr hoher Temperaturen), und dies ist – aus gutem Grund – ein unbekanntes Gebiet. Die Hauptnachricht aus diesen Modellen ist, dass die wahrscheinlichkeitsgewichteten Kosten sehr groß aussehen, wenn wir versuchen, die Risiken und Unsicherheiten am oberen Ende gebührend zu berücksichtigen. Viele (aber nicht alle) der Risiken können durch eine unterschiedene Abmilderungspolitik reduziert werden, und wir argumentieren, dass dies zu weitaus niedrigeren Kosten als denen erzielt werden kann, die für die Auswirkungen berechnet wurden. In diesem Sinne ist eine Abmilderung eine äußerst produktive Investition.

***Emissionen werden jetzt und auch weiterhin von Wirtschaftswachstum angetrieben; und doch ist eine Stabilisierung von Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre durchführbar und steht einem fortgesetzten Wachstum nicht im Wege.***

CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf wurden in starkem Maße mit dem Bruttoinlandsprodukt pro Kopf in Beziehung gebracht. Infolgedessen haben Nordamerika und Europa seit 1850 etwa 70 % aller CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Energieproduktion erzeugt, während Entwicklungsländer weniger als ein Viertel dazu beigetragen haben. Der größte Teil des zukünftigen Emissionswachstums wird von den heutigen Entwicklungsländern kommen, aufgrund ihrer schneller wachsenden Bevölkerung sowie wegen des Wachstums ihres Bruttoinlandsprodukts und ihres zunehmenden Anteils an energieintensiven Industrien.

Aber trotz des historischen Musters und der BAU-Projektionen braucht sich die Welt nicht zwischen der Abwendung des Klimawandels und der Förderung von Wachstum und Entwicklung zu entscheiden. Änderungen der Energietechnologien und der Struktur von Volkswirtschaften haben das Ansprechverhalten von Emissionen auf Einkommenswachstum reduziert, besonders in einigen der reichsten Länder. Durch die Wahl entschiedener, zielgerichteter Richtlinien können sowohl entwickelte als auch sich entwickelnde Volkswirtschaften bei fortgesetztem wirtschaftlichem Wachstum in beiden in dem zur Klimastabilisierung benötigten Maßstab „dekarbonisiert“ werden.

Eine Stabilisierung, auf welchem Niveau auch immer, erfordert es, die jährlichen Emissionen auf ein Niveau zu reduzieren, das mit der natürlichen Kapazität der Erde zum Beseitigen von Treibhausgasen aus der Atmosphäre im Einklang steht. Je länger Emissionen über diesem Niveau bleiben, desto höher wird das endgültige Stabilisierungsniveau sein. Langfristig gesehen werden jährliche globale Emissionen auf unter 5 GtCO<sub>2</sub>e reduziert werden müssen, dem Niveau, das die Erde absorbieren kann, ohne zur GHG-Konzentration in der Atmosphäre beizutragen. Dies liegt 80 % unter dem absoluten Niveau für derzeitige jährliche Emissionen.

Dieses Review konzentriert sich auf die Durchführbarkeit und die Kosten für eine Stabilisierung von Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre im Bereich von 450 - 550 ppm CO<sub>2</sub>e.

Eine Stabilisierung auf oder unter 550 ppm CO<sub>2</sub>e würde es erfordern, dass globale Emissionen in den nächsten 10 - 20 Jahren ihren Höhepunkt erreichen und dann mit einer Rate von wenigstens 1 - 3% pro Jahr abfallen. Abb. 3 illustriert den Bereich der Möglichkeiten. Bis 2050 müssten globale Emissionen etwa 25 % unter den derzeitigen Niveaus liegen. Diese Reduzierungen müssen angesichts einer Weltwirtschaft im Jahre 2050 gemacht werden, die das Drei- bis Vierfache der heutigen beträgt, so dass Emissionen pro Einheit Bruttoinlandsprodukt bis 2050 lediglich ein Viertel der derzeitigen Niveaus betragen dürfen.

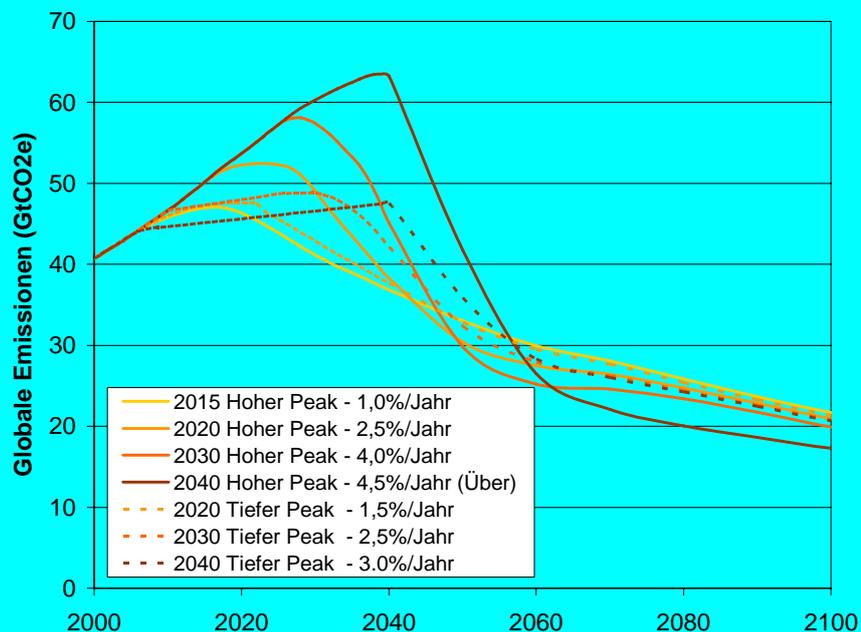
Um bei 450 ppm CO<sub>2</sub>e zu stabilisieren, ohne darüber hinaus zu schießen, müssten globale Emissionen in den nächsten 10 Jahren ihren Höhepunkt erreichen und dann mit einer Rate von mehr als 5 % pro Jahr fallen und bis 2050 bei 70 % unter ihren derzeitigen Niveaus liegen.

Theoretisch wäre ein „Überschießen“ möglich, indem zugelassen wird, dass die atmosphärische GHG-Konzentration ihren Höhepunkt über dem Stabilisierungsniveau erreicht und dann abfällt, aber dies wäre in der Praxis sowohl äußerst schwierig als auch sehr unklug. Das Zulassen eines Überschießens beinhaltet größere Risiken, da auch die Temperaturen schnell ansteigen und viele Jahrzehnte lang einen höheren Spitzenwert erreichen, bevor sie wieder abfallen. Auch erfordert ein Überschießen, dass Emissionen danach auf äußerst niedrige Niveaus reduziert werden müssen, die unter dem Niveau der natürlichen Kohlenstoffabsorption liegt, was möglicherweise nicht durchführbar ist. Ferner müssten, wenn die hohen Temperaturen die Kohlen-

stoffabsorptionskapazität der Erde schwächen würden, was bei einem Überschießen wahrscheinlicher wird, zukünftige Emissionen noch stärker reduziert werden, um irgendein bestimmtes Stabilisierungsziel für eine atmosphärische Konzentration zu erreichen.

**Abb. 3: Illustrative Emissionswege zum Stabilisieren bei 550 ppm CO<sub>2</sub>e**

Die Abbildung unten zeigt sechs illustrative Wege zum Stabilisieren bei 550 ppm CO<sub>2</sub>e. Die in der Legende aufgeführten Emissionsreduzierungsraten sind die *maximalen* durchschnittlichen Abnahmeraten für globale Emissionen über 10 Jahre. Die Abbildung zeigt, dass eine Verzögerung von Emissionsreduzierungen (eine Verschiebung des Spitzenwertes nach rechts) bedeutet, dass Emissionen noch schneller reduziert werden müssen, um dasselbe Stabilisierungsziel zu erreichen. Die Emissionsreduzierungsrate ist auch für die Höhe des Spitzenwertes sehr empfindlich. Zum Beispiel müsste, bei einer Emissionsspitze bei 48 GtCO<sub>2</sub> anstatt bei 52 GtCO<sub>2</sub> bis 2020 die Reduzierungsrate von 2,5%/Jahr auf 1,5%/Jahr reduziert werden.



Quelle: Reproduziert von Stern Review auf der Basis von Meinshausen, M. (2006): 'What does a 2°C target mean for greenhouse gas concentrations? A brief analysis based on multi-gas emission pathways and several climate sensitivity uncertainty estimates', Avoiding dangerous climate change, in H.J. Schellnhuber et al. (eds.), Cambridge: Cambridge University Press, S.265 - 280.

**Solche tief greifenden Emissionsreduzierungen sind kostspielig. Das Review schätzt die jährlichen Kosten für eine Stabilisierung bei 500-550 ppm CO<sub>2</sub>e mit etwa 1% des Bruttoinlandsprodukts bis 2050 – ein Niveau, das erheblich, aber tragbar ist.**

Die Umkehr des historischen Emissionswachstumstrends und die Erzielung von Reduzierungen von 25% oder mehr gegenüber den heutigen Niveaus, ist eine bedeutende Herausforderung. Kosten entstehen, wenn die Welt von kohlenstoffreich auf kohlenstoffarm umstellt. Aber es werden sich auch Geschäftsmöglichkeiten ergeben, wenn die Märkte für hoch effiziente kohlenstoffarme Waren und Dienstleistungen expandieren.

Es gibt vier Möglichkeiten zum Reduzieren von Treibhausgasemissionen. Die Kosten werden sich je nachdem, welche Kombination dieser Methoden und in welchem Sektor angewendet wird, erheblich unterscheiden:

- Reduzieren der Nachfrage nach emissionsintensiven Waren und Dienstleistungen
- Erhöhte Effizienz, die sowohl Geld als auch Emissionen sparen kann
- Handeln in Bezug auf Nicht-Energie-Emissionen, z.B. die Vermeidung von Abholzung
- Umstellen auf kohlenstoffärmere Technologien für Leistung, Wärme und Verkehr

Das Schätzen der Kosten für diese Änderungen kann auf zwei Weisen erfolgen. Eine besteht darin, die Ressourcenkosten von Maßnahmen wie der Einführung kohlenstoffarmer Technologien und Landnutzungsänderungen im Vergleich zu den Kosten der BAU-Alternative zu betrachten. Dies ergibt eine Kostenobergrenze, da hierbei keine Gelegenheiten zum Reagieren auf beteiligte Reduzierungen der Nachfrage nach kohlenstoffreichen Waren und Dienstleistungen berücksichtigt werden.

Die zweite ist die Anwendung von makrowirtschaftlichen Modellen zum Untersuchen der systemweiten Auswirkungen des Übergangs auf eine kohlenstoffarme Energiewirtschaft. Dies kann bei der Verfolgung der dynamischen Interaktionen verschiedener Faktoren im Laufe der Zeit nützlich sein, einschließlich der Reaktion von Volkswirtschaften auf Preisänderungen. Aber sie können komplex sein und ihre Ergebnisse können durch eine ganze Palette von Annahmen beeinflusst werden.

Auf der Basis dieser beiden Methoden besteht eine zentrale Schätzung darin, dass eine Stabilisierung von Treibhausgasen auf Niveaus von 500 - 550 ppm CO<sub>2</sub>e 2050 durchschnittlich etwa 1 % des jährlichen globalen Bruttoinlandsprodukts betragen werden. Dies ist signifikant, steht aber völlig im Einklang mit fortgesetztem/r Wachstum und Entwicklung, im Gegensatz zu einem ungebremsten Klimawandel, der das Wachstum irgendwann erheblich bedrohen wird.

***Ressourcenkostenschätzungen legen den Schluss nahe, dass eine Obergrenze für die erwarteten jährlichen Kosten von Emissionsreduzierungen in Verbindung mit einem Ansatz, der zu einer Stabilisierung bei 550 ppm CO<sub>2</sub>e führt, bis 2050 wahrscheinlich etwa 1% des Bruttoinlandsprodukts betragen wird.***

Dieses Review hat das Potential für und die Kosten von Technologien und Maßnahmen zum Reduzieren von Emissionen über unterschiedliche Sektoren ausführlich betrachtet. Wie bei den Einflüssen des Klimawandels, sind auch hier wichtige Unsicherheiten beteiligt. Dazu gehören die Schwierigkeiten des Schätzens der Kosten von Technologien mehrere Jahrzehnte voraus sowie der Preisentwicklung für fossile Brennstoffe in der Zukunft. Es lässt sich auch nur sehr schwer voraussagen, wie Menschen auf Preisänderungen reagieren werden.

Die genaue Evolution der Abmilderungsbemühungen und die Zusammensetzung über Sektoren von Emissionsreduzierungen, werden daher von allen diesen Faktoren abhängen. Es ist jedoch möglich, eine zentrale Kostenprojektion über ein Portefeuille wahrscheinlicher Optionen, innerhalb eines Spielraums, zu machen.

Das technische Potential für Effizienzverbesserungen zum Reduzieren von Emissionen und Kosten ist erheblich. Im Laufe des vergangenen Jahrhunderts hat sich die Effizienz der Energieversorgung in den entwickelten Ländern um mindestens das Zehnfache verbessert und die Möglichkeiten für weitere Gewinne sind noch lange nicht erschöpft. Studien der International Energy Agency zeigen, dass die Energieeffizienz bis 2050 potentiell zur größten einzelnen Emissionssenkungsquelle im Energiesektor werden kann. Dies hätte sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Vorteile: Energieeffizienzmaßnahmen verringern Vergeudung und sparen häufig Geld.

Nicht-Energie-Emissionen machen ein Drittel aller Treibhausgasemissionen aus; ein Handeln hier wird einen wichtigen Beitrag leisten. Ein bedeutendes Beweispaket legt den Schluss nahe, dass ein Handeln zwecks Verhütung weiterer Abholzungen im Vergleich zu anderen Abmilderungstypen relativ billig wäre, wenn die richtigen Richtlinien und institutionellen Strukturen ins Leben gerufen werden.

Für radikale Emissionsreduzierungen wird mittel- bis langfristig eine groß angelegte Übernahme einer Reihe von umweltverträglichen Leistungs-, Wärme- und Verkehrstechnologien benötigt. Für eine Stabilisierung auf oder unter 550 ppm CO<sub>2</sub>e muss der Leistungssektor in der ganzen Welt bis 2050 um wenigstens 60 %, möglicherweise sogar bis zu 75 %, dekarbonisiert werden. Tiefgreifende Reduzierungen im Verkehrssektor werden auf kurze Sicht wahrscheinlich schwieriger werden, werden aber letztendlich nötig sein. Viele der Technologien zum Erreichen dieser Reduzierungen existieren zwar bereits, aber die Priorität besteht jetzt darin, ihre Kosten zu reduzieren, so dass sie mit Alternativen zu fossilen Brennstoffen unter einem Kohlenstoff-Preisrichtlinienprogramm wettbewerbsfähig sind.

Es wird eine Palette von Technologien nötig sein, um Emissionen zu stabilisieren. Es ist äußerst unwahrscheinlich, dass irgendeine einzelne Technologie alle notwendigen Emissionseinsparungen erbringen kann, weil alle Technologien irgendwelchen Beschränkungen unterliegen sowie aufgrund der riesigen Vielfalt von Aktivitäten und Sektoren, die Treibhausgasemissionen erzeugen. Es ist auch nicht sicher, welche Technologien sich als die billigsten herausstellen werden. Somit wird für eine kostengünstige Abbremsung ein Portefeuille benötigt.

Die Umstellung auf eine kohlenstoffarme globale Wirtschaft wird vor dem Hintergrund eines reichen fossilen Brennstoffvorrats erfolgen. Das heißt, die Kohlenwasserstoffvorräte, die sich rentabel gewinnen lassen (nach derzeitigen Richtlinien), sind mehr als ausreichend, um die Welt auf Treibhausgaskonzentrationswerte weit über 750 ppm CO<sub>2</sub>e hinaus zu bringen, mit äußerst gefährlichen Konsequenzen. In der Tat werden bei BAU Energiebenutzer wahrscheinlich in Richtung auf mehr kohlenstoffintensive Kohle- und Ölschiefer umstellen und die Emissionswachstumsgeschwindigkeiten erhöhen.

Selbst bei sehr starker Expansion des Gebrauchs von erneuerbaren Energien und von anderen kohlenstoffarmen Energiequellen werden Kohlenwasserstoffe 2050 immer noch mehr als die Hälfte des globalen Energievorrats ausmachen. Durch umfangreiches Carbon Capture and Storage (CCS) könnte diese fortgesetzte Benutzung fossiler Brennstoffe ohne Schädigung der Atmosphäre geschehen und auch gegen die Gefahr schützen, dass starke Klimaänderungsstrategien irgendwann durch ein Sinken der fossilen Brennstoffpreise unterminiert würden.

Schätzungen auf der Basis der wahrscheinlichen Kosten dieser Emissionsreduzierungsverfahren zeigen, dass die jährlichen Kosten für eine Stabilisierung bei etwa 550 ppm CO<sub>2</sub>e bis 2050 wahrscheinlich bei etwa 1% des globalen Bruttoinlandspro-

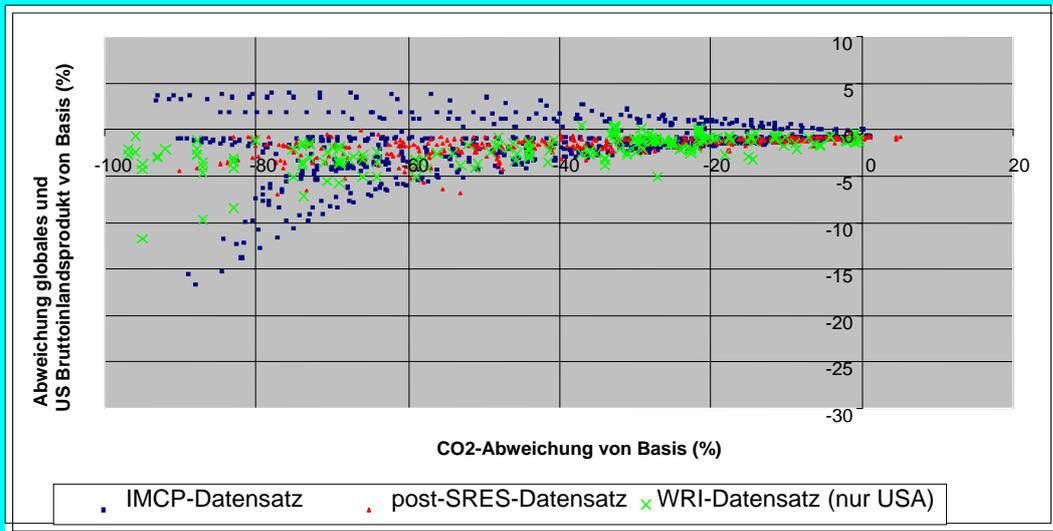
dukts, in einem Bereich von -1 % (Nettogewinne) bis +3,5 % des Bruttoinlandsprodukts, liegen werden.

***Eine Betrachtung breiter gefächerter makroökonomischer Modelle bestätigt diese Schätzungen.***

Der zweite von dem Review benutzte Ansatz basierte auf Vergleichen einer breiten Palette von makroökonomischen Modellschätzungen (wie z.B. den in Abb. 4 unten präsentierten). Dieser Vergleich führte zu dem Schluss, dass sich die Kosten für eine Stabilisierung bei 500 - 550 ppm CO<sub>2</sub>e bis 2050 um etwa 1 % des Bruttoinlandsprodukts, in einem Bereich von -2 % bis +5 % des Bruttoinlandsprodukts, zentrierten. Der Bereich reflektiert eine Reihe von Faktoren wie z.B. die Geschwindigkeit technologischer Innovationen und die Effizienz, mit der Richtlinien weltweit angewendet werden: je schneller die Innovationen und je höher die Effizienz, desto geringer die Kosten. Diese Faktoren können durch Politik beeinflusst werden.

Die durchschnittlichen erwarteten Kosten werden wahrscheinlich ab Mitte des Jahrhunderts bei etwa 1 % des Bruttoinlandsprodukts bleiben, aber danach divergiert der Schätzungsbereich um die 1 % stark. Einige Schätzungen werden bis 2100 abfallen, und andere steigen steil, was die größere Unsicherheit bezüglich der Kosten für eine fortlaufende Suche nach neuen Abmilderungsmethoden reflektiert.

**Abb. 4: Streuplot der Modellkostenprojektionen  
Kosten von CO<sub>2</sub>-Reduzierungen als Bruchteil des globalen  
Bruttoinlandsprodukts gegenüber dem Reduktionsniveau**



IMCP = Innovation Modeling Comparison Project  
SRES = Special Report on Emissions Scenarios  
WRI = World Resources Institute

Quelle: Barker, T., M.S. Qureshi und J. Köhler (2006): 'The costs of greenhouse-gas mitigation with induced technological change: A Meta-Analysis of estimates in the literature', 4CMR, Cambridge Centre for Climate Change Mitigation Research, Cambridge: University of Cambridge.

Eine breite Palette an Modellierungsstudien, die von IMCP, EMF (Energy Modelling Forum) und USCCSP (US Climate Change Science Program) durchgeführte Arbeiten sowie vom IPCC in Auftrag gegebene Arbeiten beinhalten, zeigen, dass die Kosten für 2050 bei einem Emissionsverlauf, der zu einer Stabilisierung bei etwa 500 - 550 ppm CO<sub>2</sub>e führt, in einem Bereich von -2 % bis 5 % des Bruttoinlandsproduktes gruppiert sind, bei einem Durchschnitt von etwa 1 % des Bruttoinlandsprodukts. Der Bereich reflektiert Unsicherheiten über den erforderlichen Abmilderungsumfang, die Geschwindigkeit der technischen Innovationen und das Ausmaß an politischer Flexibilität.

Die Abbildung oben basiert auf dem kombinierten Drei-Modell-Datensatz von Barker und zeigt die Reduzierung der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von der Baseline und die zugehörigen Änderungen des globalen Bruttoinlandsproduktes. Der breite Bereich der Modellergebnisse reflektiert das Design der Modelle und die Wahl der darin enthaltenen Annahmen, was wiederum Unsicherheiten und unterschiedliche Ansätze reflektiert, die einer Zukunftsprojektion eigen sind. Dies zeigt, dass der volle Bereich der Schätzungen, die auf einer Reihe verschiedener Stabilisierungswege und Jahre basieren, von -4 % des Bruttoinlandsprodukts (d.h. Nettogewinne) bis +15 % des Bruttoinlandsprodukts geht, aber dies reflektiert hauptsächlich abgelegene Studien; die meisten Schätzungen konzentrieren sich weiterhin um 1 % des Bruttoinlandsproduktes. Insbesondere bei den Modellen, die zu höheren Kostenschätzungen führen, wurden Annahmen in Bezug auf Technologiefortschritte gemacht, die nach historischen Standards sehr pessimistisch sind.

Eine Stabilisierung bei 450 ppm CO<sub>2</sub>e ist bereits fast unerreichbar, weil wir dieses Niveau innerhalb von zehn Jahren wahrscheinlich erreichen werden und es wirklich schwierig sein wird, die drastischen Reduzierungen zu erzielen, die mit derzeitigen und vorhersehbaren Technologien erforderlich sind. Die Kosten werden erheblich ansteigen, wenn die Abmilderungsbemühungen ehrgeiziger oder plötzlicher werden.

Bemühungen um eine schnelle Reduzierung von Emissionen werden wahrscheinlich sehr kostspielig sein.

Eine wichtige logische Schlussfolgerung ist, dass ein Verzögern sehr teuer ist. Eine verzögertes Vorgehen gegen den Klimawandel würde bedeuten, dass man einen stärkeren Klimawandel und schließlich höhere Abmilderungskosten akzeptieren muss. Bei einem schwachen Handeln in den nächsten 10 - 20 Jahren würde selbst eine Stabilisierung bei 550 ppm CO<sub>2</sub>e aus dem Rahmen des Möglichen entweichen – und dieses Niveau ist bereits mit erheblichen Risiken verbunden.

***Die Umstellung auf eine kohlenstoffarme Volkswirtschaft bringt Herausforderungen für die Wettbewerbsfähigkeit, aber auch Wachstumsmöglichkeiten.***

Abmilderungskosten von etwa 1 % des Bruttoinlandsprodukts sind gering im Vergleich zu den Kosten und Risiken des Klimawandels, die vermieden werden. Für einige Länder und einige Sektoren werden die Kosten jedoch höher sein. Die Wettbewerbsfähigkeit einer geringen Zahl von international gehandelten Produkten und Prozessen kann beeinträchtigt werden. Diese Auswirkungen sollten jedoch nicht überschätzt werden und können reduziert oder sogar eliminiert werden, wenn Länder oder Sektoren gemeinsam handeln; aber trotzdem wird ein Übergang zu bewältigen sein. Für die Wirtschaft insgesamt wird es Vorteile aufgrund von Innovationen geben, die einige dieser Kosten ausgleichen werden. Alle Volkswirtschaften erfahren einen kontinuierlichen strukturellen Wandel; die erfolgreichsten Volkswirtschaften sind diejenigen, die flexibel und dynamisch genug sind, um den Wandel zu vollziehen.

Es wird jedoch auch erhebliche neue Möglichkeiten über eine große Palette von Industriezweigen und Dienstleistungen geben. Märkte für kohlenstoffarme Energieprodukte werden bis 2050 einen Wert von wenigstens 500 Milliarden Dollar pro Jahr und möglicherweise noch viel mehr erreichen. Individuelle Unternehmen und Länder sollten sich darauf einstellen, diese Gelegenheiten zu nutzen.

Eine Politik zum Klimawandel kann dabei helfen, existierende Ineffizienzen zu beseitigen. Auf Unternehmensebene kann eine Implementierung von Klimarichtlinien die Aufmerksamkeit auf finanzielle Sparmöglichkeiten lenken. Volkswirtschaftsweit kann eine Politik zum Klimawandel zu einem Instrument zur Reformierung ineffizienter Energiesysteme und zur Beseitigung verzerrender Energiesubventionen werden, für die Regierungen in der ganzen Welt derzeit jährlich etwa 250 Milliarden Dollar ausgeben.

Politische Maßnahmen zum Klimawandel können auch dabei helfen, andere Ziele zu erreichen. Diese Nebenvorteile können die Gesamtkosten der Reduzierung von Treibhausgasemissionen für Volkswirtschaften erheblich reduzieren. Eine gut durchgedachte Klimapolitik kann beispielsweise zur Reduzierung von Krankheiten und Sterblichkeit aufgrund von Luftverschmutzung und zur Erhaltung von Wäldern beitragen, die einen erheblichen Anteil an der Biodiversität der Welt haben können.

Nationale Ziele für Energiesicherheit können auch parallel zu den Zielen für Klimawandel verfolgt werden. Energieeffizienz und die Diversifizierung von Energiequellen und -vorräten unterstützen Energiesicherheit ebenso wie klare, langfristige politische Rahmen für Investoren in die Energieerzeugung. Carbon Capture and Storage (CCS) ist wesentlich, um die Rolle der Kohle bei der Bereitstellung von sicherer und zuverlässiger Energie für viele Volkswirtschaften zu wahren.

***Die Reduzierung der erwarteten negativen Auswirkungen des Klimawandels ist daher sowohl äußerst wünschenswert als auch durchführbar.***

Diese Schlussfolgerung resultiert aus einem Vergleich der obigen Schätzungen der Abmilderungskosten mit den beschriebenen hohen Kosten eines Nichthandelns auf der Basis unserer ersten beiden Methoden (der Summenmethode und der getrennten Methode) der Beurteilung der Risiken und Kosten der Auswirkungen des Klimawandels.

Der in dem vorliegenden Review angewendete dritte Ansatz zum Analysieren der Kosten und Vorteile von Maßnahmen gegen den Klimawandel vergleicht die marginalen Senkungskosten mit den sozialen Kosten von Kohlenstoff. Dieser Ansatz vergleicht Schätzungen der Änderungen der erwarteten Vorteile und Kosten im Laufe der Zeit von einer geringfügigen zusätzlichen Emissionsreduzierung und vermeidet groß angelegte formelle Wirtschaftsmodelle.

Vorberechnungen unter Anwendung des in diesem Review benutzten Beurteilungsansatzes legen den Schluss nahe, dass die sozialen Kosten für Kohlenstoff heute, wenn wir uns weiter an BAU halten, in der Größenordnung von \$85 pro Tonne CO<sub>2</sub> liegen – was höher ist als die typischen Zahlen in der Literatur, weitgehend deshalb, weil wir Risiken explizit behandeln und jüngere Beweise für die Risiken einbeziehen, aber trotzdem weiter im Bereich der veröffentlichten Schätzungen bleiben. Diese Zahl liegt in vielen Sektoren weit über den marginalen Senkungskosten. Beim Vergleichen der sozialen Kosten von Kohlenstoff bei BAU und auf einem Weg in Richtung auf eine Stabilisierung bei 550 ppm CO<sub>2</sub>e schätzen wir den Überschuss der Vorteile gegenüber den Kosten, im Sinne eines derzeitigen Nettowertes, von der Implementierung entschiedener Abmilderungsrichtlinien in diesem Jahr, um die Welt auf die bessere Bahn zu lenken: die Nettovorteile würden bei etwa 2,5 Billionen Dollar liegen. Diese Zahl wird im Laufe der Zeit ansteigen. Dies ist jedoch keine Schätzung der in diesem Jahr auftretenden Nettovorteile, sondern ein Maß für die Vorteile, die aus den in diesem Jahr getroffenen Maßnahmen fließen könnten, viele der Kosten und Vorteile wären mittel- bis langfristig.

Selbst wenn es sinnvolle Richtlinien gibt, werden die sozialen Kosten für Kohlenstoff im Laufe der Zeit ständig zunehmen und immer mehr technologische Abmilderungsoptionen kosteneffektiv machen. Dies bedeutet nicht, dass Verbraucher ständig mit steigenden Preisen für die Waren und Dienstleistungen zu kämpfen haben werden, die sie derzeit genießen, da durch eine entschiedene Politik angetriebene Innovationen die Kohlenstoffintensität unserer Volkswirtschaften letztendlich reduzieren werden und Verbraucher dann mit ständig reifer werdenden kohlenstoffarmen Technologien Senkungen der Preise sehen werden, die sie bezahlen müssen.

Die in dem Review zur Anwendung kommenden drei Ansätze zur Analyse der Kosten des Klimawandels weisen alle darauf hin, dass ein entschiedenes Handeln in Anbetracht der Schätzungen der Kosten für ein Abmilderungshandeln wünschenswert ist. Aber wie umfangreich muss dieses Handeln sein? Das Review wird nun die wirtschaftlichen Aspekte dieser Frage untersuchen.

Die derzeitigen Beweise lassen darauf schließen, dass eine Stabilisierung irgendwo im Bereich von 450 - 550 ppm CO<sub>2</sub>e anzustreben ist. Höhere Werte würden die Risiken äußerst schädlicher Einflüsse erheblich erhöhen und die erwarteten Abmilderungskosten nur um vergleichsweise wenig reduzieren. Ein Abzielen auf das untere Ende dieses Bereichs würde bedeuten, dass die Abmilderungskosten wahrscheinlich sehr rasch ansteigen würden. Niedrigere Ziffern würden die Anpassungskosten kurzfristig für geringe Gewinne mit Sicherheit sehr hoch treiben und wären möglicherweise nicht einmal durchführbar, nicht zuletzt deshalb, weil ein entschiedenes Handeln in der Vergangenheit verzögert wurde.

Unsicherheit ist aufgrund der Größe der negativen Einflüsse des Klimawandels in den ungünstigsten Szenarios ein Argument für ein mehr, nicht weniger anspruchsvolles Ziel.

Die letztendliche Konzentration von Treibhausgasen bestimmt den Weg für Schätzungen der sozialen Kosten von Kohlenstoff; sie reflektieren auch die besonderen ethischen Bewertungen und den Ansatz für die Behandlung von in die Modellierung eingebauter Unsicherheit. Vorarbeiten für dieses Review legen den Schluss nahe, dass die sozialen Kosten von Kohlenstoff, wenn das Ziel zwischen 450 und 550 ppm CO<sub>2</sub>e liegen würde, in der Region von 25 - 30 Dollar pro Tonne CO<sub>2</sub> beginnen würden, d.h. bei etwa einem Drittel des Niveaus, wenn die Welt bei BAU bleibt.

Es ist wahrscheinlich, dass die sozialen Kosten von Kohlenstoff im Laufe der Zeit stetig ansteigen werden, weil marginale Schäden mit der GHG-Konzentration in der Atmosphäre zunehmen, und diese Konzentration nimmt im Laufe der Zeit zu. Jede Politik sollte daher gewährleisten, dass auch Senkungsanstrengungen am Rand im Laufe der Zeit intensiviert werden. Aber sie sollte auch die Entwicklung von Technologien fördern, die die durchschnittlichen Kosten einer Senkung reduzieren können; obwohl Kohlenstoffpreise an sich nicht ausreichen werden, um alle nötigen Innovationen zu bewirken, besonders in den ersten Jahren.

Die erste Hälfte des Review demonstriert daher, dass sich entschiedenes Handeln gegen den Klimawandel, das sowohl Abmilderung als auch Anpassung beinhaltet, lohnt, und schlägt geeignete Ziele für eine Politik zum Klimawandel vor.

Die zweite Hälfte des Review untersucht die geeignete Form einer solchen Politik und wie sie in einen internationalen kollektiven Handlungsrahmen gebracht werden kann.

***Eine Politik zum Reduzieren von Emissionen sollte auf drei wesentlichen Elementen beruhen: Kohlenstoffpreise, Technologiestrategie und Beseitigung von Hemmnissen für Verhaltensänderungen.***

Es gibt komplexe Herausforderungen für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Der politische Rahmen muss sich mit Langzeithorizonten und mit Interaktionen mit einer Reihe anderer Imperfektionen und Dynamiken auf dem Markt befassen.

Ein gemeinsames Verständnis der langfristigen Ziele zur Stabilisierung ist eine wesentliche Hilfe für die Richtlinienverfassung über den Klimawandel: es verengt den Bereich der akzeptablen Emissionswege erheblich. Aber Flexibilität im Hinblick darauf, welche Reduzierungen, wo und wann vorgenommen werden, wird die Kosten des Erreichens dieser Stabilisierungsziele Jahr um Jahr verringern.

Politische Maßnahmen sollten sich an sich verändernde Umstände anpassen, wenn die Kosten und Vorteile des Reagierens auf den Klimawandel im Laufe der Zeit immer deutlicher werden. Sie sollten auch auf diversen nationalen Bedingungen und Richtlinienverfassungsansätzen aufbauen. Aber die starken Verbindungen zwischen derzeitigem Handeln und dem langfristigen Ziel sollten immer der Brennpunkt der Politik bleiben.

Drei politische Elemente für eine Abmilderung sind wesentlich: der Kohlenstoffpreis, eine Technologiestrategie und die Beseitigung von Hemmnissen für Verhaltensänderungen. Wenn eines dieser Elemente ausgelassen wird, dann führt dies zu einer erheblichen Erhöhung der Handlungskosten.

### ***Die Festlegung eines Kohlenstoffpreises durch Steuern, Handeln oder Regulierung ist ein wichtiges Fundament für eine Politik zum Klimawandel.***

Das erste politische Element ist der Kohlenstoffpreis. Treibhausgase sind, im wirtschaftlichen Sinne, eine Externalität: diejenigen, die Treibhausgasemissionen erzeugen, verursachen einen Klimawandel und verursachen dadurch Kosten für die Welt und für zukünftige Generationen, aber sie sind nicht selbst mit den vollen Konsequenzen ihrer Handlungsweise konfrontiert.

Die Festlegung eines geeigneten Preises für Kohlenstoff – explizit durch Steuern oder Handel oder implizit durch Regulierung – bedeutet, dass Menschen mit den vollen sozialen Kosten ihres Handelns konfrontiert werden. Dies führt dazu, dass Einzelpersonen und Unternehmen sich von kohlenstoffreichen Waren und Dienstleistungen abwenden und in kohlenstoffarme Alternativen investieren. Wirtschaftliche Effizienz weist auf die Vorteile eines gemeinsamen globalen Kohlenstoffpreises hin: Emissionsreduzierungen finden dann überall dort statt, wo dies am billigsten ist.

Die Wahl des politischen Werkzeugs hängt von den nationalen Umständen der jeweiligen Länder, von den Charakteristiken der jeweiligen Sektoren und von der Interaktion zwischen einer Politik zum Klimawandel und anderen politischen Maßnahmen ab. Politische Maßnahmen unterscheiden sich auch wesentlich im Hinblick auf ihre Folgen für die Verteilung von Kosten auf den Einzelnen und ihren Einfluss auf die öffentlichen Finanzen. Besteuerung hat den Vorteil, dass ein ständiger Einnahmenfluss erzeugt wird, während beim Handel die steigende Nutzung von Auktionierung wahrscheinlich starke Vorteile für die Effizienz, die Verteilung und die öffentlichen Finanzen haben wird. Einige Regierungen werden sich möglicherweise dafür entscheiden, sich auf Handelsinitiativen zu konzentrieren, andere auf Besteuerung oder Regulierung und wieder andere auf eine Mischung von politischen Maßnahmen. Auch werden ihre Entscheidungen über mehrere Sektoren variieren.

Handelsprogramme können eine wirksame Möglichkeit sein, Kohlenstoffpreise über Länder und Sektoren auszugleichen, und der Handel mit Emissionsrechten in der EU, das EU Emissions Trading Scheme (ETS), ist heute das Kernstück der europäischen Bemühungen zum Reduzieren von Emissionen. Um die Vorteile des Emissionshandels zu genießen, müssen Programme Anreize für eine flexible und effiziente Antwort bieten. Die Verbreiterung des Rahmens für Handelsprogramme neigten dazu, Kosten zu reduzieren und Unbeständigkeiten zu verringern. Klarheit und Vorhersehbarkeit über künftige Regeln und Formen von Programmen werden dabei helfen, das Vertrauen in einen zukünftigen Kohlenstoffpreis zu wecken.

Um das Verhalten und Investitionsentscheidungen zu beeinflussen, müssen Investoren und Verbraucher glauben, dass der Kohlenstoffpreis in der Zukunft gehalten werden kann. Dies ist besonders für Investitionen in langlebige Kapitalanlagen wichtig. Investitionen wie Kraftwerke, Gebäude, Industrieanlagen und Flugzeuge haben eine Laufzeit von vielen Jahrzehnten. Wenn das Vertrauen fehlt, dass Richtlinien zum Klimawandel fortbestehen, werden Unternehmen den Kohlenstoffpreis nicht in ihre Entscheidungen einbeziehen. Das Ergebnis kann eine Überinvestition in langlebige kohlenstoffreiche Infrastruktur sein, die Emissionsreduzierungen später viel teurer und schwieriger macht.

Aber der Aufbau von Glaubwürdigkeit braucht Zeit. Die nächsten 10 bis 20 Jahre sind eine Übergangszeit von einer Welt, in der Kohlenstoffpreissetzungsprogramme in ihren Kinderschuhen stecken, in eine Welt, in der Kohlenstoffpreissetzung universell ist und automatisch in Entscheidungen eingebaut wird. In dieser Übergangsperi-

ode, in der die Glaubwürdigkeit der Politik noch in der Entstehung ist und der internationale Rahmen seine Formen erst annimmt, ist es wichtig, dass Regierungen betrachten, wie sie die Risiken einer festen Einbindung in eine kohlenstoffreiche Infrastruktur vermeiden können, und dazu gehört die Betrachtung, ob eventuelle zusätzliche Maßnahmen zum Reduzieren der Risiken gerechtfertigt sein können.

***Politische Maßnahmen müssen die Entwicklung einer Reihe von kohlenstoffarmen und hocheffizienten Technologien in einem dringenden Zeitrahmen unterstützen.***

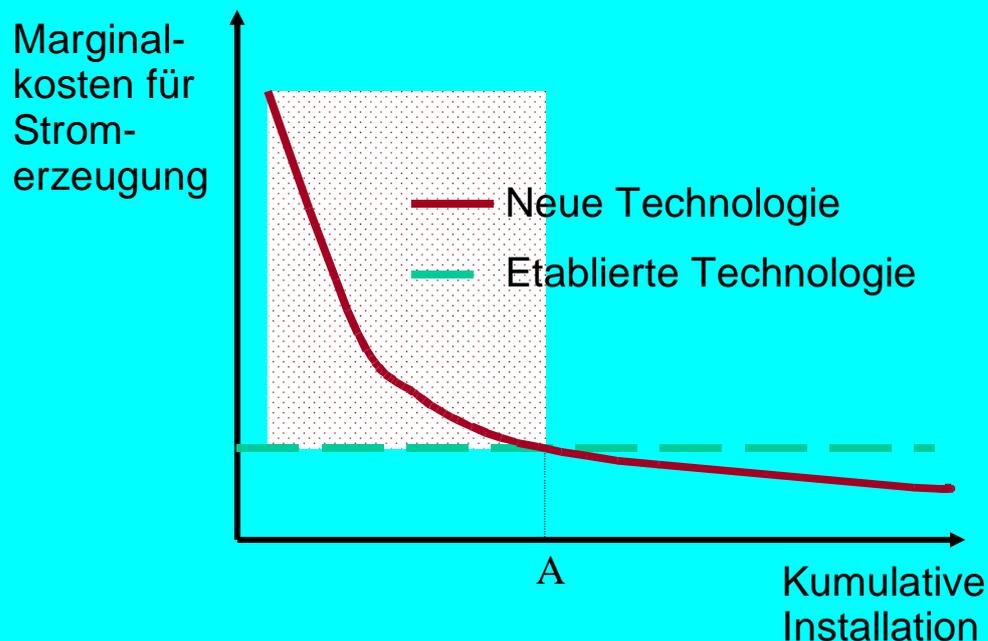
Das zweite Element der Politik zum Klimawandel ist eine Technologiepolitik, die das volle Spektrum von Forschung und Entwicklung bis hin zu Demonstration und Einsatz im frühen Stadium abdeckt. Entwicklung und Einsatz einer breiten Palette von kohlenstoffarmen Technologien sind für die Erzielung der erforderlichen tiefgreifenden Emissionsreduzierungen wesentlich. Der private Sektor spielt die Hauptrolle in F&E und Technologiediffusion, aber eine engere Zusammenarbeit zwischen Regierung und Industrie wird den Einsatz eines breitgefächerten Portefeuilles von kohlenstoffarmen Technologien weiter stimulieren und Kosten reduzieren.

Viele kohlenstoffarme Technologien sind derzeit teurer als die fossilen Brennstoffalternativen. Aber die Erfahrungen zeigen, dass die Kosten für Technologien mit Umfang und Erfahrung sinken, wie Abb. 5 unten zeigt.

Kohlenstoffpreissetzung gibt einen Anreiz für Investitionen in neue Technologien zum Reduzieren von Kohlenstoff; in der Tat gibt es ohne sie nur wenig Gründe für solche Investitionen. Aber die Investition in neue kohlenstoffarme Technologien birgt Risiken. Unternehmen sorgen sich möglicherweise darüber, ob sie einen Markt für ihr neues Produkt haben werden, wenn die Kohlenstoffpreispolitik nicht in die Zukunft gebracht wird. Und das aus Forschung und Entwicklung gewonnene Wissen ist ein öffentliches Gut; Unternehmen investieren möglicherweise nicht genug in Projekte mit einer starken sozialen Rendite, wenn sie fürchten, dass sie nicht den vollen Nutzen ernten können. Somit gibt es gute wirtschaftliche Gründe, neue Technologien direkt zu fördern.

Die öffentlichen Ausgaben für Forschung, Entwicklung und Demonstration sind in den letzten beiden Jahrzehnten stark gefallen und sind nun im Vergleich zu anderen Industriezweigen niedrig. Eine Verdoppelung von Investitionen in diesem Bereich auf etwa 20 Milliarden Dollar pro Jahr global, um die Entwicklung eines diversen Portefeuilles von Technologien zu unterstützen, wird wahrscheinlich hohe Renditen erbringen.

Abb. 5: Die Kosten von Technologien werden im Laufe der Zeit wahrscheinlich fallen



Historische Erfahrungen im Hinblick auf fossile brennstoff- und kohlenstoffarme Technologien zeigen, dass mit zunehmendem Umfang die Kosten zu fallen neigen. Wirtschaftswissenschaftler haben „Lernkurven“ in Kostendaten eingebaut, um die Größe dieses Effekts zu schätzen. Eine illustrative Kurve ist oben für eine neue Stromerzeugungstechnologie dargestellt; die Technologie wird zunächst weitaus teurer sein als die etablierte Alternative, aber mit zunehmendem Umfang werden die Kosten fallen und ab Punkt A wird sie billiger. Arbeiten der International Energy Agency und von anderen zeigen, dass solche Beziehungen für eine Reihe unterschiedlicher Energietechnologien gelten.

Dies wird durch eine Reihe von Faktoren erläutert, einschließlich der Effekte des Lernens und der Wirtschaftlichkeit der Massenproduktion. Aber die Beziehung ist komplexer, als es die Figuren nahelegen. Stufenweise Verbesserungen in einer Technologie könnten den Fortschritt beschleunigen, während Beschränkungen in Bezug auf die Verfügbarkeit von Land oder Materialien zu einer Erhöhung von Marginalkosten führen könnten.

In einigen Sektoren, besonders in der Stromerzeugung, wo neue Technologien häufig nur schwer Fuß fassen können, werden politische Maßnahmen zum Unterstützen des Marktes für frühe Technologien wesentlich sein. Das Review argumentiert, dass das Ausmaß existierender Einsatzanreize in der ganzen Welt um das 2- bis 5fache vom derzeitigen Niveau von etwa 34 Milliarden Dollar pro Jahr ansteigen müsste. Solche Maßnahmen sind eine leistungsstarke Motivation für Innovationen über den privaten Sektor, um den benötigten Technologiebereich zu erbringen.

**Die Beseitigung von Hemmnissen für Verhaltensänderungen ist ein drittes wesentliches Element, eines, das besonders wichtig ist für das Fördern der Erreichung der Gelegenheiten für Energieeffizienz.**

Das dritte Element ist die Beseitigung von Hemmnissen für Verhaltensänderungen. Selbst dort, wo Maßnahmen zum Reduzieren von Emissionen kosteneffektiv sind, kann es Schranken geben, die ein Handeln verhindern. Dazu gehören das Fehlen zuverlässiger Informationen, Transaktionskosten sowie Verhaltens- und Organisationssträgheit. Die Auswirkungen dieser Hemmnisse sind am deutlichsten dort zu sehen, wo häufig das Potential für rentable Energieeffizienzmaßnahmen nicht realisiert wird.

Ordnungspolitische Maßnahmen können eine große Rolle dabei spielen, diese Komplexitäten abzubauen und Klarheit und Sicherheit zu schaffen. Mindestnormen für Gebäude und Geräte haben sich als ein rentabler Weg zur Verbesserung der Leistung herausgestellt, wo Preissignale allein möglicherweise nicht stark genug sind, um einen erheblichen Einfluss zu haben.

Informationsrichtlinien, einschließlich Etikettierung und gemeinsamer Anwendung bester Praktiken, können Verbrauchern und Unternehmen helfen, kluge Entscheidungen zu treffen, und stimulieren wettbewerbsfähige Märkte für kohlenstoffarme und hocheffiziente Waren und Dienstleistungen. Auch Finanzierungsmaßnahmen können helfen, indem mögliche Begrenzungen im Hinblick auf die Zahlung der Anfangskosten von Effizienzverbesserungen überwunden werden.

Die Förderung eines gemeinsamen Verständnisses des Wesens des Klimawandels und seiner Folgen ist für die Gestaltung des Verhaltens sowie das Untermauern nationaler und internationaler Maßnahmen kritisch. Regierungen können den Dialog durch Beweisführung, Ausbildung, Überredung und Diskussion fördern. Unterricht über den Klimawandel für die Schüler trägt dazu bei, zukünftige politische Entscheidungen nachhaltig zu formen, und eine breit gefächerte öffentliche und internationale Debatte unterstützt die heutigen Richtlinienverfasser dabei, jetzt entschieden zu handeln.

***Eine Anpassungspolitik ist wesentlich für den Umgang mit den unvermeidlichen Auswirkungen des Klimawandels, ihr wird aber in vielen Ländern nicht genügend Wert beigemessen.***

Anpassung ist die einzige Antwort, die für die Auswirkungen zur Verfügung steht, die über die nächsten Jahrzehnte auftreten werden, bevor Abmilderungsmaßnahmen wirksam werden können.

Im Gegensatz zur Abmilderung, wird eine Anpassung in den meisten Fällen örtliche Vorteile erbringen, die ohne lange Vorlaufzeiten zu realisieren sind. Daher wird eine gewisse Anpassung autonom erfolgen, wenn Einzelpersonen auf Markt- oder Umweltänderungen reagieren. Einige Anpassungsaspekte, wie z.B. bedeutende Infrastrukturentscheidungen, werden größere Voraussicht und Planung erfordern. Es gibt auch einige Anpassungsaspekte, die öffentliche Güter verlangen, die globale Vorteile erbringen, einschließlich verbesserter Informationen über das Klimasystem und klimabeständigerer Feldfrüchte und Technologien.

Quantitative Informationen über die Kosten und Vorteile von wirtschaftsweiter Anpassung sind derzeit begrenzt. Studien in klimaempfindlichen Sektoren weisen auf viele Anpassungsoptionen hin, die Vorteile über Kosten hinaus erbringen werden. Aber bei höheren Temperaturen werden die Anpassungskosten steil ansteigen und die Restschäden bleiben groß. Die zusätzlichen Kosten für Klimawandel-beständige neue Infrastruktur und Gebäude in den OECD-Ländern könnten jährlich 15 - 150 Milliarden Dollar betragen (0,05 - 0,5% des Bruttoinlandsprodukts).

Die Anpassungsaufgabe wird in den Entwicklungsländern besonders akut sein, wo die höhere Verwundbarkeit und Armut die Handlungskapazität begrenzen wird. Wie in den entwickelten Ländern, lassen sich die Kosten nur schwer schätzen, werden aber wahrscheinlich bei zig Milliarden Dollar liegen.

Märkte, die auf Klimainformationen reagieren, werden die Anpassung unter Einzelpersonen und Firmen stimulieren. Risikogestützte Versicherungsprogramme, zum

Beispiel, bieten starke Signale über die Größe von Klimarisiken und fördern dadurch ein gutes Risikomanagement.

Regierungen haben die Aufgabe, einen politischen Rahmen zum Führen effektiver Anpassung durch Einzelpersonen und Firmen mittel- und langfristig zu schaffen. Es gibt hier vier Hauptbereiche:

- Klimainformationen hoher Qualität und Risikomanagementinstrumente helfen dabei, effiziente Märkte anzutreiben. Verbesserte regionale Klimavorhersagen sind kritisch, besonders für Niederschlags- und Sturmmuster.
- Landnutzungsplanung und Leistungsstandards sollten sowohl private als auch öffentliche Investitionen in Gebäude und andere langlebige Infrastruktur fördern, um den Klimawandel zu berücksichtigen.
- Regierungen können durch langfristige politische Maßnahmen für klimempfindliche öffentliche Güter beitragen, z.B. dem Schutz natürlicher Ressourcen, dem Küstenschutz und der Notfallbereitschaft.
- Ein finanzielles Sicherheitsnetz könnte für die Ärmsten der Gesellschaft erforderlich sein, die gegenüber den Auswirkungen wahrscheinlich am empfindlichsten sein werden und sich einen Schutz (einschließlich Versicherung) am wenigsten leisten können.

Nachhaltige Entwicklung an sich bringt Diversifizierung, Flexibilität und menschliches Kapital, die für eine Anpassung wesentliche Komponenten sind. In der Tat wird ein großer Teil der Anpassung einfach eine Erweiterung guter Entwicklungspraktiken sein – die beispielsweise die Gesamtentwicklung, ein besseres Katastrophenmanagement und eine bessere Notfallreaktion fördert. Anpassungsmaßnahmen sollten in Entwicklungspolitik und -planung auf jeder Ebene integriert werden.

### ***Eine wirksame Antwort auf den Klimawandel hängt von der Schaffung der Bedingungen für ein internationales kollektives Handeln ab.***

Dieses Review hat zahlreiche Handlungsmaßnahmen identifiziert, die Gemeinschaften und Länder zur Bekämpfung des Klimawandels alleine ergreifen können.

In der Tat beginnen viele Länder, Staaten und Unternehmen bereits zu handeln. Die Emissionen der meisten einzelnen Länder sind jedoch relativ zu den globalen Gesamtemissionen niedrig, und es werden sehr starke Reduzierungen benötigt, um die Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre zu stabilisieren. Eine Abmilderung des Klimawandels verschärft das klassische Problem der Schaffung eines globalen öffentlichen Gutes. Sie hat wesentliche Charakteristiken mit anderen Umweltaufgaben gemein, die das internationale Management gemeinsamer Mittel erfordern, um eine unkontrollierte Ausbreitung des Problems zu vermeiden.

Die Klimarahmenkonvention der UN (UN Framework Convention on Climate Change – UNFCCC), das Kyoto-Protokoll und eine Reihe anderer informeller Partnerschaften und Dialoge bilden einen Rahmen, der Kooperation unterstützt, und ein Fundament, auf dem weitere kollektive Maßnahmen aufgebaut werden können.

Eine gemeinsame globale Perspektive über die Dringlichkeit des Problems und über die langfristige Ziele für eine Politik zum Klimawandel und einen internationalen Ansatz auf der Basis eines multilateralen Rahmens und eines koordinierten Handelns

sind wesentlich, um auf das Ausmaß der Herausforderung einzugehen. Internationale Rahmen für Maßnahmen gegen den Klimawandel sollten die von verschiedenen Ländern auf unterschiedliche Weise gezeigte Führung ermutigen und darauf antworten und sollten die Beteiligung aller Staaten fördern und motivieren. Sie sollten auf den Grundsätzen von Wirksamkeit, Effizienz und Gleichheit aufbauen, die bereits das Fundament des existierenden multilateralen Rahmens geschaffen haben.

Der Handlungsbedarf ist dringend: die Nachfrage nach Energie und Transport wächst in vielen Entwicklungsländern schnell und viele entwickelte Länder müssen auch jetzt einen erheblichen Anteil ihres Grundkapitals erneuern. Die in den nächsten 10 - 20 Jahren getätigten Investitionen könnten sehr hohe Emissionen für die nächsten fünfzig Jahre festschreiben oder sie könnten eine Gelegenheit schaffen, die Welt auf einen haltbareren Weg zu bringen.

Die internationale Zusammenarbeit muss alle politischen Aspekte zum Reduzieren von Emissionen abdecken – Preise, Technologie und die Beseitigung von Verhaltenshemmnissen sowie das Handeln bezüglich Emissionen durch Landnutzung. Und sie muss Anpassung fördern und unterstützen. Es gibt erhebliche Gelegenheiten für ein unverzügliches Handeln, einschließlich in Bereichen mit unmittelbaren wirtschaftlichen Vorteilen (wie Energieeffizienz und reduziertes Abfackeln von Gasen) und in Bereichen, in denen groß angelegte Pilotprogramme bedeutende Erfahrungen zum Leiten zukünftiger Verhandlungen erzeugen würden.

Die Übereinstimmung in Bezug auf einen breit gefächerten Satz von gegenseitigen Verantwortlichkeiten über jede der relevanten Handlungsdimensionen würde zum Gesamtziel der Verringerung der Risiken des Klimawandels beitragen. Diese Verantwortlichkeiten sollten die Kosten und deren Tragbarkeit sowie Anfangspunkte, Wachstumsaussichten und Vorgeschichte berücksichtigen.

Die Sicherung einer breit gestützten und nachhaltigen Zusammenarbeit erfordert eine gleichmäßige Verteilung von Bemühungen über entwickelte wie auch sich entwickelnde Länder. Es gibt keine einzelne Formel, die alle Gleichheitsdimensionen erfasst, aber Kalkulationen auf der Basis von Einkommen, historischer Verantwortlichkeit und Pro-Kopf-Emissionen weisen alle darauf hin, dass reiche Länder die Verantwortlichkeit für Emissionsreduzierungen von 60 - 80% von den Niveaus von 1990 bis 2050 übernehmen.

Die Zusammenarbeit kann durch größere Transparenz und Vergleichbarkeit einzelstaatlicher Maßnahmen ermutigt und erhalten werden.

***Die Erzeugung eines allgemein ähnlichen Kohlenstoffpreissignals in der ganzen Welt und die Nutzung von Kohlenstofffinanzen zum Beschleunigen von Maßnahmen in Entwicklungsländern sind wichtige Prioritäten für eine internationale Zusammenarbeit.***

Ein etwa ähnlicher Preis von Kohlenstoff ist nötig, um die Gesamtkosten für diese Reduzierungen niedrig zu halten, und kann durch Steuern, Handel oder Regulierung geschaffen werden. Der Transfer von Technologien zu Entwicklungsländern durch den privaten Sektor kann über einzelstaatliche Maßnahmen und internationale Kooperation beschleunigt werden.

Das Kyoto-Protokoll hat wertvolle Institutionen geschaffen, um einen internationalen Emissionshandel zu untermauern. Es gibt wichtige Gründe, auf diesem Ansatz aufzubauen und davon zu lernen. Es gibt Gelegenheiten für die Nutzung des UNFCCC-

Dialogs und des Review über die Effektivität des Kyoto-Protokolls sowie eine breite Palette von informellen Dialogen, um Wege nach vorne zu erforschen.

Handelsprogramme im privaten Sektor sind jetzt das Kernstück von internationalen Kohlenstofffinanzflüssen. Die Verknüpfung und Expansion regionaler und sektoraler Emissionshandelsprogramme, einschließlich subnationaler und freiwilliger Programme, erfordert große internationale Zusammenarbeit und die Entwicklung geeigneter neuer institutioneller Arrangements.

***Entscheidungen, die heute über die dritte Phase der EU ETS getroffen werden, bieten die Chance, dass das Programm künftige globale Kohlenstoffmärkte beeinflusst und zu deren Kernstück wird.***

Das EU ETS ist der größte Kohlenstoffmarkt der Welt. Die Struktur der dritten Phase des Programms, über 2012 hinaus, wird derzeit debattiert. Dies ist eine Gelegenheit, eine klare und langfristige Vision darzulegen, um das Programm in das Zentrum der zukünftigen globalen Kohlenstoffmärkte zu setzen.

Es gibt eine Reihe von Elementen, die zu einer glaubhaften Vision für das EU ETS beitragen werden. Die Gesamtgrenze der EU über Emissionen sollte auf einem Niveau festgelegt werden, das Emissionstoleranzen auf dem Markt knapp hält, mit strengen Kriterien für die Zuordnung von Volumen über alle relevanten Sektoren. Deutliche und häufige Informationen über Emissionen während der Handelsperiode würden die Transparenz im Markt verbessern und so die Risiken unnötiger Preisspitzen oder unerwarteter Einbrüche reduzieren.

Deutliche Revisionsregeln, die die Basis für Zuordnungen in zukünftigen Handelsperioden abdecken, würden eine bessere Vorhersehbarkeit für Investoren schaffen. Die Möglichkeit des Verbuchens (und möglicherweise Leihens) von Emissionszuwendungen zwischen Perioden könnten dabei helfen, Preise im Laufe der Zeit zu glätten.

Die Ausweitung der Beteiligung auf andere bedeutende Industriesektoren sowie auf Sektoren wie die Luftfahrt würde dabei helfen, den Markt zu vertiefen, und eine zunehmende Anwendung von Auktionierung würde die Effizienz verbessern.

Durch Befähigen des EU ETS, sich mit anderen aufkommenden Handelsprogrammen zu verbinden (einschließlich in den USA und in Japan) und Mechanismen zu pflegen und zu entwickeln, die die Nutzung von Kohlenstoffreduzierungen in Entwicklungsländern ermöglichen, könnte die Liquidität verbessern und gleichzeitig den Kern eines globalen Kohlenstoffmarktes etablieren.

***Die Verstärkung von Kohlenstofffinanzflüssen in Entwicklungsländern zur Unterstützung von effektiven politischen Maßnahmen und Programmen zum Reduzieren von Emissionen würde den Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft beschleunigen.***

Entwicklungsländer treffen bereits signifikante Maßnahmen, um ihr wirtschaftliches Wachstum vom Wachstum der Treibhausgasemissionen abzukoppeln. So hat beispielsweise China sehr ehrgeizige Binnenziele zur Reduzierung von der Energie gesetzt, die für jede Bruttoinlandsprodukteinheit verwendet wird, um 20 % von 2006 - 2010, und um die Nutzung erneuerbarer Energien zu fördern. Indien hat eine integrierte Energiepolitik für denselben Zeitraum ins Leben gerufen, die Maßnahmen zum Expandieren des Zugangs zu umweltverträglicheren Energien für Arme und zum Erhöhen der Energieeffizienz beinhaltet.

Der durch das Kyoto-Protokoll geschaffene Clean Development Mechanism (Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung) ist derzeit der wichtigste formelle Kanal zum Unterstützen von kohlenstoffarmen Investitionen in Entwicklungsländern. Er ermöglicht es, dass sowohl Regierungen als auch der private Sektor in Projekte investieren, die Emissionen in schnell wachsenden aufkommenden Volkswirtschaften reduzieren, und bietet eine Möglichkeit zur Unterstützung von Verbindungen zwischen unterschiedlichen regionalen Emissionshandelsprogrammen.

In Zukunft wird eine Transformation des Umfangs und der Institutionen für internationale Kohlenstofffinanzflüsse benötigt, um rentable Emissionsreduzierungen zu unterstützen. Die inkrementalen Kosten für kohlenstoffarme Investitionen in Entwicklungsländern werden wahrscheinlich wenigstens 20-30 Milliarden Dollar pro Jahr betragen. Die Bereitstellung von Hilfe mit diesen Kosten erfordert einen bedeutenden Anstieg des Ambitionsniveaus von Handelsprogrammen wie dem EU ETS. Dies wird auch Mechanismen erfordern, die Kohlenstofffinanzen im privaten Sektor mit politischen Maßnahmen und Programmen anstatt mit individuellen Projekten verknüpfen. Und dies sollte innerhalb eines Zusammenhangs von nationalen, regionalen oder sektoralen Zielen für Emissionsreduzierungen funktionieren. Diese Flüsse werden für die Beschleunigung von privaten Investitionen und nationalem Vorgehen der Regierungen in den Entwicklungsländern wesentlich sein.

Es gibt jetzt Gelegenheiten, um Vertrauen aufzubauen und neue Ansätze zur Schaffung groß angelegter Investitionsflüsse auf kohlenstoffarmen Entwicklungswegen zu ergründen. Frühe Signale von existierenden Emissionshandelsprogrammen, einschließlich EU ETS, über das Ausmaß, in dem sie Kohlenstoffkredite von Entwicklungsländern akzeptieren werden, würden dabei helfen, Kontinuität in dieser wichtigen Phase des Aufbaus von Märkten zu bewahren und zu demonstrieren, was möglich ist.

Die internationalen Finanzinstitutionen haben eine wichtige Rolle beim Beschleunigen dieses Prozesses zu spielen: Die Erstellung eines Investitionsrahmens für umweltverträgliche Energie durch die Weltbank und andere multilaterale Entwicklungsbanken bietet ein erhebliches Potential, um Investitionsflüsse ins Leben zu rufen und zu verstärken.

### ***Stärkere internationale Zusammenarbeit zur Beschleunigung von technologischer Innovation und Diffusion wird die Abmilderungskosten reduzieren.***

Der Privatsektor ist der Hauptantrieb für Innovation und für die Diffusion von Technologien in der ganzen Welt. Aber Regierungen können dabei helfen, internationale Kollaboration zur Überwindung von Hemmnissen in diesem Bereich zu fördern, unter anderem durch formelle Arrangements und über Arrangements, die öffentlich-private Kooperation fördern, wie z.B. die asiatisch-pazifische Partnerschaft (Asia Pacific Partnership). Technologiekooperation ermöglicht es, Risiken, Belohnungen und Fortschritte in der Technologieentwicklung gemeinsam zu tragen, sowie die Koordination von Prioritäten.

Ein globales Portefeuille, das aus individuellen nationalen Forschungs- und Entwicklungsprioritäten und Einsatzunterstützung entsteht, wird möglicherweise nicht divers genug sein und wird wahrscheinlich zu wenig Wert auf einige Technologien legen, die für Entwicklungsländer besonders wichtig sind, wie z.B. Biomasse.

Internationale Forschungs- und Entwicklungskooperation kann viele Formen annehmen. Ein zusammenhängendes, dringendes und breit gefächertes Handeln erfordert internationales Verständnis und Kooperation. Diese könnten in formelle multilaterale

Vereinbarungen eingebaut werden, die es Ländern ermöglichen, die Risiken und Vorteile für bedeutende Investitionen in Forschung und Entwicklung zusammenzufassen, einschließlich Demonstrationsprojekte und dedizierter internationaler Programme zum Beschleunigen wichtiger Technologien. Aber formelle Vereinbarungen sind nur ein Teil der Geschichte – informelle Arrangements für größere Koordination und bessere Verbindungen zwischen nationalen Programmen könnten ebenfalls eine sehr prominente Rolle spielen.

Sowohl die informelle als auch die formelle Koordination von nationalen politischen Maßnahmen für Einsatzunterstützung können Kostenreduzierungen beschleunigen, indem der Umfang für grenzübergreifende neue Märkte vergrößert wird. Viele Länder und US-Staaten haben heute spezielle nationale Ziele und politische Rahmen zur Unterstützung des Einsatzes von erneuerbaren Energietechnologien. Transparenz und gemeinsame Informationsnutzung haben dabei geholfen, das Interesse an diesen Märkten zu verstärken. Die Erforschung des Umfangs, um Einsatzinstrumente grenzübergreifend handelsfähig zu machen, könnte die Unterstützungswirksamkeit verbessern, einschließlich der Mobilisierung der Ressourcen, die zum Beschleunigen eines breit gefächerten Einsatzes von Carbon Capture and Storage (CCS) und für die Nutzung von Technologien, die für Entwicklungsländer besonders geeignet sind, erforderlich sind.

Eine internationale Koordination von ordnungspolitischen Maßnahmen und Produktstandards kann ein effektiver Weg sein, um eine größere Energieeffizienz zu fördern. Sie kann ihre Kostenwirksamkeit erhöhen, die Anreize zum Innovieren verstärken, Transparenz verbessern und den internationalen Handel fördern.

Die Reduzierung von Tarif- und Nicht-Tarif-Schranken für kohlenstoffarme Waren und Dienstleistungen, einschließlich innerhalb der Doha-Entwicklungsrunde (Doha Development Round) von internationalen Handelsverhandlungen, könnten weitere Gelegenheiten zum Beschleunigen der Diffusion von wichtigen Technologien bieten.

### ***Die Einschränkung von Abholzung ist eine äußerst rentable Möglichkeit zum Reduzieren von Treibhausgasemissionen.***

Emissionen aufgrund von Abholzung sind äußerst signifikant – Schätzungen zufolge machen sie mehr als 18 % der globalen Emissionen aus, ein Anteil, der größer ist als der, der vom globalen Verkehrssektor erzeugt wird.

Maßnahmen für die Erhaltung der restlichen natürlichen Waldbereiche sind dringend notwendig. Groß angelegte Pilotprogramme sind erforderlich, um effektive Ansätze zum Kombinieren von nationalen Maßnahmen und internationaler Unterstützung zu erforschen.

Politische Maßnahmen gegen Abholzung sollten von der Nation gestaltet und geführt werden, in der sich die jeweiligen Wälder befinden. Aber diese Länder sollten starke Hilfe von der internationalen Gemeinschaft erhalten, die von ihren Maßnahmen zur Reduzierung von Abholzung profitiert. Auf nationaler Ebene bildet die Definition von Eigentumsrechten an Wäldern und der Ermittlung der Rechte und Verantwortlichkeiten für Landbesitzer, Gemeinschaften und Holzfällerunternehmen den Kern für ein effektives Waldmanagement. Dies sollte lokale Gemeinschaften beteiligen, informelle Rechte und soziale Strukturen achten, mit Entwicklungszielen arbeiten und den Prozess zum Schützen der Wälder verstärken.

Für den vorliegenden Bericht durchgeführte Forschungsarbeiten weisen darauf hin, dass die Gelegenheitskosten für den Waldschutz in 8 Ländern, die für 70 % der E-

missionen von Landnutzung verantwortlich sind, anfangs etwa 5 Milliarden Dollar pro Jahr kosten könnten, aber Marginalkosten würden im Laufe der Zeit steigen.

Die Kompensation seitens der internationalen Gemeinschaft sollte Gelegenheitskosten für alternative Nutzungen des Landes, die Kosten für die Verwaltung und Durchsetzung des Schutzes und die Verwaltungsaufgaben für die politische Umstellung berücksichtigen, wenn etablierte Interessen verdrängt werden.

Kohlenstoffmärkte könnten längerfristig eine wichtige Rolle bei der Bereitstellung solcher Anreize spielen. Aber es gibt kurzfristige Risiken für eine Destabilisierung des wichtigen Prozesses der Verstärkung existierender starker Kohlenstoffmärkte, wenn Abholung ohne Vereinbarungen integriert wird, die den Bedarf an Emissionsreduzierungen stark erhöhen. Diese Vereinbarungen müssen auf einem Verständnis des Umfangs von wahrscheinlich beteiligten Transfers basieren.

### ***Anpassungsbemühungen in Entwicklungsländern müssen beschleunigt und unterstützt werden, unter anderem durch internationale Entwicklungshilfe.***

Die ärmsten Entwicklungsländer werden durch den Klimawandel am frühesten und am härtesten betroffen, obwohl sie wenig zur Ursache des Problems beigetragen haben. Ihre geringen Einkommen machen eine Finanzierung einer Anpassung sehr schwer. Die internationale Gemeinschaft hat eine Obligation, sie bei der Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen. Ohne eine solche Unterstützung besteht ein ernsthaftes Risiko, dass Entwicklungsfortschritte unterminiert werden.

Es liegt an den Entwicklungsländern selbst, ihren Ansatz zur Anpassung im Einklang mit ihren eigenen Umständen und Ambitionen zu bestimmen. Rasches Wachstum und rasche Entwicklung werden die Anpassungsfähigkeiten von Ländern verstärken. Die zusätzlichen Kosten für eine Anpassung an den Klimawandel in den Entwicklungsländern könnten sich auf zig Milliarden Dollar belaufen.

Das Ausmaß der Herausforderung macht es dringlicher denn je, dass entwickelte Länder ihre derzeitigen Versprechen zur Verdoppelung ihrer Hilfe bis 2010 einlösen – die 2002 in Monterrey gegeben und im Juni 2005 im Europäischen Rat und im Juli 2005 beim G8 Gleneagles Summit erneuert wurden.

Spender und multilaterale Entwicklungsinstitutionen sollten die Anpassung über ihre Hilfe für Entwicklungsländer integrieren und unterstützen. Die internationale Gemeinschaft sollte die Anpassung durch Investitionen in globale öffentliche Güter unterstützen, einschließlich verbesserter Überwachung und Vorhersage des Klimawandels, Erstellung besserer Modelle für regionale Auswirkungen sowie Entwicklung und Einsatz von dürre- und überflutungsbeständigen Feldfrüchten.

Darüber hinaus sollten die Anstrengungen für den Aufbau öffentlich-privater Partnerschaften für klimabezogene Versicherungen und die Verstärkung von Mechanismen zum Verbessern von Risikomanagement und Bereitschaft, Katastrophenreaktion und Neuansiedelung von Flüchtlingen erhöht werden.

Eine starke und frühe Abmilderung spielt eine Hauptrolle bei der Begrenzung der langfristigen Anpassungskosten. Ohne sie werden die Anpassungskosten drastisch ansteigen.

### ***Aufbau und Unterhaltung kollektiver Maßnahmen gegen den Klimawandel sind jetzt eine dringende Herausforderung.***

Die wichtigsten Bausteine für jedes kollektive Handeln sind unter anderem die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses der langfristigen Ziele für Klimapolitik, der Aufbau wirksamer Kooperationsinstitutionen und die Demonstrierung von Führung und Arbeit für den Aufbau von Vertrauen zu anderen.

Ohne eine klare Perspektive der langfristigen Ziele zur Stabilisierung von Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre ist es unwahrscheinlich, dass die Maßnahmen zum Erreichen dieser Ziele ausreichen werden.

Die Maßnahmen müssen Abmilderung, Innovation und Anpassung beinhalten. Es gibt viele Möglichkeiten, sofort zu beginnen, unter anderem dort, wo es sofortige Vorteile gibt und wo groß angelegte Pilotprogramme wertvolle Erfahrungen bringen. Und wir haben bereits begonnen, die Einrichtungen zum Untermauern von Kooperation zu schaffen.

Die Herausforderung besteht darin, die Beteiligung über alle relevanten Handlungsdimensionen zu verbreitern und zu vertiefen, einschließlich der Kooperation zur Schaffung von Kohlenstoffpreisen und -märkten, die Innovation und den Einsatz von kohlenstoffarmen Technologien zu beschleunigen, Emissionen von Landnutzungsänderung rückgängig zu machen und armen Ländern dabei zu helfen, sich an die schlimmsten Auswirkungen des Klimawandels anzupassen.

***Es ist immer noch Zeit, die schlimmsten Auswirkungen des Klimawandels zu vermeiden, wenn entschiedenes kollektives Handeln jetzt beginnt.***

Dieses Review konzentriert sich auf die wirtschaftlichen Aspekte von Risiken und Unsicherheiten unter Anwendung einer breiten Palette von Wirtschaftswerkzeugen, um den Herausforderungen eines globalen Problems zu begegnen, das tief greifende langfristige Auswirkungen hat. Es ist noch viel Arbeit von Wissenschaftlern und Wirtschaftlern erforderlich, um die analytischen Herausforderungen anzugehen und einige der Unsicherheiten auf breiter Front zu lösen. Aber es ist bereits sehr deutlich, dass die wirtschaftlichen Risiken eines Nichthandelns angesichts des Klimawandels äußerst schwerwiegend sind.

Es gibt Möglichkeiten, die Risiken des Klimawandels zu reduzieren. Mit den richtigen Anreizen reagiert der private Sektor und kann Lösungen liefern. Die Stabilisierung von Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre ist zu erheblichen, aber tragbaren Kosten möglich.

Die politischen Instrumente zur Schaffung der Anreize, die zum Ändern von Investitionsmustern und zum Umverlegen der globalen Wirtschaft auf einen kohlenstoffarmen Weg nötig sind, existieren. Sie müssen mit verstärkten Maßnahmen zum Anpassen an die Auswirkungen des Klimawandels Hand in Hand gehen, der nicht mehr vermieden werden kann.

Vor allem erfordert die Reduzierung der Risiken des Klimawandels ein kollektives Handeln. Sie erfordert Kooperation zwischen Ländern durch internationale Rahmen, die die Erreichung gemeinsamer Ziele unterstützen. Sie verlangt eine Partnerschaft zwischen dem öffentlichen und dem privaten Sektor, die Zusammenarbeit mit zivilen Behörden und mit Einzelpersonen. Es ist immer noch möglich, die schlimmsten Auswirkungen des Klimawandels zu vermeiden; aber dies erfordert ein entschiedenes und dringendes kollektives Handeln. Eine Verzögerung wäre teuer und gefährlich.