

---

## ZUSAMMENFASSUNG FÜR POLITISCHE ENTSCHEIDUNGSTRÄGER

### KLIMAÄNDERUNG 2001: VERMINDERUNG

---

#### *Ein Bericht der Arbeitsgruppe III des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)*

*Diese an der sechsten Sitzung der IPCC-Arbeitsgruppe III (Accra, Ghana, 28. Februar – 3. März 2001) in allen Einzelheiten verabschiedete Zusammenfassung enthält die offiziell genehmigte Erklärung des IPCC bezüglich der Verminderung der Klimaänderung.*

Basierend auf einem Entwurf, vorbereitet von:

*Tariq Banuri, Terry Barker, Igor Bashmakov, Kornelis Blok, Daniel Bouille, Renate Christ, Ogunlade Davidson, Jae Edmonds, Ken Gregory, Michael Grubb, Kirsten Halsnaes, Tom Heller, Jean-Charles Hourcade, Catrinus Jepma, Pekka Kauppi, Anil Markandya, Bert Metz, William Moomaw, Jose Roberto Moreira, Tsuneyuki Morita, Nebojsa Nakicenovic, Lynn Price, Richard Richels, John Robinson, Hans Holger Rogner, Jayant Sathaye, Roger Sedjo, Priyaradshi Shukla, Leena Srivastava, Rob Swart, Ferenc Toth, John Weyant*

## Einführung

1. *Dieser Bericht beurteilt die wissenschaftlichen, technischen, umweltrelevanten, wirtschaftlichen und sozialen Aspekte einer Verminderung<sup>1</sup> der Klimaänderung.* Nach der Veröffentlichung des zweiten Wissenstandsberichts (Second Assessment Report, SAR) des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) wurde unter Berücksichtigung von politischen Veränderungen, wie zum Beispiel dem Kyoto-Protokoll im Zusammenhang mit der UN-Rahmenkonvention zur Klimaänderung (UNFCCC) 1997, die Forschung zur Verminderung der Klimaänderung<sup>1</sup> fortgesetzt – über diese Forschungsergebnisse wird hier berichtet. Der Bericht (IPCC Third Assessment Report, TAR) bezieht auch die Ergebnisse einer Anzahl von IPCC-Sonderberichten mit ein, besonders diejenigen des Sonderberichts über Flugverkehr und die globale Atmosphäre (Special Report on Aviation and the Global Atmosphere), des Sonderberichts über methodologische und technologische Fragen zum Technologietransfer (Special Report on Methodological and Technological Issues in Technology Transfer, SRTT), des Sonderberichts über Emissionsszenarien (Special Report on Emissions Scenarios) und des Sonderberichts über Landnutzung, Veränderungen der Landnutzung und Forstwirtschaft (Special Report on Land Use, Land Use Change and Forestry, LULUCF).

## Über die Herausforderung, die Klimaänderung zu vermindern

2. *Die Klimaänderung<sup>2</sup> ist ein Problem mit einmaligen Merkmalen.* Sie ist global, langfristig (sie überspannt bis zu mehreren Jahrhunderten) und sie ist verbunden mit komplexen Interaktionen zwischen klimatischen, ökologischen, wirtschaftlichen, politischen, institutionellen, sozialen und technologischen Prozessen. Gerade im Zusammenhang mit weiter gefassten gesellschaftlichen Zielen wie Gerechtigkeit und nachhaltiger Entwicklung kann diese Komplexität signifikante Auswirkungen auf internationale Beziehungen und auf das Verhältnis zwischen den Generationen haben. Eine Antwort auf die Klimaänderung bedeutet Entscheidungsfindung bei Unsicherheit und Risiken, einschliesslich der Möglichkeiten von nichtlinearen und irreversiblen Veränderungen.

3. *Alternative Pfade der Entwicklung<sup>3</sup> können zu sehr unterschiedlichen Mengen von Treibhausgasemissionen führen.* Die in diesem Bericht beurteilten SRES- und Verminderungsszenarien legen nahe, dass die Art, der Umfang, die Dynamik und die Kosten einer Verminderung von verschiedenen nationalen und sozioökonomischen Umständen abhängen. Ebenfalls entscheidend ist der Verlauf der technologischen Entwicklungspfade und das gewünschte Niveau einer Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre (siehe *Abbildung SPM-1* für ein Beispiel der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen). Entwicklungspfade, die zu niedrigen Emissionen führen, hängen von einer ganzen Reihe von politischen Entscheidungen ab und setzen auch grosse Veränderungen in politischen Bereichen voraus, die nicht direkt im Bereich der Klimapolitik liegen.

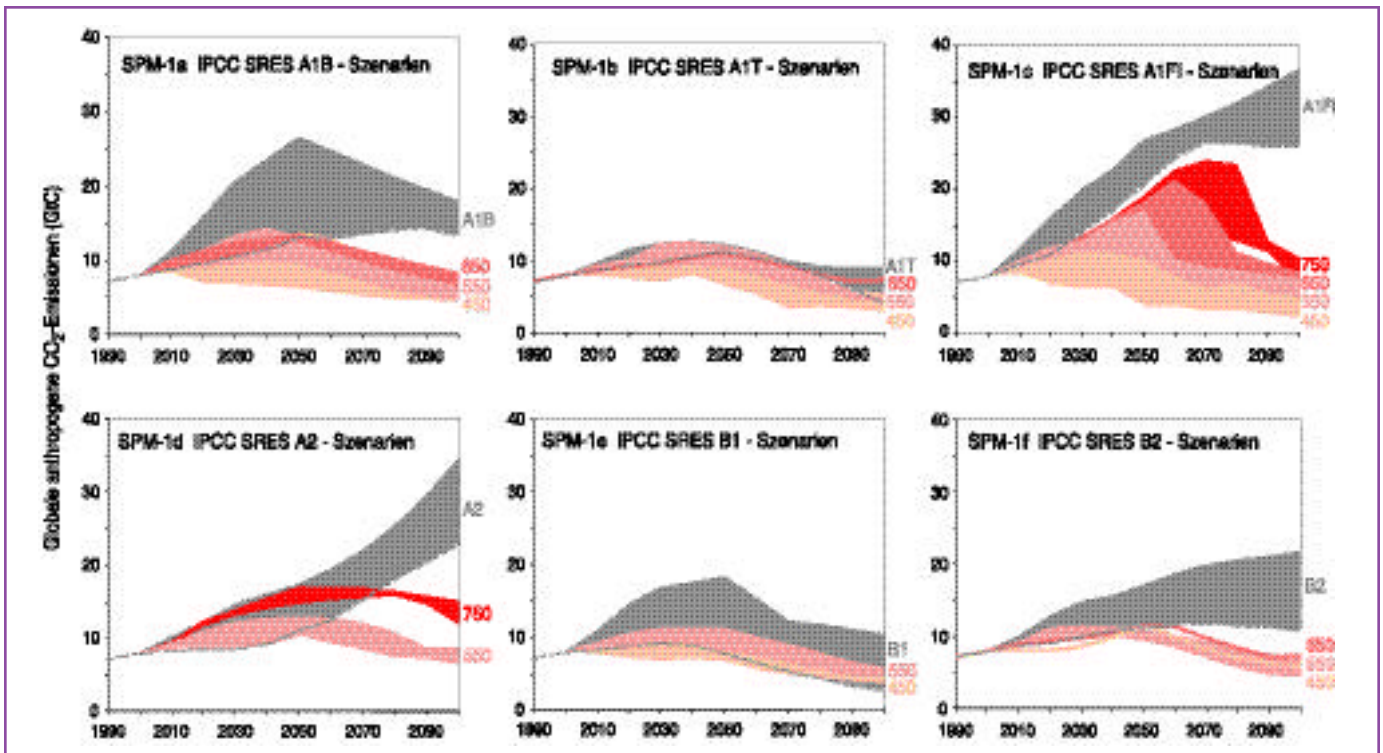
4. *Eine Verminderung der Klimaänderung wird von umfassenderen sozioökonomischen Strukturen und Trends – zum Beispiel in den Bereichen Entwicklung, Nachhaltigkeit und Gerechtigkeit – beeinflusst werden und wird diese ihrerseits beeinflussen.* Politische Strategien zur Verminderung der Klimaänderung können eine nachhaltige Entwicklung vorantreiben, wenn sie mit solchen umfassenden gesellschaftlichen Zielen vereinbar sind. Manche Minderungsmaßnahmen können erhebliche positive Auswirkungen ausserhalb des Klimabereichs mit sich bringen: Sie können z.B. Gesundheitsprobleme reduzieren, den Beschäftigungsgrad erhöhen, negative Umwelteinflüsse reduzieren (z.B. Luftverschmutzung), Wälder, Böden und Wassereinzugsgebiete schützen und aufwerten; sie können Subventionen und Steuern reduzieren, die Treibhausgasemissionen verstärken, und sie können Anreize bieten für Entwicklung und Verbreitung von neuen Technologien, die zu umfassenderen Zielen der nachhaltigen Entwicklung beitragen. Sinngemäss können Entwicklungspfade, die auf eine nachhaltige Entwicklung abzielen, zu niedrigeren Treibhausgasemissionen führen.

5. *Unterschiede in der Verteilung von technologischen, natürlichen und finanziellen Ressourcen zwischen und innerhalb von Nationen/Regionen sowie Verteilungsunterschiede unter den Generationen stellen in der Analyse von verschiedenen Handlungsoptionen zur Verminderung der Klimaänderung oft Schlüsselstellen dar. Dasselbe gilt auch für die Kostenunterschiede einer Verminderung.* Diese Fragen stehen im Zentrum der Debatte über die zukünftige Differenzierung der Verminderungsbeiträge einzelner Länder und über damit ver-

<sup>1</sup> Verminderung der Klimaänderung ist hier definiert als von Menschen initiierte Massnahmen, welche die Emissionen von Treibhausgasen vermindern oder Senken vergrössern.

<sup>2</sup> In den IPCC-Berichten bezieht sich der Begriff *Klimaänderung* auf alle Veränderungen des Klimas über die Zeit, sei es durch natürliche Variabilität oder als Resultat von menschlichen Aktivitäten. Dieser Sprachgebrauch unterscheidet sich von jenem der UN-Rahmenkonvention zur Klimaänderung (UNFCCC). Die Klimakonvention bezieht *Klimaänderung* auf Klimaveränderungen, die sich direkt oder indirekt denjenigen menschlichen Aktivitäten zuschreiben lassen, welche die Zusammensetzung der globalen Atmosphäre verändern. Im Sinne des UNFCCC bedeutet also Klimaänderung eine Veränderung des Klimas, die sich zusätzlich zur natürlichen Klimavariabilität über vergleichbare Zeitperioden beobachten lässt.

<sup>3</sup> In diesem Bericht bezieht sich der Begriff "Alternative Pfade der Entwicklung" auf eine Anzahl von möglichen Szenarien für gesellschaftliche Werte und Konsum-/Produktionsmuster in allen Ländern. Die Szenarien schliessen eine Fortsetzung der heutigen Trends ein, beschränken sich aber nicht darauf. Die Pfade berücksichtigen keine zusätzlichen Klimaschutzinitiativen, d.h., dieser Bericht bezieht keine Szenarien mit ein, die explizit von einer Umsetzung der UNFCCC oder einer Umsetzung der Emissionsziele des Kyoto-Protokolls ausgehen – jedoch beinhalten sie Annahmen über andere politische Strategien, welche die Treibhausgasemission indirekt beeinflussen.



**Abbildung SPM-1:** Vergleich von Referenz- und Stabilisierungsszenarien. Die Abbildung ist in sechs Einzelabbildungen aufgeteilt, eine für jede Gruppe von Referenz-Szenarien des Sonderberichts über Emissionsszenarien (Special Report on Emissions Scenarios, SRES, vgl. Kasten SPM-1). Jede Einzelabbildung zeigt die Bandbreite der globalen gesamt-CO<sub>2</sub>-Emissionen (Gigatonnen Kohlenstoff (GtC)) aller anthropogenen Quellen für die Gruppe der SRES-Referenz-Szenarien (grau schattiert) und die Bandbreiten der verschiedenen Minderungs-Szenarien, die im TAR ausgewertet wurden und die zu einer Stabilisierung von CO<sub>2</sub> auf verschiedenen Niveaus führen (farbig schattiert). Die Szenarien der Familie A1 sind in drei Gruppen unterteilt (die ausgeglichene A1B-Gruppe (Abb. SPM-1a), hoher Anteil nicht-fossiler Brennstoffe A1T (Abb. SPM-1b), intensiv an fossilen Brennstoffen A1FI (Abb. SPM-1c)), die jeweils die Resultate für eine Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Erdatmosphäre auf 450, 550, 650 und 750 ppmv aufzeigen. Für die Gruppe A2 sind die Stabilisierungsniveaus von 450, 550, 650 und 750 ppmv in Abbildung SPM-1d aufgezeigt, für Gruppe B1 eine Stabilisierung auf 450 und 550 ppmv in Abb. SPM-1e, und für Gruppe B2 Stabilisierung auf 450, 550 und 650 ppmv in Abb. SPM-1f. Es gibt keine Literatur für eine Auswertung eines 1000 ppmv-Stabilisierungsszenarios. Die Abbildung illustriert, dass die Diskrepanz umso grösser wird, je niedriger das Stabilisierungsniveau ist und je höher die Ausgangsemissionen der Referenzentwicklung sind. Die Differenz der Emissionen zwischen verschiedenen Gruppen von Szenarien kann gleich gross sein wie der Unterschied zwischen den Referenz- und Stabilisierungsszenarien innerhalb einer Szenariengruppe. Die gepunkteten Linien stellen die Grenzen der Bandbreiten dort dar, wo sie sich überschneiden.

bundene Gerechtigkeitsfragen<sup>4</sup>. Die Herausforderung der Klimaänderung wirft eine wichtige Frage der Gerechtigkeit auf, nämlich inwiefern Auswirkungen der Klimaänderung oder der Verminderungsstrategien die Ungerechtigkeit innerhalb und zwischen Nationen/Regionen verursachen oder verschlimmern. Die in diesem Bericht beurteilten Szenarien zur Stabilisierung von Treibhausgasen (ausgenommen der Szenarien, in denen eine Stabilisierung ohne neue Klimastrategien auftritt, z.B. B1) gehen davon aus, dass die Industrieländer und die Schwellenländer (ehemalige Staatshandelsländer in Osteuropa und der Sowjetunion) ihre Treibhausgasemissionen zuerst limitieren und reduzieren<sup>5</sup>.

6. *Niedrigere Emissionsszenarien erfordern neue Entwicklungsmuster der Energieressourcen.* Abbildung SPM-2 vergleicht die kumulativen Kohlenstoffemissionen zwischen 1990

und 2100 für verschiedene SRES-Szenarien mit dem Anteil Kohlenstoff in den globalen Reserven und Ressourcen fossiler

<sup>4</sup> Denkansätze zu Gerechtigkeit wurden in verschiedene Kategorien eingeteilt, einschliesslich solcher, die auf Quoten, Ergebnis, Prozess, Rechte, Verlässlichkeit, Armut und Chancen basieren. Die Unterschiedlichkeit dieser Ansätze widerspiegelt die verschiedenen Erwartungen von Fairness, die verwendet werden, um politische Prozesse und deren Resultate zu beurteilen.

<sup>5</sup> Die Emissionen von allen Regionen weichen ab einem gewissen Punkt von den Referenzentwicklungen ab. Globale Emissionen weichen früher und stärker ab, wenn das Stabilisierungsniveau geringer ist oder die zugrundeliegenden Szenarien höher. Solche Szenarien sind unsicher und liefern keine Information über die Auswirkung auf die Gerechtigkeit und darüber, wie solche Veränderungen realisiert werden können oder wer die involvierten Kosten übernehmen könnte.

### Kasten SPM-1: Die Emissionsszenarien des IPCC-Sonderberichts über Emissionsszenarien (Special Report on Emissions Scenarios, SRES)

**A1.** Die Modellgeschichte und Szenarienfamilie A1 beschreibt eine künftige Welt mit sehr raschem wirtschaftlichem Wachstum, einer Weltbevölkerung, die Mitte des Jahrhunderts zahlenmässig ihren Höhepunkt erreicht und danach abnimmt, und der raschen Einführung von neuen und effizienteren Technologien. Die wichtigsten Grundannahmen sind die Annäherung der Regionen, der weltweite Aufbau von erforderlichem Know-How und zunehmende kulturelle und soziale Interaktionen, mit einer erheblichen Verminderung der regionalen Differenzen im Pro-Kopf-Einkommen. Die Szenarienfamilie A1 entwickelt sich in drei Gruppen, die verschiedene Richtungen der technologischen Veränderung im Energiesystem beschreiben. Die drei A1-Gruppen unterscheiden sich durch ihren jeweiligen technologischen Schwerpunkt: intensive Nutzung fossiler Brennstoffe (A1FI), nicht-fossiler Energiequellen (A1T) oder Ausgeglichenheit über alle Energieträger hinweg (A1B) (ausgeglichen ist definiert als "nicht zu sehr auf eine einzelne Energiequelle fokussiert" aufgrund der Annahme, dass für alle Energieversorgungs- und Endverbrauchertechnologien gleiche Verbesserungsraten angenommen werden können).

**A2.** Die Modellgeschichte und Szenarienfamilie A2 beschreibt eine sehr heterogene Welt. Die Grundannahmen sind Autarkie und die Bewahrung von lokalen Identitäten. Die Geburtenraten der verschiedenen Regionen nähern sich nur langsam an, was zu einem kontinuierlichen Wachstum der Weltbevölkerung führt. Wirtschaftliches Wachstum ist vor allem regional orientiert, und das wirtschaftliche Pro-Kopf-Wachstum und der technologische Wandel verändern sich fragmentierter und langsamer als in anderen Szenarienfamilien.

**B1.** Die Modellgeschichte und Szenarienfamilie B1 beschreibt eine konvergierende Welt mit derselben globalen Bevölkerung wie im A1-Szenario, die ihren zahlenmässigen Höhepunkt Mitte des Jahrhunderts erfährt und danach abnimmt, aber mit raschen Veränderungen in den wirtschaftlichen Strukturen hin zu einer Dienstleistungs- und Informationswirtschaft, mit deutlich geringerer Material-Intensität und Einführung von emissionsarmen und ressourcenschonenden Technologien. Das Schwergewicht liegt auf globalen Lösungen in Richtung wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit, einschliesslich verbesserter Gleichheit, aber ohne zusätzliche Klimaschutzinitiativen.

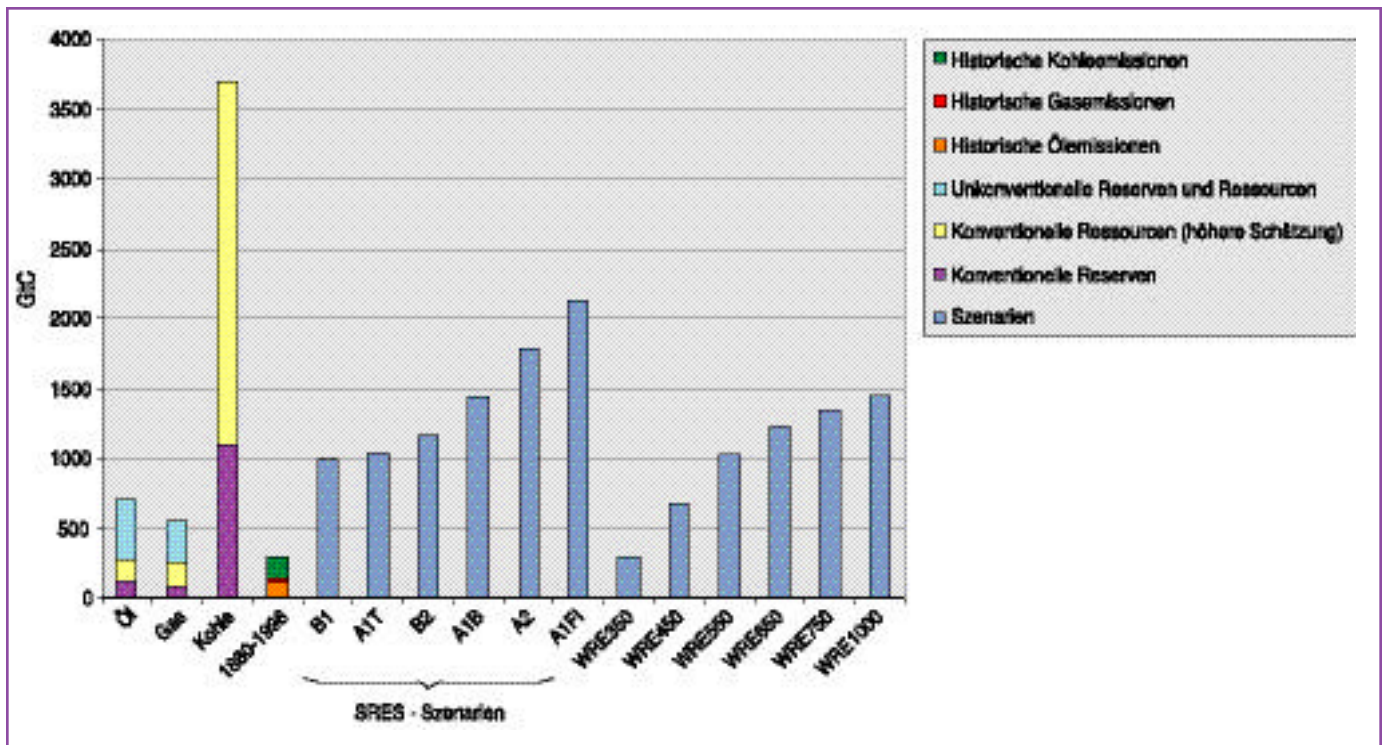
**B2.** Die Modellgeschichte und Szenarienfamilie B2 beschreibt eine Welt, in der das Schwergewicht auf lokalen Lösungen hin zu wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit liegt. Es ist eine Welt mit einer kontinuierlich wachsenden Weltbevölkerung, die langsamer wächst als in A2, mit einer wirtschaftlichen Entwicklung auf mittlerem Niveau und weniger raschem und vielfältigerem technologischen Wandel als in den B1- und A1-Szenarien. Während das Szenario sich auch hin zu Umweltschutz und sozialer Gleichheit orientiert, legt es sein Hauptgewicht auf die lokalen und regionalen Ebenen.

Jeweils ein illustratives Szenario wurde für jede der sechs Szenariengruppen A1B, A1FI, A1T, A2, B1 und B2 gewählt. Alle sollten als gleich wahrscheinlich und plausibel angesehen werden.

Die SRES-Szenarien berücksichtigen keine zusätzlichen Klimainitiativen, was bedeutet, dass keine Szenarien einbezogen sind, die explizit von einer Umsetzung der United Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) oder den Emissionszielen des Kyoto-Protokolls ausgehen.

Energieträger<sup>6</sup>. Die Abbildung zeigt, dass reichlich fossile Brennstoffressourcen vorhanden sind, deren Menge die Kohlenstoffemissionen während des 21. Jahrhunderts nicht limitieren wird. Aber der Kohlenstoffanteil in den nachgewiesenen konventionellen Öl- und Gasreserven oder in konventionellen Ölressourcen ist – im Gegensatz zu den relativ grossen Kohle- und unkonventionellen Öl- und Gaslagerstätten – viel niedriger als die kumulativen Kohlenstoffemissionen, die zu einer Stabilisierung von CO<sub>2</sub> auf einem Niveau von 450 ppmv oder höher führen (der Verweis auf ein bestimmtes Stabilisierungsniveau bedeutet nicht, dass eine Einigung

<sup>6</sup> Reserven sind diejenigen Vorkommen, die vermessen und als wirtschaftlich und technisch ausbeutbar identifiziert worden sind. Ressourcen sind Vorkommen mit weniger gesicherten geologischen und/oder wirtschaftlichen Charakteristika, die aber unter vorhersehbaren technologischen und wirtschaftlichen Entwicklungen als potenziell ausbeutbar gelten. Die Ressourcenbasis schliesst beide Kategorien mit ein. Weiter gibt es zusätzliche Vorkommen (SAR, Arbeitsgruppe II) – sie sind mit Unsicherheiten in Bezug auf Vorkommen oder Ausmass verbunden und/oder sind in vorhersehbarer Zukunft von unbekannter oder keiner wirtschaftlicher Bedeutung. Beispiele von unkonventionellen fossilen Treibstoffressourcen sind Teersande, Ölschiefer, andere schwere Öle, Methan in Kohlelagerstätten, tiefgelegenes Gas unter geologischem Druck, Gas in Aquiferen, etc.



**Abbildung SPM-2:** Kohlenstoff in Erdöl-, Erdgas- und Kohlereserven und -ressourcen im Vergleich mit historischen Emissionen von Kohlenstoff aus fossilen Brennstoffen 1860-1998, und mit kumulativen Kohlenstoffemissionen einer Anzahl SRES-Szenarien und TAR-Stabilisierungsszenarien bis 2100. Die Daten für Reserven und Ressourcen sind in den drei linken Säulen aufgezeigt (Abschnitt 3.8). Unkonventionelles Erdöl und Erdgas beinhaltet Teersande, Ölschiefer, andere schwere Öle, Methan in Kohlelagerstätten, tiefgelegenes Erdas unter geologischem Druck, Gas in Aquiferen, etc. Gashydrate (clathrates), die bis auf 12'000 GtC geschätzt werden, sind nicht mit aufgeführt. Die Säulen für die Szenarien zeigen sowohl SRES-Referenz-Szenarien als auch Szenarien, die zu einer Stabilisierung der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf verschiedenen Niveaus führen. Beachte: Wenn im Jahr 2100 die mit den SRES-Szenarien verbundenen kumulativen Emissionen gleich hoch oder niedriger sind als jene für Stabilisierungsszenarien, bedeutet dies nicht, dass diese Szenarien entsprechend auch zu einer Stabilisierung führen.

bezüglich der Wünschbarkeit dieses Niveaus besteht). Diese Daten deuten auf eine Veränderung im Energiemix und auf die Einführung von neuen Energiequellen während des 21. Jahrhunderts hin. Die Wahl des Energiemix und den damit verbundenen Investitionen wird bestimmen, ob und auf welchem Niveau und zu welchen Kosten die Treibhausgaskonzentration stabilisiert werden kann. Gegenwärtig werden die meisten Investitionen im Bereich der Entdeckung und Entwicklung von Reserven von konventionellen und unkonventionellen fossilen Brennstoffen getätigt.

**Optionen zur Begrenzung oder Vermeidung von Treibhausgasemissionen und zum Ausbau von Senken**

7. Seit dem SAR (1995) wurden bedeutende technische Fortschritte gemacht, die für Treibhausgasreduktionen relevant sind – der Prozess verlief schneller als erwartet. Fortschritte werden in verschiedensten Technologiebereichen und auf verschiedenen Entwicklungsstufen erzielt, z.B. die Markteinführung von Windkonvertern, die rasche Eliminierung von industriellen Emissionen wie z.B. N<sub>2</sub>O aus der Herstellung von Adipinsäure und Fluorkohlenstoffen aus der

Aluminiumherstellung, effiziente Hybridautos, die Fortschritte in der Brennstoffzellentechnologie und die Demonstration von unterirdischer CO<sub>2</sub>-Lagerung. Zu den technologischen Optionen für eine Emissionsreduktion gehören die verbesserte Effizienz von Geräten in den Endenergiesektoren, Technologien der Energieumwandlung, die Verlagerung hin zu Brennstoffen auf Basis von Biomasse, kohlenstoffarmen Energieträgern sowie Null-Emissions-Technologien, verbessertes Energiemanagement, die Reduktion von Emissionen industrieller Prozessgase wie auch die Beseitigung und Speicherung von Kohlenstoff.

Tabelle SPM-1 fasst die Resultate aus verschiedensten sektoralen Studien zusammen, die vor allem auf Projektebene sowie auf nationaler und regionaler Ebene erstellt wurden, einige auch auf globaler Ebene. Die Tabelle zeigt Schätzungen zur potenziellen Reduktion von Treibhausgasemissionen für den Zeitraum zwischen 2010 und 2020. Einige Hauptresultate sind:

- Hunderte von Technologien und Verfahren für die Energieeffizienz im Endenergieverbrauch in Gebäuden, Verkehr und Industrie machen mehr als die Hälfte dieses Potenzials aus.

Tabelle SPM-1: Schätzungen der Minderungspotenziale der globalen Treibhausgase für 2010 und 2020

Sektor	Historische Emissionen von 1990 (MtC <sub>eq</sub> /Jahr)	Historische jährliche C <sub>eq</sub> -Wachstumsrate 1990-1995 (%)	Potenfielle Emissionsreduktionen 2010 (MtC <sub>eq</sub> /Jahr)	Potenfielle Emissionsreduktionen 2020 (MtC <sub>eq</sub> /Jahr)	Direkte Nettokosten pro Tonne eingespartem Kohlenstoff
Gebäude <sup>a</sup>	1 650	1.0	700-750	1 000-1 100	Die meisten Reduktionen sind zu direkten negativen Nettokosten verfügbar.
Transport	1 080	2.4	100-300	300-700	Die meisten Studien weisen auf direkte Nettokosten von weniger als \$25/tC hin, aber zwei lassen vermuten, dass die direkten Nettokosten \$50/tC überschreiten werden.
Industrie	2 300	0.4	300-500	700-900	Über die Hälfte sind zu direkten negativen Nettokosten verfügbar
-Energieeffizienz			~200	~600	Die Kosten sind unsicher.
-Materialeffizienz			~100	~100	Die N <sub>2</sub> O-Reduktionskosten betragen \$0-10/tC <sub>äquivalent</sub> .
Industrie Nicht-CO <sub>2</sub> -Gase	170		~100	~100	Die meisten Kosten betragen \$0-100/tC <sub>äquivalent</sub> mit beschränkten Optionen zu direkten negativen Nettokosten.
Landwirtschaft <sup>b</sup>	210	k.A.	150-300	350-750	Etwa 75% der Einsparungen durch Methangewinnung aus Deponien sind zu direkten negativen Nettokosten verfügbar; 25% zu Kosten von \$20/tC <sub>äquivalent</sub> .
Nicht-CO <sub>2</sub> -Gase	1 250-2 800		~200	~200	
Abfall <sup>b</sup>	240	1.0	~200	~200	
Abfall nur CH <sub>4</sub>					
Montreal Protokoll	0	k.A.	~100	k.A.	Etwa die Hälfte der Reduktionen ist auf Unterschiede in den Referenz-Szenarien der Studien und der SRES-Annahmen zurückzuführen; die verbleibende Hälfte der Reduktionen zu direkten Nettokosten von \$200/tC <sub>äquivalent</sub> .
Ersatz-Anwendungen					
Nicht-CO <sub>2</sub> -Gase					
Energieversorgung und -umwandlung <sup>c</sup>	(1 620)	1.5	50-150	350-700	Direkte negative Nettokostenoptionen existieren beschränkt viele Optionen sind für weniger als \$100/tC <sub>äquivalent</sub> verfügbar.
<b>Total</b>	<b>6 900-8 400<sup>d</sup></b>		<b>1 900-2 600<sup>e</sup></b>	<b>3 600-5 050<sup>e</sup></b>	

a Gebäude umfassen Geräte, Gebäude und Gebäudehüllen.  
 b Die Bandbreite für Emissionen der Landwirtschaft ist vor allem auf grosse Unsicherheiten im Bereich von CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und von in Verbindung mit Bodenprozessen stehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen zurückzuführen. Emissionen aus dem Abfallbereich sind von Methan aus Deponien dominiert. Die anderen Sektoren konnten präziser eingeschätzt werden, weil sie von fossilem CO<sub>2</sub> dominiert sind.  
 c In den oben aufgeführten Sektorwerten einbezogen. Reduktionen schliessen nur Optionen in der Erzeugung von Elektrizität ein (Brennstoffsubstitution zu Erdgas/Kernenergie, Rückhaltung und Lagerung von CO<sub>2</sub>, verbesserte Effizienz von Kraftwerken und erneuerbare Energien).  
 d Das Total schliesst alle in Kapitel 3 behandelten Sektoren für alle sechs Treibhausgase ein. Nicht berücksichtigt sind CO<sub>2</sub>-Quellen ausserhalb des Energiebereichs (Zementproduktion, 160MtC, Abfackeln von Gasen, 60MtC; und Änderungen in der Landnutzung, 600-1400MtC) sowie die gesamte Energie, die für die Konversion von Brennstoffen für den Endenergieverbrauchssektor aufgewendet wird (630MtC). Würden Raffinerien und Koksöfengas dazugerechnet, würden die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1990 von 7100MtC um 12% steigen. Zu beachten ist allerdings, dass Emissionen der Forstwirtschaft und deren Optionen einer Abschwächung durch Kohlenstoffsenken hier nicht berücksichtigt sind.  
 e Die SRES-Referenzszenarien (für die sechs im Kyoto-Protokoll berücksichtigten Gase) projizieren Emissionen von zwischen 11 500-14 000 MtC<sub>äquivalent</sub> für 2010 und 12 000-16 000 MtC<sub>äquivalent</sub> für 2020. Die Schätzungen zur Reduktion der Emissionen sind am besten kompatibel mit den Referenz-Emissionstrends der SRES-B2-Szenarien. Die möglichen Emissionsminderungen berücksichtigen die regelmässige Erneuerung des Kapitalstocks. Sie beschränken sich nicht auf kostenwirksame Optionen, schliessen aber Optionen aus, die mit Kosten über \$100/tC<sub>äquivalent</sub> verbunden sind (ausser für Gase des Montreal-Protokolls) oder die bei Anwendung von allgemein akzeptierten Strategien nicht übernommen werden.

- Mindestens bis 2020 werden Energieangebot und Energieumwandlung von relativ billigen und reichlich vorhandenen fossilen Brennstoffen dominiert bleiben. Wo der Transport wirtschaftlich machbar ist, wird Erdgas bei der Reduktion von Emissionen eine wichtige Rolle spielen. Ebenfalls eine wichtige Rolle spielen wird die effizientere Energieumwandlung und die erweiterte Nutzung von Kombikraftwerken und Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen.
- Energieversorgungssysteme mit niedrigem Kohlenstoffverbrauch können zudem einen wichtigen Beitrag leisten durch den Einsatz von Biomasse aus der Forstwirtschaft und Nebenprodukten aus der Landwirtschaft, durch kommunale und industrielle Nutzung von Abfallstoffen, durch konsequente Anpflanzungen von Biomasse (wo geeignetes Land und Wasser vorhanden sind), durch Methan aus Mülldeponien, Wind- und Wasserkraft und durch Nutzung und die Lebenszeitverlängerung von Atomkraftwerken. Durch Beseitigung und Speicherung von Kohlenstoff vor oder nach dem Verbrennungsprozess könnten nach 2010 die Emissionen aus fossilen und/oder mit Biomasse betriebenen Kraftwerken erheblich vermindert werden. Probleme im Bereich von Umweltverträglichkeit, Sicherheit, Verlässlichkeit und Missbrauch durch Proliferation können die Nutzung einiger dieser Technologien jedoch einschränken.
- In der Landwirtschaft können Methan- und Stickstoffoxidemissionen reduziert werden, zum Beispiel beim Fermentierungsprozess beim Vieh, auf Reisfeldern, beim Gebrauch von Stickstoffdünger und bei Tierfäkalien.
- Je nach Verwendung können Emissionen von fluorierten Gasen durch Veränderungen im Verarbeitungsprozess, durch verbesserte Rückhaltung, Recycling und durch Kapselung minimiert werden oder durch den Gebrauch von alternativen Zusammensetzungen und Technologien vermieden werden.

Die potenziellen Emissionsreduktionen wurden in *Tabelle SPM-1* nach Sektoren zusammengetragen, um – basierend auf der erhältlichen Information der zugrunde gelegten Studien – so weit als möglich Schätzungen für die mögliche globale Emissionsreduktion zu liefern, unter Berücksichtigung von möglichen Überschneidungen zwischen und innerhalb von Sektoren und Technologien. Die Hälfte dieses Potenzials an Emissionsreduktionen könnte bis 2020 ausgeschöpft sein, und zwar mit direkten Nutzen (gesparte Energie), welche die direkten Kosten überschreiten (Nettokapital-, Betriebs- und Instandhaltungskosten). Die andere Hälfte könnte mit direkten Nettokosten von bis zu US\$100/tC<sub>eq</sub> (Preise von 1998) erreicht werden. Diese Kostenschätzungen wurden – übereinstimmend mit den Diskontsätzen im öffentlichen Sektor – mit Diskontsätzen von zwischen 5 und 12 Prozent berechnet. Interne Zinsansprüche bei privaten Investoren variieren stark und sind oft signifikant höher, was sich auf die Adoptionsrate dieser Technologien durch Privatunternehmen auswirkt.

Zu diesen direkten Nettokosten wäre es je nach Emissionsszenario möglich, die globalen Emissionen zwischen 2010 und 2020 unter das Niveau von 2000 zu senken. Um solche Verminderungen zu realisieren, muss allerdings mit zusätzlichen Umsetzungskosten gerechnet werden. Diese können in gewissen Fällen erheblich sein: Möglicherweise müssen politische Strategien unterstützt werden (wie sie in Paragraph 18 beschrieben sind), Forschung und Entwicklung intensiviert und der Technologietransfer effizienter gestaltet werden. Dazu kommt die Überwindung weiterer Hindernisse (Paragraph 17). Diese Aspekte sind zusammen mit weiteren Kosten und Nutzen, die nicht in diese Auswertung eingeflossen sind, in den Paragraphen 11, 12 und 13 diskutiert.

Die globalen, regionalen und nationalen Studien sowie die Sektor- und Projektstudien, die in diesem Bericht ausgewertet werden, sind von unterschiedlicher Reichweite und gehen von verschiedenen Annahmen aus. Es gibt nicht für alle Sektoren und Regionen Studien. Der Spielraum der Emissionsreduktionen in *Tabelle SPM-1* reflektiert die Unsicherheiten der zugrundeliegenden Studien.

8. *Wälder, landwirtschaftliche Flächen und andere terrestrische Ökosysteme bieten ein erhebliches Kohlenstoff-Minderungspotenzial. Wenn es auch nicht notwendigerweise zeitlich unbegrenzt ist, kann mit Konservierung und Speicherung von Kohlenstoff Zeit für die weitere Entwicklung und Umsetzung anderer Optionen gewonnen werden.* Eine biologische Verminderung kann mittels dreier Strategien umgesetzt werden: a) Erhaltung von bestehenden Kohlenstoffspeichern, b) Speicherung von Kohlenstoff durch Vergrößerung von Kohlenstoffspeichern und c) Ersatz durch nachhaltig produzierte biologische Produkte, z.B. Holz anstelle von energieintensiven Bauprodukten und Biomasse anstelle fossiler Brennstoffe. Falls Lecks (s. unten) unterbunden werden können, kann die Erhaltung von bedrohten Kohlenstofflagern helfen, Emissionen zu verhindern. Eine Erhaltung kann allerdings nur nachhaltig gestaltet werden, wenn die sozioökonomischen Einflüsse auf die Abholzung und andere Verluste von Kohlenstofflagern kontrolliert werden können. Der Prozess der Kohlenstoffablagerung widerspiegelt die biologische Wachstumsdynamik: Er beginnt oft langsam, überschreitet ein Maximum und geht dann über Jahrzehnte oder Jahrhunderte hinweg zurück.

Erhaltung und Speicherung von Kohlenstoff ergeben zwar erhöhte Kohlenstoffablagerungen, können aber in der Zukunft auch zu höheren Emissionen führen, wenn diese Ökosysteme entweder durch natürliche oder durch direkt/indirekt vom Menschen verursachte Störungen ernsthaft verändert werden. Obschon auf natürliche Störungen normalerweise eine erneute Speicherung folgt, können Massnahmen zur Regelung solcher Störungen bei der Begrenzung von Kohlenstoffemissionen eine wichtige Rolle spielen. Der Nutzen durch Substitution kann im Prinzip beliebig lange anhalten. Angemessener Umgang mit Land für Feldbau und Holz sowie mit nachhalti-

ger Produktion von Bio-Energie können die Verminderung der Klimaänderung verstärken. Unter Berücksichtigung des Wettbewerbs um die Landnutzung, des zweiten IPCC-Wissenstandsberichtes (SAR) und des LULUCF-Berichts, liegt das geschätzte globale Potenzial von biologischen Verminderungsmöglichkeiten im Bereich von 100 GtC (kumulativ) bis 2050, was etwa 10 bis 20% der möglichen Emissionen von fossilen Brennstoffen während dieser Periode entspricht – wobei diese Schätzung mit grossen Unsicherheiten verbunden ist. Die Ausschöpfung dieses Potenzials hängt sowohl von der Verfügbarkeit von Land und Wasser wie auch vom Aufgreifen verschiedener Praktiken im Land- und Forstmanagement ab. Das grösste biologische Potenzial für die Verminderung des atmosphärischen CO<sub>2</sub> befindet sich in den tropischen und subtropischen Regionen. Die bis heute bekannten Kostenschätzungen von biologischer Verminderung variieren signifikant zwischen US\$ 0.1/tC bis US\$ 20/tC in mehreren tropischen Ländern und von US\$ 20/tC bis US\$ 100/tC in nicht-tropischen Ländern. Die Methoden der Kostenanalysen und Kohlenstoffbuchhaltung waren bisher nicht vergleichbar. Überdies decken die Kostenberechnungen in vielen Fällen unter anderem keine Kosten für Infrastruktur, keine angemessene Verzinsung, keine Kosten für Beobachtung, Datenkollektion und Umsetzung, keine Opportunitätskosten für Land und Unterhalt oder andere regelmässige Kosten. All diese Kosten wurden oft ausgegrenzt oder übersehen. Schätzungen am unteren Ende des oben zitierten Spielraums sind deshalb tendenziell zu niedrig angesetzt, wobei sich aber das Verständnis für derartige Kostenberechnungen im Laufe der Zeit verbessert. Falls diese Handlungsoptionen richtig umgesetzt werden, können sie zusätzlich zur biologischen Abschwächung der Klimaänderung auch soziale, wirtschaftliche und umweltrelevante Nutzen haben, die über eine blosser Reduktion von CO<sub>2</sub> hinausgeht, (z.B. Biodiversität, Schutz von Wassereinzugsgebieten, die Verbesserung von nachhaltigem Landmanagement und ländlichem Beschäftigungsgrad). Allerdings können sie bei unangepasster Umsetzung auch das Risiko von negativen Auswirkungen bergen (z.B. Verlust von Biodiversität, Störung von gesellschaftlichen Strukturen und Grundwasserverschmutzung). Biologische Verminderungsmassnahmen können zudem andere Treibhausgase als CO<sub>2</sub> reduzieren oder erhöhen.

9. *Es gibt nicht den einzigen richtigen Weg zu einer Zukunft mit niedrigen Emissionen – alle Länder und Regionen werden ihre eigenen Entwicklungspfade wählen müssen. Die meisten Modellresultate weisen darauf hin, dass durch die Umsetzung von bekannten technologischen Optionen<sup>7</sup> in den nächsten 100 Jahren oder mehr verschiedene CO<sub>2</sub>-Stabilisierungsniveaus erreicht werden könnten, zum Beispiel 550 ppmv, 450 ppmv oder darunter, aber die Umsetzung würde damit verbundene*

*sozioökonomische und institutionelle Veränderungen voraussetzen.* Die Szenarien legen nahe, dass eine sehr grosse Verminderung der globalen Kohlenstoffemissionen pro BIP-Einheit gegenüber dem Niveau von 1990 nötig sein wird, um auf diesen Niveaus eine Stabilisierung zu erreichen. Neue technologische Errungenschaften und Technologietransfer spielen eine entscheidende Rolle in den Stabilisierungsszenarien, die in diesem Bericht ausgewertet wurden. Für den entscheidenden Energiesektor zeichnen sich fast alle Verminderungs- und Stabilisierungsszenarien durch die Einführung von effizienten Technologien für Energienutzung und –versorgung sowie durch die Einführung von Energie mit niedrigen oder keinen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus. Allerdings wird keine technologische Massnahme allein all die nötigen Emissionsminderungen liefern können. Optionen zur Reduktion von Quellen ausserhalb des Energiesektors und zur Emissionsminderung von anderen Treibhausgasen als CO<sub>2</sub> werden ebenfalls ein bedeutendes Potenzial für eine Verminderung von Emissionen darstellen. Der Technologietransfer zwischen Ländern und Regionen wird die Auswahl an Handlungsmöglichkeiten auf regionalem Niveau verbreitern und die Mengen-Kostenregressionen sowie Lernprozesse werden die Kosten der Einführung der neuen Technologien senken.

10. *Soziale Lernprozesse und Innovationen sowie Veränderungen in der institutionellen Struktur könnten zu einer Verminderung der Klimaänderung beitragen.* Veränderungen in kollektiven Regeln und individuellem Verhalten können signifikante Auswirkungen auf Treibhausgasemissionen haben, finden aber in einem komplexen institutionellen, regulierenden und rechtlichen Umfeld statt. Verschiedene Studien legen nahe, dass heutige Anreizsysteme ressourcenintensive Produktions- und Konsummuster anregen können, welche die Treibhausgasemissionen in allen Sektoren erhöhen, z.B. Transport und Wohnen. Durch soziale Innovationen gibt es auf kürzere Sicht Gelegenheit, Verhaltensweisen von Individuen und Organisationen zu beeinflussen. Auf lange Sicht können solche Innovationen in Verbindung mit technologischen Entwicklungen das sozioökonomische Potenzial bereichern, vor allem wenn kulturelle Normen und Präferenzen sich hin zu Verhaltensmustern bewegen, die zu niedrigeren Emissionen und nachhaltiger Entwicklung führen. Solche Innovationen treffen oft auf Widerstand – diesem Problem kann begegnet werden, indem eine grössere öffentliche Beteiligung in Entscheidungsprozessen praktiziert wird. Dies kann zu neuen Denkansätzen zu Nachhaltigkeit und Gerechtigkeit beitragen.

<sup>7</sup> "Bekannte technologische Optionen" beziehen sich auf Technologien, die heute bereits verwendet werden oder sich in der Pilotphase befinden. Dieser Begriff wird auch in den Verminderungsszenarien verwendet, die in diesem Bericht diskutiert werden. Er beinhaltet keine Technologien, welche grundlegende technologische Durchbrüche voraussetzen. In diesem Sinne kann diese Schätzung als konservativ betrachtet werden, vor allem in Anbetracht der Länge der Szenarienperiode.



### Kasten SPM-2: Ansätze zur Schätzung von Kosten und Nutzen und damit verbundene Unsicherheiten

Spezifische quantitative Schätzungen von Kosten und Nutzen von Minderungsoptionen sind für verschiedene Faktoren sehr unterschiedlich und mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Der SAR-Bericht hat zwei Kategorien von Ansätzen zur Schätzung von Kosten und Nutzen beschrieben: Bottom-Up-Ansätze (wie in Paragraph 7 beschrieben), die auf Beurteilungen von spezifischen Technologien und Sektoren aufbauen und Top-Down-Modellierstudien (wie in Paragraph 13 beschrieben), die von makroökonomischen Zusammenhängen ausgehen. Diese zwei Ansätze haben zu Unterschieden in den Schätzungen von Kosten und Nutzen geführt, die seit dem SAR verkleinert wurden. Aber selbst wenn diese Unterschiede ganz aufgelöst würden, bestünden andere Unsicherheiten weiter. Die denkbaren Auswirkungen dieser Unsicherheiten können aber nutzbringend ausgewertet werden, indem für alle wichtigen Annahmen der Effekt ihrer Veränderung auf die aggregierten Kosten untersucht wird. Das ist aber nur unter der Voraussetzung möglich, dass alle Korrelationen zwischen den Variablen angemessen berücksichtigt werden.

### Die Kosten und Sekundärnutzen<sup>8</sup> von Minderungs-massnahmen

11. *Schätzungen zu Kosten und Nutzen von Minderungsmaßnahmen unterscheiden sich voneinander (i) aufgrund der Art und Weise, wie Wohlfahrt gemessen wird, (ii) aufgrund des Umfangs und der Methodologie der Analyse und (iii) aufgrund der Annahmen, die der Analyse zugrunde liegen. Daraus folgt, dass geschätzte Kosten und Nutzen möglicherweise nicht den tatsächlichen Kosten und Nutzen einer Umsetzung von Massnahmen entsprechen.* Bezüglich (i) und (ii) hängen Kosten und Nutzen *unter anderem* von der Wiederverwendung von Einkünften ab, und davon, ob und wie folgende Punkte berücksichtigt werden: Umsetzungs- und Transaktionskosten, Verteilungswirkungen, die Berücksichtigung mehrerer Treibhausgase, Möglichkeiten zur Veränderung der Landnutzung, Nutzen von vermiedener Klimaänderung, Sekundärnutzen, No-Regret-Optionen<sup>9</sup> und die Wertung von externen Kosten und Wirkungen ausserhalb von Marktprozessen. Die Annahmen beinhalten *unter anderem*:

- Demographischer Wandel, Wachstumsrate und Struktur von wirtschaftlichem Wachstum; Erhöhung der individuellen Mobilität, technologische Innovationen wie zum Beispiel die Verbesserung der Energieeffizienz und die Verfügbarkeit von kostengünstigen Energiequellen, Flexibilität von Kapitalinvestitionen und Arbeitsmärkten, Preise, steuerliche Verzerrungen im Referenzszenario (ohne politische Strategie).
- Das Niveau und die zeitliche Planung des Minderungsziels.
- Annahmen bezüglich Umsetzungsmaßnahmen, z.B. das Ausmass des Handels mit Emissionszertifikaten, der Clean Development Mechanism (CDM – Projekte, die in Entwicklungsländern zur Emissionsminderung beitragen; die Redaktion) und Joint Implementation (JI – emissionsmindernde Projekte in Entwicklungsländern zugunsten der Emissionsverpflichtungen eines Industrielandes, aus dem die Investition finanziert wird), staatliche Regulierungsmassnahmen und freiwillige Selbstverpflichtungen<sup>10</sup> sowie die involvierten Transaktionskosten.

- Diskontsätze: Durch die langfristigen Zeithorizonte werden die verwendeten Abdiskontierungsmethoden in Frage gestellt, und es besteht immer noch kein Konsens über angemessene Zinssätze für langfristige Zeitperioden, obschon die Literatur sich zunehmend Zinssätzen widmet, die mit der Zeit abnehmen und demzufolge dem langfristigen Nutzen mehr Gewicht einräumen. Diese Diskontsätze sollten von den höheren Verzinsungsraten unterschieden werden, die Private normalerweise in Markttransaktionen ansetzen.

12. *Einige Quellen von Treibhausgasemissionen können ohne oder sogar mit negativen sozialen Nettokosten begrenzt werden, wenn die angewandten Strategien vorhandene No-Regret-Optionen ausschöpfen können:*

- *Unvollkommenheiten des Marktes.* Die Reduktion von bestehendem Marktversagen oder institutionellem Versagen

<sup>8</sup> Sekundärnutzen sind die Nebeneffekte von politischen Strategien, die ausschliesslich auf die Verminderung der Klimaveränderung abzielen. Solche Strategien haben nicht nur einen Einfluss auf Treibhausgasemissionen, sondern auch auf die Effizienz der Ressourcennutzung, wie zum Beispiel die Reduktion der Emissionen von lokalen und regionalen Luftschadstoffen im Zusammenhang mit der Verbrennung fossiler Energien, und auf Problemereiche wie Transport, Landwirtschaft, Praktiken in der Landnutzung, Beschäftigungsgrad und Sicherheit von Brennstoffen. Manchmal werden diese Nutzen als sekundäre Auswirkungen bezeichnet, was der Tatsache Rechnung trägt, dass die "Nutzen" manchmal auch negativ sein können.

<sup>9</sup> In diesem Bericht werden wie im SAR diejenigen Massnahmen als No-Regret-Optionen bezeichnet, deren Nutzen (die zusätzlich zum Nutzen der verhinderten Klimaänderung eintreten) den Kosten der Gesellschaft gleichkommen oder diese übersteigen. Beispiele solcher Nutzen sind die Reduktion von Energiekosten und reduzierte Emissionen von lokalen/regionalen Luftschadstoffen.

<sup>10</sup> Eine freiwillige Selbstverpflichtung ist ein Abkommen zwischen einer Staatsbehörde und einer oder mehreren privaten Parteien und eine einseitige Verpflichtungserklärung, die von der öffentlichen Behörde anerkannt wird und definierte ökologische Zielsetzungen oder ökologische Leistungen über die blosser Einhaltung der bestehenden Gesetze hinaus erreichen soll.

sowie von anderen Hindernissen, welche die breite Einführung von kosteneffektiven Massnahmen zur Emissionsminderung verhindern, können die privaten Kosten im Vergleich zu den Kosten heutiger Praktiken senken. Dies kann die privaten Kosten auch insgesamt senken.

- *Sekundärnutzen.* Massnahmen zur Verminderung der Klimaänderung werden Auswirkungen auf andere gesellschaftliche Bereiche haben. Zum Beispiel wird die Reduktion von Kohlenstoffemissionen in vielen Fällen zu einer gleichzeitigen Verminderung von lokaler und regionaler Luftbelastung führen. Es ist zu erwarten, dass Verminderungsstrategien sich auch auf den Transport, auf die Landwirtschaft, auf Praktiken in der Landnutzung und auf die Entsorgung von Abfall auswirken werden, und dass sie sich auf andere soziale Fragen wie die Beschäftigung und die Sicherheit von Energieformen auswirken werden. Allerdings werden nicht alle Auswirkungen positiv sein; eine sorgfältige Wahl und Planung von politischen Strategien kann positive Auswirkungen sicherstellen und negative minimieren. In manchen Fällen kann das Ausmass von Sekundärnutzen mit den Kosten der Verminderungsmassnahmen vergleichbar sein, was zu einer Zunahme des No-Regret-Potenzials führt – jedoch sind Schätzungen dazu schwierig zu machen, und sie variieren erheblich.
- *Doppelte Dividende.* Instrumente (wie zum Beispiel Steuern oder versteigerte Emissionslizenzen) bringen der Staatsverwaltung Einnahmen. Wenn diese Einkünfte verwendet werden, um bestehende Steuerverzerrungen zu reduzieren („Revenue Recycling“ – Wiederverwendung von Einnahmen), verringern sie die wirtschaftlichen Kosten einer Reduktion von Treibhausgasen. Das Ausmass dieses Ausgleichs hängt von den bestehenden Steuerstrukturen ab, von der Art der Steuerkürzung, von den Bedingungen des Arbeitsmarkts und von der Methode des Recyclings. Unter bestimmten Umständen ist es möglich, dass der wirtschaftliche Nutzen die Kosten der Verminderungsstrategie übersteigt.

13. Für Anhang-B-Länder variieren die Kostenschätzungen zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls je nach Studie und Region, wie in Paragraph 11 angedeutet. Die Kosten hängen wesentlich davon ab, welche Annahmen über die Anwendung der Kyoto-Mechanismen getroffen werden und in welchen Wechselwirkungen diese mit inländischen Massnahmen stehen. In der grossen Mehrheit der globalen Studien, die diese Kosten untersuchen und vergleichen, werden internationale energie-wirtschaftliche Modelle angewandt. Neun dieser Studien legen die folgenden Auswirkungen auf das BIP nahe<sup>11</sup>:

Anhang-II-Länder<sup>12</sup>: Ohne Emissionshandel unter den Anhang-B-Ländern<sup>13</sup> zeigen der Grossteil der globalen Studien für verschiedene Anhang-II-Regionen Reduktionen im projizierten BIP von zwischen 0.2 bis 2% im Jahr 2010. Mit vollem Emissionshandel unter den Anhang-B-Ländern betragen die geschätzten Reduktionen im projizierten BIP<sup>14</sup> zwischen 0.1

und 1.1%. Diesen Studien liegen eine grosse Anzahl von Annahmen zugrunde, wie sie im Paragraph 11 aufgelistet sind. Die Modelle, über deren Ergebnisse in diesem Paragraphen berichtet wird, gehen von einer vollen Anwendung des Emissionshandels ohne Transaktionskosten aus. Ergebnisse, die den Handel zwischen Anhang-B-Ländern nicht erlauben, gehen von vollem Binnenhandel innerhalb jeder Region aus. Senken oder Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen sind in den Modellen nicht berücksichtigt. Ebenfalls nicht berücksichtigt sind CDM, Optionen mit negativen Kosten, Sekundärnutzen oder zielgerichtetes Recycling von Einnahmen.

In allen Regionen werden die Kosten zudem von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Einschränkungen beim Emissionshandel zwischen Anhang-B-Ländern, hohe Transaktionskosten für die Umsetzung der Mechanismen des Kyoto-Protokolls und ineffiziente inländische Umsetzung könnten die Kosten steigern.
- Der Einbezug von No-Regret-Strategien in inländische politische Strategien und Massnahmen (wie in Paragraph 12 aufgeführt), die Anwendung von CDM, der Einbezug von Senken und von anderen Gasen als CO<sub>2</sub> könnten die Kosten senken. Die Kosten von individuellen Ländern können zusätzlich variieren.

Die Modelle zeigen, dass die Kyoto-Mechanismen wichtig sind, um das Risiko von hohen Kosten in allen gegebenen Ländern zu beherrschen, und dass sie deshalb inländische Massnahmen ergänzen können. Gleichzeitig können sie das Risiko ungerechter internationaler Auswirkungen minimieren und können zum Ausgleich der Grenzkosten beitragen. Die oben zitierten globalen Modellstudien zeigen für die Erfüllung der Kyoto-Ziele nationale Grenzkosten von zwischen US\$ 20/tC und US\$ 600/tC ohne Emissionshandel, und eine

<sup>11</sup> Viele andere Studien, die länderspezifische Kosten und die Vielfalt von zielgerichteten politischen Strategien präziser mit einbeziehen, legen einen breiteren Spielraum von Schätzungen zu Nettokosten vor.

<sup>12</sup> Anhang-II-Länder: Die Gruppe von Ländern, die im Anhang-II der Klimakonvention (UNFCCC) aufgeführt ist und alle entwickelten Länder in der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) einschliesst.

<sup>13</sup> Anhang-B-Länder: Die Gruppe von Ländern, die im Anhang B des Kyoto-Protokolls aufgeführt ist und sich über ein Ziel ihrer Treibhausgasemissionen geeinigt hat, inklusive alle Anhang-I-Länder (wie 1998 ergänzt) ausser der Türkei und Weissrussland.

<sup>14</sup> Für die Angabe von Kosten können viele Masse angewendet werden. Wenn zum Beispiel für entwickelte Länder die geschätzten jährlichen Kosten für die Erreichung der Ziele des Kyoto-Protokolls unter der Annahme des vollen Anhang-B-Handels um 0.5% des BIP liegen, bedeutet dies 125 Milliarden US-Dollar (1000 Millionen) pro Jahr, oder 125 US-Dollar pro Person und Jahr im Jahr 2010 (SRES-Annahmen). Das entspricht einer Auswirkung auf wirtschaftliche Wachstumsraten von weniger als 0.1 Prozentpunkten über eine Dauer von zehn Jahren.

Spannweite von etwa US\$ 15/tC bis US\$ 150/tC mit Emissionshandel zwischen Anhang-B-Ländern. Die Kostenreduktionen durch diese Mechanismen können von den Details der Umsetzung abhängen, einschliesslich der Kompatibilität von inländischen und internationalen Massnahmen, einschränkender Rahmenbedingungen und Transaktionskosten.

*Schwellenländer:* Für die meisten dieser Länder sind die Auswirkungen auf das BIP entweder vernachlässigbar oder betragen eine mehrprozentige Zunahme. Das zeigt die Möglichkeiten der Schwellenländer zur Verbesserung der Energieeffizienz, die den Anhang-II-Ländern nicht zur Verfügung stehen. Unter der Annahme einer drastischen Verbesserung der Energieeffizienz und/oder fortgesetzter wirtschaftlicher Rezession in manchen Ländern können die zugeleiteten Emissionsmengen die projizierten Emissionen in der ersten Verpflichtungsphase überschreiten. In diesem Fall zeigen die Modelle aufgrund des Einkommens aus dem Handel mit den zugeteilten Emissionsmengen ein erhöhtes BIP. Für einige Schwellenländer jedoch hat eine Umsetzung des Kyoto-Protokolls ähnliche Auswirkungen auf das BIP wie dies in den Anhang-II-Ländern der Fall ist.

14. Studien zur Kostenwirksamkeit mit einem Zeitrahmen von einem Jahrhundert schätzen, dass die Kosten zur Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre steigen, je tiefer das Stabilisierungsniveau angelegt ist. Verschiedene Referenzentwicklungen können einen starken Einfluss auf die absoluten Kosten haben. Während die Kosten leicht steigen, wenn das Stabilisierungsniveau von 750 ppmv auf 550 ppmv gesenkt wird, steigen die Kosten vermehrt bei einer Reduktion von 550 ppmv zu 450 ppmv, ausser wenn die Emissionen im Referenzszenario bereits sehr niedrig sind. Diese Resultate beziehen allerdings die Speicherung von CO<sub>2</sub> nicht mit ein, berücksichtigen keine Gase ausser CO<sub>2</sub> und untersuchen auch nicht die möglichen Auswirkungen von ehrgeizigeren Emissionszielen als Anreiz für technologischen Wandel<sup>15</sup>. Die Kosten, die jedem Konzentrationsniveau zugeschrieben werden, hängen von zahlreichen Faktoren ab, einschliesslich der Verzinsung, der Verteilung der Emissionsminderungen über der Zeit, der Wahl von politischen Strategien und Massnahmen und vor allem von der Wahl des Referenzszenarios: für Szenarien mit Schwerpunkt auf lokaler und regionaler nachhaltiger Entwicklung zum Beispiel fallen die totalen Kosten für eine Stabilisierung auf einem bestimmten Niveau signifikant niedriger aus als für andere Szenarien<sup>16</sup>.

15. Bei allen Massnahmen zur Verminderung der Treibhausgasemissionen sind wirtschaftliche Kosten und Nutzen ungleich auf die Sektoren verteilt; in unterschiedlichem Ausmass könnten die Kosten für Minderungsmassnahmen durch geeignete Strategien reduziert werden. Im Allgemeinen ist es einfacher, diejenigen Aktivitäten zu identifizieren, die wirtschaftliche Kosten verursachen, als jene, die Nutzen stiften würden – die wirtschaftlichen Kosten sind unmittelbarer, konzentrierter und sicherer. Kohle, eventuell Öl und Gas und

gewisse energieintensive Sektoren wie zum Beispiel die Stahlproduktion sind bei der Umsetzung von Minderungsstrategien am ehesten von wirtschaftlichen Nachteilen bedroht. Andere Industriezweige – einschliesslich Produktion und Dienstleistungen im Bereich von erneuerbaren Energien – können erwarten, langfristig von Preisänderungen und vom erleichterten Zugang zu finanziellen und anderen Ressourcen profitieren zu können, die sonst den kohlenstoffintensiven Sektoren zugekommen wären. Politische Strategien wie zum Beispiel die Aufhebung von Subventionen für fossile Brennstoffe können den generellen sozialen Nutzen durch Gewinne in der wirtschaftlichen Effizienz steigern. Es kann auch angenommen werden, dass die Anwendung der Kyoto-Mechanismen die wirtschaftlichen Nettokosten zur Erfüllung der Anhang-B-Ziele vermindert. Andere politische Strategien, die zum Beispiel der kohlenstoffintensiven Industrie eine Ausnahme gewähren, verteilen die Kosten zwar neu, steigern jedoch gleichzeitig die sozialen Kosten. Die meisten Studien zeigen, dass der Verteilungseffekt einer Kohlenstoffsteuer sich negativ auf das Einkommen von Bevölkerungsgruppen mit niedrigem Einkommen auswirken kann, wenn die Steuereinkünfte nicht direkt oder indirekt dafür eingesetzt werden, diese Auswirkungen zu kompensieren.

16. Beschränkungen von Emissionen in Anhang-I-Ländern haben gut etablierte – wenn auch variierende – “Spillover“-Effekte<sup>17</sup> auf nicht-Anhang-I-Länder.

- Öl exportierende nicht-Anhang-I-Länder: Die Analysen zeigen verschiedene Resultate in Bezug auf Kosten, unter anderem eine Reduktion des projizierten BIP und Reduktionen in projizierten Öleinnahmen<sup>18</sup>. Die Studie mit den niedrigsten Kosten zeigt für das Jahr 2010 Reduktionen von 0.2% des projizierten BIP ohne Handel mit Emissionen und weniger als 0.05% des projizierten BIP mit Anhang-B-Emissionshandel<sup>19</sup>.

<sup>15</sup> Induzierter technologischer Wandel ist ein neu aufkommendes Forschungsfeld. Keine der für den TAR ausgewerteten Studien über die Verbindung zwischen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (im Jahrhundertmassstab) und Kosten zeigte Resultate von Modellen, die induzierten technologischen Wandel berücksichtigen. Unter gewissen Umständen zeigen Modelle unter Einbezug von induziertem technologischem Wandel, dass CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Laufe eines Jahrhunderts variieren können, mit ähnlichem Wachstum des BIP aber unter der Verfolgung einer anderen Politik.

<sup>16</sup> Siehe *Abbildung SPM-1* zum Einfluss der Referenz-Szenarien auf die Höhe der Emissionsminderungsanstrengungen, um ein gegebenes Stabilisierungsniveau zu erreichen.

<sup>17</sup> Spillover-Effekte beinhalten nur wirtschaftliche Auswirkungen, nicht aber umweltrelevante.

<sup>18</sup> Einzelheiten zu den sechs einbezogenen Studien sind in *Tabelle 9.4* des Hauptberichts zu finden.

<sup>19</sup> Diese geschätzten Kosten können als Differenzen in den BIP-Wachstumsraten zwischen 2000 und 2010 ausgedrückt werden. Ohne Handel mit Emissionen wird die BIP-Wachstumsrate um 0.02 Prozentpunkten pro Jahr vermindert; mit Anhang-B-Emissionshandel wird die Wachstumsrate weniger als 0.005 Prozentpunkte pro Jahr reduziert.

Die Studie mit den höchsten Kostenangaben geht für das Jahr 2010 ohne Emissionshandel von einer 25-prozentigen Reduktion vom projizierten Öleinkommen aus, und von einer 13-prozentigen Reduktion des projizierten Öleinkommens mit Anhang-B-Emissionshandel. Diese Studien berücksichtigen ausser dem Anhang-B-Emissionshandel keine Strategien und Massnahmen<sup>20</sup>, welche die Auswirkungen auf Öl exportierende nicht-Anhang-I-Länder abschwächen könnten. Die Kosten für diese Länder sowie die Gesamtkosten werden deshalb tendenziell überschätzt. Die Auswirkungen auf diese Länder können durch die Aufhebung von Subventionen für fossile Brennstoffe, durch die Restrukturierung von Energiesteuern nach Kohlenstoffgehalt, durch den vermehrten Gebrauch von Erdgas und durch eine Diversifizierung der Volkswirtschaften von Öl exportierenden nicht-Anhang-I-Ländern weiter reduziert werden.

- *Andere nicht-Anhang-I-Länder: Sie können durch eine nachlassende Nachfrage in den OECD-Ländern nach ihren Exportprodukten nachteilig beeinflusst werden; weitere Nachteile können durch den Anstieg der Preise von kohlenstoffintensiven und anderen Importgütern entstehen. Diese Länder können von niedrigeren Brennstoffpreisen, von den gestiegenen Exporten kohlenstoffintensiver Produkte und vom Transfer umweltfreundlicher Technologien und Know-How profitieren.* Die Nettobilanz für ein Land hängt davon ab, welcher dieser Faktoren dominiert. Aufgrund dieser Komplexität bleibt die Unterteilung in Gewinner und Verlierer unsicher.
- *Kohlenstofflecks<sup>21</sup>. Die mögliche Verlagerung von gewissen kohlenstoffintensiven Industrien in nicht-Anhang-I-Länder und die weiteren Auswirkungen auf Handelsflüsse aufgrund der sich verändernden Preise kann zu einer Verlagerung (Leck) vom Ausmass zwischen 5 und 20% führen.* Ausnahmen, z.B. für energieintensive Industrien, machen die höheren Modellberechnungen für Kohlenstofflecks unwahrscheinlich, würden aber die Gesamtkosten erhöhen.

<sup>20</sup> Diese Strategien und Massnahmen beinhalten jene für Nicht-CO<sub>2</sub>-Gase und für Emissionen nicht-energiebedingter Treibhausgase, die Aufrechnung von Senken, die Restrukturierung der Industrie (zum Beispiel von Energieproduzent zu Anbieter von Energie-Dienstleistungen), den Gebrauch von der Marktmacht der OPEC sowie Massnahmen (z.B. von Anhang-B-Parteien) in Verbindung mit Finanzierung, Versicherung und Technologietransfer. Kennzeichnend für diese Studien ist auch, dass sie folgende Strategien und Auswirkungen nicht berücksichtigen, welche die Gesamtminderungskosten reduzieren können: den Gebrauch von Steuereinkünften zur Reduktion von Steuerlasten oder zur Finanzierung anderer Verminderungsstrategien, umweltrelevante Sekundärnutzen einer Reduktion von fossilen Brennstoffen und einen durch Verminderungsstrategien induzierten technischen Wandel.

<sup>21</sup> Als Kohlenstoffleck ist hier der Anstieg von Emissionen in nicht-Anhang-B-Ländern aufgrund von Emissionsminderungen in Anhang-B-Ländern bezeichnet, ausgedrückt in Prozent der Anhang-B-Reduktionen.

Der Transfer von umweltfreundlichen Technologien und Know-How, der in den Modellen nicht berücksichtigt wird, kann zu einer Verminderung des Lecks führen und kann vor allem langfristig die Verlagerung mehr als ausgleichen.

### Wege und Mittel für eine Verminderung

17. *Eine erfolgreiche Umsetzung von Minderungsmaßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen muss viele technische, wirtschaftliche, politische, kulturelle, soziale, verhaltensbedingte und/oder institutionelle Hindernisse überwinden, welche die volle Ausschöpfung der technischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Möglichkeiten dieser Massnahmen verhindern.* Die potenziellen Handlungsoptionen und die Art der Hindernisse variieren je nach Region, Sektor und Zeithorizont, was durch die Vielfalt an Verminderungskapazitäten zustande kommt. Die Armen haben in allen Ländern nur beschränkt die Möglichkeit, sich Technologien anzueignen oder ihr soziales Verhalten zu ändern – vor allem, wenn sie nicht an monetarisierten Märkten teilnehmen können. Die meisten Länder könnten von innovativen Finanzierungsmodellen und institutionellen Reformen sowie von der Aufhebung von Handelsbarrieren profitieren. In den industrialisierten Ländern liegen zukünftige Möglichkeiten in erster Linie in der Aufhebung von gesellschaftlichen und verhaltensbedingten Hindernissen, in Schwellenländern in der Kostenorientierung von Preisen, und in den Entwicklungsländern in der Kostenorientierung von Preisen, im zunehmenden Zugang zu Daten und Information, im Zugang zu fortgeschrittenen Technologien, finanziellen Ressourcen und Ausbildung sowie im Aufbau von einheimischem Know-How. Allerdings könnte die Lösung für ein Land auch in der Überwindung einer Kombination von verschiedenen Hindernissen liegen.

18. *Nationale Reaktionen auf die Klimaveränderung können wirksamer sein, wenn sie als ganzes Portfolio von politischen Instrumenten zur Begrenzung oder Verminderung der Treibhausgasemissionen eingesetzt werden.* Ein Portfolio von nationalen politischen Klimainstrumenten kann – je nach nationalen Umständen – folgendes beinhalten: Emissions-, Kohlenstoff- oder Energiesteuern, handelbare und nicht handelbare Lizenzen, Einführung und/oder Aufhebung von Subventionen, Pfandsysteme, technische oder Leistungsstandards, Auflagen zum Energiemix, Produkteverbote, freiwillige Selbstverpflichtungen, Staatsausgaben und –investitionen sowie Unterstützung für Forschung und Entwicklung. Jede Regierung kann verschiedene Evaluationskriterien anwenden, was zu verschiedenen Portfolios führt. Die Literatur gibt im allgemeinen keinem politischen Instrument den Vorzug. Marktkonforme Instrumente können in vielen Fällen kostengünstig sein, vor allem wo Strukturen zu deren Abwicklung bereitstehen. Standards zur Energieeffizienz und zum effizienten Betrieb sind weit verbreitet, können in vielen Ländern wirksam angewendet werden und gehen oft marktkonformen Instrumenten voraus. Freiwillige Selbstverpflichtungen kamen in letzter Zeit vermehrt zur Anwendung, manchmal der

Einführung von verbindlicheren Massnahmen vorausgehend. Informationskampagnen, Ökolabels und grünes Marketing (green marketing) – als Einzelmassnahme oder in Kombination mit Subventionen als Anreiz – werden zunehmend als Instrumente hervorgehoben, die das Verhalten von Konsumenten und Produzenten beeinflussen können. Staatliche und/oder privat unterstützte Forschung und Entwicklung sind wichtig, um die langfristige Anwendung und den Transfer von Emissionsminderungstechnologien über das heutige Markt- oder wirtschaftliche Potenzial hinaus voranzutreiben.

19. *Die Verminderung der Klimaänderung kann gesteigert werden, wenn klimapolitische Überlegungen in die Entwicklung nationaler und sektoraler Strategien ausserhalb des Klimabereichs eingebunden und Klimastrategien als umfassende Übergangsstrategien formuliert werden, die zu denjenigen langfristigen sozialen und technologischen Veränderungen führen, die sowohl für eine nachhaltige Entwicklung wie auch für eine Verminderung der Klimaänderung erforderlich sind.* Genauso wie Klimastrategien Sekundärnutzen für die Wohlfahrtsentwicklung haben können, so können auch nicht-klimaspezifische Strategien positive Auswirkungen auf das Klima haben. Es kann möglich sein, Treibhausgasemissionen signifikant zu reduzieren, indem klimaspezifische Zielsetzungen via generelle sozioökonomische Ziele verfolgt werden. In vielen Ländern kann die Kohlenstoffintensität von Energiesystemen variieren, in Abhängigkeit von umfassenderen Programmen zur Entwicklung der Energieinfrastruktur, zur Preisgestaltung und zu Steuerstrategien. Besonders die Einführung von modernen, umweltfreundlichen Technologien kann Gelegenheit für eine ökologisch vernünftige Entwicklung bieten und gleichzeitig treibhausgasintensive Aktivitäten verhindern. Diese Entwicklung kann gezielt durch den Transfer solcher Technologien in KMUs gefördert werden. Darüber hinaus kann der Einbezug von Sekundärnutzen in umfassende nationale Entwicklungsstrategien die politischen und institutionellen Hindernisse für klimaspezifische Massnahmen vermindern.

20. *Koordiniertes Handeln zwischen Ländern und Sektoren kann dazu beitragen, die Minderungskosten zu reduzieren, Fragen zum Wettbewerb direkt anzusprechen, sowie mögliche Konflikte mit internationalen Handelsregelungen und Kohlenstofflecks zu erleichtern. Eine Gruppe von Ländern, die ihre kollektiven Treibhausgasemissionen begrenzen will, könnte übereinkommen, gut geplante internationale Instrumente einzusetzen.* Instrumente, die in diesem Bericht bewertet werden und die im Kyoto-Protokoll ausgeführt sind, sind Handel mit Emissionen, Joint Implementation und der Clean Development Mechanism (CDM). Andere internationale Instrumente, die ebenfalls in diesem Bericht beurteilt werden, enthalten koordinierte oder harmonisierte Emissions-, Kohlenstoff- oder Energiesteuern, Technologie- und Produktstandards, Selbstverpflichtungen mit Industriezweigen, direkten Transfer von finanziellen Ressourcen und Technologie sowie die koordinierte Gestaltung von Rahmenbedingungen,

wie zum Beispiel die Reduktion von Subventionen für fossile Brennstoffe. Einige dieser Instrumente wurden bisher nur von einigen Regionen in Betracht gezogen.

21. *Die Entscheidungsfindung im Bereich der Klimaänderung ist im Wesentlichen ein schrittweiser Prozess unter den Bedingungen allgemeiner Unsicherheit.* Die Literatur zum Thema legt nahe, dass ein vorsichtiges Risikomanagement eine sorgfältige Abwägung der (umweltrelevanten und wirtschaftlichen) Konsequenzen sowie eine Abschätzung über ihre Eintrittswahrscheinlichkeit und über die gesellschaftliche Einstellung gegenüber Risiken erfordert. Letztere variiert wahrscheinlich von Land zu Land und vielleicht sogar von Generation zu Generation. Dieser Bericht bekräftigt deshalb das Ergebnis des SAR, dass bessere Information über die Prozesse der Klimaänderung, deren Auswirkungen und die Reaktionen der Gesellschaft wahrscheinlich sehr wertvoll ist. Momentan werden Entscheidungen über kurzfristige Klimastrategien getroffen, während über das zu erstrebende Niveau der Treibhausgaskonzentrationen noch diskutiert wird. Die Literatur legt eine Schritt-für-Schritt-Lösung nahe, die auf eine Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration abzielt. Das wird auch eine Gratwanderung zwischen ungenügendem oder übertriebenem Handeln bedeuten. Die entscheidende Frage ist nicht "was ist der beste Weg in den nächsten 100 Jahren", sondern vielmehr "was ist der beste Weg in nächster Zukunft angesichts der erwarteten langfristigen Klimaveränderungen und den damit einhergehenden Unsicherheiten".

22. *Dieser Bericht bestätigt das Ergebnis des SAR, dass frühes Handeln – einschliesslich einem Portfolio von Minderungsstrategien, der Entwicklung von Technologien und der Reduktion von wissenschaftlicher Unsicherheit – die Flexibilität bezüglich einer Entwicklung hin zu einer Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration erhöhen. Der gewünschte Mix von Optionen variiert mit Zeit und Ort.* Seit dem SAR fertiggestellte wirtschaftliche Modellstudien weisen darauf hin, dass ein gradueller, kurzfristiger Übergang vom heutigen globalen Energiesystem hin zu einer weniger kohlenstoffintensiven Wirtschaft die Kosten minimiert, die mit einer vorzeitigen Ausserbetriebsetzung des bestehenden Kapitalstocks verbunden sind. Ein solcher Übergang bietet auch Zeit für die Entwicklung von Technologien und verhindert eine zu frühzeitige Festlegung auf frühe Versionen von sich schnell entwickelnden emissionsarmen Technologien. Andererseits würde schnelleres kurzfristiges Handeln ökologische und menschliche Risiken vermindern, die mit schnellen Klimaveränderungen verbunden sind.

Dies würde auch den schnelleren Einsatz bestehender emissionsarmer Technologien stimulieren, würde erhebliche kurzfristige Anreize für künftige technologische Veränderungen bieten, die ein Festfahren auf kohlenstoffintensive Technologien verhindern helfen können, und würde es erlauben, die Ziele später zu straffen, sollte dies im Lichte des sich entwickelnden wissenschaftlichen Verständnisses als wünschbar erachtet werden.

23. *Es gibt einen Zusammenhang zwischen der ökologischen Wirksamkeit eines internationalen Regimes, der Kostenwirksamkeit von Klimastrategien und der Gerechtigkeit des Übereinkommens.* Jedes internationale Regime (z.B. eine Konvention) kann so geplant werden, dass seine Wirksamkeit und seine Gerechtigkeit verbessert werden können. Die hier evaluierte Literatur über die Bildung von Koalitionen in internationalen Regimes stellt verschiedene Strategien vor, die diese Ziele unterstützen. Dazu gehört die Frage, mit welchen angemessenen Verteilungen erforderlicher Anstrengungen und Anreizsysteme die Attraktivität eines Regimes für ein potenzielles Beitrittsland gesteigert werden kann. Analysen und Verhandlungen konzentrieren sich oft auf eine Reduktion von Systemkosten – die Literatur anerkennt jedoch auch, dass die Entwicklung eines Regimes, das im Klimabereich wirksam greift, sich auch mit nachhaltiger Entwicklung und mit nicht-wirtschaftlichen Fragen befassen muss.

### Wissenslücken

24. *Seit dem letzten IPCC-Wissenstandsbericht (SAR) wurden Fortschritte erzielt im Verständnis von wissenschaftlichen, technischen, umweltrelevanten, wirtschaftlichen und sozialen Aspekten einer Verminderung der Klimaänderung. Allerdings ist weitere Forschung notwendig, einschliesslich Forschung in Entwicklungsländern, um künftige Wissenstandsberichte weiter zu untermauern und Unsicherheiten so weit als möglich zu reduzieren, damit genügend Information vorliegt, auf die politische Klimastrategien abgestützt werden können.*

*Folgende Forschungsbereiche haben eine hohe Priorität, um die Lücke zwischen bestehendem Wissen und dem Bedarf zur Entwicklung politischer Strategien zu schliessen:*

- *Weitere Erforschung der regional-, länder- und sektorspezifischen Potenziale von technologischen und gesellschaftlichen Innovationsoptionen.* Das beinhaltet die Erforschung des kurz-, mittel- und langfristigen Minderungspotenzials und der Kosten von CO<sub>2</sub> und Nicht-CO<sub>2</sub>-Gasen, die Erforschung von Minderungsoptionen ausserhalb des Energiebereichs, die Weiterentwicklung des Verständnisses zur Diffusion von Technologien über verschiedene Regionen hinweg, die Identifizierung von Handlungsmöglichkeiten im Bereich von gesellschaftlichen Innovationen, die zu verminderten Treibhausgasemissionen führen, eine umfassende Analyse der Auswirkung von Minderungsmassnahmen auf Kohlenstoffflüsse in und aus dem terrestrischen System, sowie gewisse grundlegende Forschung im geotechnischen Bereich.
- *Wirtschaftliche, soziale und institutionelle Fragen, die im Zusammenhang mit einer Verminderung der Klimaveränderung in allen Ländern stehen.* Prioritäre Bereiche umfassen: Die Analyse von regionalspezifischen Minderungsoptionen und Hemmnissen, die Folgerungen aus Studien über Gerechtigkeit, angemessene Methoden und verbesserte Daten für die Analysen zur Verminderung der Klimaänderung und den Ausbau von Fähigkeiten und Institutionen im Bereich integrierter Bewertungsmethoden sowie die Stärkung künftiger Forschung und deren Evaluation, besonders in den Entwicklungsländern.
- *Methodologien zur Analyse des Potenzials von Minderungsoptionen und den damit verbundenen Kosten, unter besonderer Beachtung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse.* Beispiele dazu sind: Charakterisierung und Messung von Hemmnissen, die Minderungsmassnahmen von Treibhausgasen blockieren, konsistentere und reproduzierbarere Gestaltung von und verbesserter Zugang zu Modellen zur Simulation von Emissionsverminderungen, Lernen von Modellertechnik, Verbesserung der analytischen Werkzeuge zur Evaluation von Sekundärnutzen, z.B. die Anrechnung der Kosten einer Verminderung auf Treibhausgase und andere Emissionen, systematische Analyse der Abhängigkeit der Kosten von den Referenzszenarien für verschiedene Szenarien zur Stabilisierung von Treibhausgasen, Entwicklung eines analytischen Rahmens zur Entscheidungsfindung bei Unsicherheit oder bei sozioökonomischen und umweltrelevanten Risiken bei der Ausarbeitung von Klimastrategien, Verbesserung der globalen Modelle und Studien und deren Grundannahmen sowie Konsistenz in der Behandlung und Berichterstattung über nicht-Anhang-I-Länder und Regionen.
- *Die Evaluation von Optionen zur Verminderung der Klimaveränderung im Zusammenhang mit Entwicklung, Nachhaltigkeit und Gleichheit.* Beispiele dazu sind: Erforschung von alternativen Entwicklungspfaden, einschliesslich nachhaltigen Konsumationsmustern in allen Sektoren – auch im Verkehrssektor; ganzheitlicher Analyse von Emissionsminderungs- und Anpassungsstrategien; Identifizierung von Synergiemöglichkeiten zwischen klimaspezifischen Strategien und generellen Strategien, die eine nachhaltige Entwicklung fördern; Integration vom Gerechtigkeitsprinzip innerhalb und zwischen Generationen in den Analysen zur Verminderung der Klimaänderung; Analyse von wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Folgerungen von Optionen unter Einbezug eines breiten Spektrums von Stabilisierungskonzepten.