

---

## 3. Strategien zur Abschwächung der Klimaänderung

---

Im dritten Kapitel sind die für die Schweiz wichtigsten Aussagen der Arbeitsgruppe III des dritten Wissensstandsberichts (TAR) des IPCC zusammengefasst. Im Bericht der Arbeitsgruppe III werden auf über 700 Seiten die wissenschaftlichen, technischen, umweltrelevanten, wirtschaftlichen und sozialen Aspekte einer Abschwächung der Klimaänderung behandelt. Abschätzungen der Unsicherheiten werden keine gemacht.

Im Rahmen dieser Zusammenfassung werden die technischen und biologischen Möglichkeiten zur Reduktion der Treibhausgasemissionen, Hemmnisse und Marktunvollkommenheiten in der Umsetzung, politische Massnahmen und Instrumente sowie die Kosten einer Reduktion behandelt. Die Strategien zur Abschwächung der Klimaänderung umfassen lokale, nationale und internationale Massnahmen. Die Aussagen in diesem Kapitel sind vorwiegend allgemeiner Natur.

### 3.1. Technisches Potential zur Reduktion der Emissionen

**Das technische und ökonomische Potential zur Reduktion der Treibhausgasemissionen ist genügend gross, um die jährlichen, globalen Emissionen bis 2020 auf dem Emissionsniveau von 2000 zu stabilisieren. Fehlende ökonomische Anreize und ausbleibende politische Massnahmen erschweren oft seine Nutzung.**

In den SRES-Szenarien (vgl. Kapitel 1.4) spielt der technische Fortschritt eine entscheidende Rolle für die künftige Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Möglichkeiten zur Reduktion der Treibhausgasemissionen in den nächsten 10 bis 20 Jahren bestehen zum Beispiel in folgenden Bereichen:

#### **Wohn- und Dienstleistungsgebäude:**

Möglichkeiten zur Emissionsreduktion bieten der Einsatz energieeffizienter Technologien bei Raumheizung und Klimatisierung, die integrale Gebäudeplanung, die Reduktion der *Stand-by*-Verluste von Geräten und Anlagen und die dezentrale Energieversorgung.

#### **Transport und Mobilität:**

Ein grosses Potential im Bereich Mobilität bieten neue Technologien wie Hybrid-Antriebe für Fahrzeuge in der Stadt, Brennstoffzellen und Biotreibstoffe. Zum Beispiel könnte durch kombinierte Anwendung neuer Technologien der Wirkungsgrad von Lastwagen um bis zu 60% verbessert werden. Billige Treibstoffe sowie steigendes Gewicht, steigende Motorleistung und sinkende Auslastung der PKWs wirken der Nutzung dieser Potentiale entgegen.

#### **Industrie:**

Die wichtigste Möglichkeit zur Reduktion der Treibhausgasemissionen ist die Steigerung der Energieeffizienz. Ein erhebliches Potential besteht in der Energiesubstitution durch emissionsarme und emissionsfreie Energieträger. Verbesserte Effizienz des Materials durch angepasstes Produktdesign sowie Recycling (Wiederverwertung von Material) und Kaskadennutzung (Wiederverwendung eines Produkts) sind weitere Möglichkeiten.

**Abfallbewirtschaftung:**

Möglichkeiten zur Reduktion der Treibhausgasemissionen in der Abfallwirtschaft bieten die Förderung des Recyclings, das Kompostieren und Vergären in Kleinanlagen sowie neue Technologien bei der Verbrennung. Reduktionsmassnahmen in der Abwasserbehandlung sind zum Beispiel die Reduktion der Abwassermengen, die Schlammbehandlung unter Sauerstoffausschluss und die Nutzung des entstehenden Klärgases (Methan) zur Wärme- und Stromgewinnung.

**Energieversorgung:**

Bei der Nutzung fossiler Energieträger für die Stromproduktion bestehen Reduktionspotentiale vor allem im Einsatz von Gas- und Dampfturbinen, Wärme-Kraft-Kopplungen und Brennstoffzellen. Dem vermehrten Einsatz der Kernenergie stehen Fragen der Wirtschaftlichkeit, das fehlende öffentliche Vertrauen in die Sicherheit der Anlagen sowie die ungelöste Langzeitlagerung der Abfälle im Weg. Bei den erneuerbaren Energien bleibt die Wasserelektrizität die Technologie, die am weitesten entwickelt ist. Bei der Nutzung von Biomasse ist die Technologie zur Vergasung nahe der Wirtschaftlichkeitsschwelle. Methanolgewinnung aus Holz ist der einzige wirtschaftliche Weg zur Herstellung flüssiger Biobrennstoffe. Die Nutzung der Sonnenenergie durch Photovoltaik ist nur in Nischenmärkten konkurrenzfähig. Investitionen in Grossanlagen sind nötig, um die Herstellungspreise zu senken.

**3.2. Reduktion der CO<sub>2</sub>-Konzentration durch Kohlenstoffsinken**

**Durch menschliche Aktivitäten wird die Kapazität globaler Kohlenstoffspeicher von Landökosystemen verändert. Massnahmen, die solche Speicher erhalten oder vergrössern, können kurz- bis mittelfristig zur Abschwächung der Klimaänderung beitragen. Der Ersatz fossiler Brennstoffe durch CO<sub>2</sub>-neutrale Biomasse reduziert die CO<sub>2</sub>-Emissionen.**

Durch die Umwandlung natürlicher Ökosysteme in landwirtschaftlich genutztes Land wurden bis heute rund 120 GtC in die Atmosphäre abgegeben. In Europa und den USA hat sich dieser Prozess mittlerweile umgekehrt, die Ökosysteme nehmen heute einige wenige Prozent des durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen ausgestossenen CO<sub>2</sub> auf und wirken so als so genannte Kohlenstoffsinken. Gründe für diese Umkehrung sind die Ausweitung der Waldgebiete in diesen beiden Regionen und der jährliche Holzzuwachs, der die Holzerntemengen übersteigt. In den Tropen hingegen wird heute durch Landnutzungsänderungen unter dem Strich CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre abgegeben: in den 1990er Jahren waren es ungefähr 1.6 GtC pro Jahr, was etwa 20% der jährlichen globalen, vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen entspricht. (Vgl. Kapitel 2.3.)

**Drei mögliche biologische Massnahmen:**

Es gibt drei biologische Ansätze zur gezielten Reduktion des Anstiegs der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre: Den Schutz existierender Kohlenstoffspeicher und die Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, die zusätzliche Einbindung von Kohlenstoff in Biomasse sowie die Substitution fossiler Brennstoffe oder energieintensiver Produkte durch (CO<sub>2</sub>-neutrale) Biomasse.

## Technisches Potential für die Treibhausgasreduktion in der Schweiz

Die in den letzten Jahren durchgeführten Analysen (z.B. die Programme „Energie 2000“ und „EnergieSchweiz“ des Bundesrates und die Studie „CH50%“ der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften, SATW) ermöglichen eine fundierte Abschätzung des Potentials der Treibhausgasreduktionen in der Schweiz. Nachfrageseitige Massnahmen für das effizientere Erbringen von Energiedienstleistungen, die Steigerung der Effizienz entlang der Energieumwandlungsketten, die Substitution zwischen den fossilen Primärenergieträgern und der Einbezug erneuerbarer Primärenergien können dazu beitragen.

Im Bereich der Privathaushalte lässt sich der Bedarf an Raumwärme durch bauliche Massnahmen (Isolation, klimaangepasste Bauweise) drastisch senken. Der vermehrte Einsatz von Erdgas, Wärmepumpenheizungen und Fernwärme kann den CO<sub>2</sub>-Ausstoss progressiv verringern. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmebereitstellung wurde im Rahmen von „Energie 2000“ um rund 2% gesteigert, wobei Holz und Biomasse aus KVA den weitaus wichtigsten Beitrag leisteten. Insgesamt wird, unter der Annahme steigender Energiepreise, eine Senkung des Verbrauches fossiler Energieträger bis 2040 auf deutlich weniger als 50% für möglich gehalten („CH50%“).

Für die Industrie stellte die Energie immer schon einen wichtigen Kostenfaktor dar. Kostengünstige Massnahmen wurden deshalb bereits ergriffen und das Reduktionspotential ist entsprechend geringer. Trotzdem sieht die SATW bei steigender realer Wertschöpfung eine Senkung der Treibhausgasemissionen vor allem durch Effizienzgewinne bei verschiedenen Prozessschritten um 20% bis 2020 als realistisch an. Im Bereich Gewerbe, Landwirtschaft und Dienstleistungen wurden in den letzten Jahren die Effizienzsteigerungen durch gesteigerten Energiebedarf kompensiert, welcher u.a. von höheren Komfortansprüchen und der zunehmenden Informatisierung herrührt. Im Bereich der Dienstleistungsgebäude sind bei der Raumwärme ähnliche Massnahmen möglich wie im privaten Sektor; die dezentrale Elektrizitätserzeugung mit Brennstoffzellen und Kraft-Wärme-Kopplung bietet hier ein grosses Potential. Zusätzlich existiert noch viel Raum für Innovation bei der Steigerung der Effizienz von Geräten. Insgesamt erscheint in diesem Sektor eine Halbierung des Verbrauches fossiler Energieträger bis 2020 als technisch möglich.

Der Verkehrssektor ist in der Schweiz für ca. 35% des Verbrauches an fossilen Energieträgern verantwortlich. Während beim Güterverkehr die Verbrauchsoptimierung schon immer einen ökonomischen Faktor darstellte und der Luftverkehr als schwer zu beeinflussen gilt, wird das grösste Potential für Treibhausgasreduktionen beim Personen-Landverkehr geortet. Nachfrageseitige Massnahmen, wie Änderungen in der Siedlungsstruktur oder im Freizeit-Mobilitätsverhalten, sind realistisch mit grossen Zeitkonstanten verknüpft. Die Änderung des Modalsplits durch partielle Umlagerung des Verkehrs von Personen- und Lastkraftwagen auf die Bahn kann den Treibstoffverbrauch signifikant senken. Den absolut und prozentual grössten Beitrag liefern technische Massnahmen innerhalb des Sektors des motorisierten Individualverkehrs. Innovationen am Fahrzeug (Leichtbauweise, Aerodynamik, Rollwiderstand) reduzieren den Bedarf an mechanischer Energie. Durch den Einsatz von Erdgasmotoren oder Dieselmotoren mit modernster Abgasentstickung und Partikelfiltertechnik lässt sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoss im Vergleich zum äquivalenten Benzinmotor um ca. 15% senken.

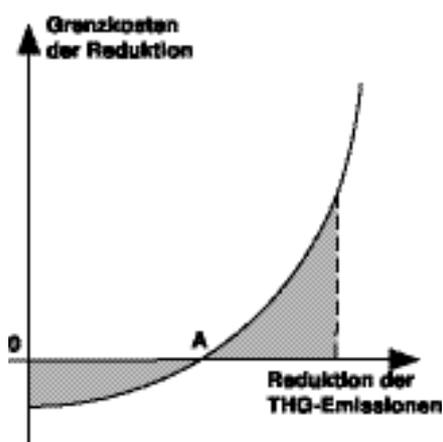
Änderungen in der Fahrzeugflotte erfolgen mit der Zeitskala einer durchschnittlichen Lebensdauer der Fahrzeuge. Einer drastischen Senkung des Verbrauches von Neufahrzeugen, verbunden mit der Realisierung von Niedrigstmissionskonzepten, kommt daher höchste Priorität zu. Längerfristig werden, besonders bei gleichzeitiger Einbindung von Treibstoffen aus erneuerbaren Energien, Brennstoffzellen attraktiv. Zusammenfassend kommt die Studie „CH50%“ zum Schluss, dass trotz der erwarteten absoluten Steigerung der Verkehrsnachfrage bis 2020 das technische Potential für eine Halbierung des fossilen Energieverbrauches im Verkehrssektor besteht.

*Prof. Alexander Wokaun*

### Wälder mit grossem Potential:

Von den Landökosystemen bietet der Forstsektor das grösste Potential zur Einbindung von Kohlenstoff und zur Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Waldschutz und Aufforstungen können einen grossen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Zudem könnte durch verbessertes Waldmanagement global bis 2010 eine Emissionsreduktion von 0.17 GtC pro Jahr und bis 2040 von 0.7 GtC pro Jahr erreicht werden. Dies würde bis 2010 ungefähr 3%, bis 2040 etwa 12% der globalen, vom Menschen dannzumal verursachten Treibhausgasemissionen entsprechen.

Klimaschutzmassnahmen im Forstsektor sind relativ billig. Kostenschätzungen für einzelne Projekte liegen zwischen 1 und 7 USD/tC. Solche Abschätzungen sind für Hochrechnungen allerdings ungeeignet. Modelle, die die Opportunitätskosten von Massnahmen und die zunehmenden Grenzkosten (Abbildung 11) im Falle grossflächig durchgeführter Klimaschutzprojekte berücksichtigen, kommen auf Kosten von 20 bis 100 USD/tC. Waldschutzprojekte sind aber auch mit Sekundärnutzen verbunden (z.B. Schutz der Artenvielfalt, Regulierung des Wasserhaushaltes, Bodenschutz, Lawinen- und Murenschutz).



**Abbildung 11:** Grenzkosten der Reduktion der Treibhausgasemissionen. Die Gesamtkosten ergeben sich als Fläche unter der Kurve. Sofern die Reduktionen gesamthaft kleiner als A sind, bleiben die Grenzkosten negativ, d.h., eine zusätzliche Reduktionseinheit lohnt sich. Wenn die gesamten Reduktionen grösser sind als A, werden die Grenzkosten positiv, d.h., eine zusätzliche Reduktionseinheit lohnt sich wirtschaftlich nicht.

### 3.3. Hemmnisse und Marktunvollkommenheiten

**Hemmnisse und Marktunvollkommenheiten behindern die Verbreitung von Technologien und Verfahrensweisen. Diese können durch geeignete Politiken und Massnahmen teilweise beseitigt werden.**

Die Verbreitung von Technologien und Verfahren, die zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen führen, wird oft durch Hemmnisse und Marktunvollkommenheiten behindert. Diese sind meist länder- und sektorspezifisch. Zu den generellen Ursachen von Hemmnissen gehören der suboptimale technologische Fortschritt wegen fehlender Anreize, verzerrter Marktpreise und fehlender Märkte für Umweltgüter (z.B. Markt für CO<sub>2</sub>-Emissionszertifikate), Handelsschranken, ineffiziente institutionelle Rahmenbedingungen, Informationsdefizite und soziokulturelle

Verhaltensnormen. Wichtige Hemmnisse in Industrieländern sind der moderne Lebensstil, der viel CO<sub>2</sub> produziert, ressourcenintensive Konsummuster, soziale Strukturen, hohe Fixkosten von Energie- und Verkehrsinfrastrukturen und falsche Anreize (z.B. Energiesubventionen).

Durch geeignete Politiken, Programme und Massnahmen können Hemmnisse zumindest teilweise beseitigt werden, so dass die Lücke zwischen Marktpotentialen von Technologien und Verfahrensweisen einerseits und dem wirtschaftlichen, sozioökonomischen und technischen Potential andererseits verringert oder beseitigt wird.

### 3.4. Instrumente und Massnahmen

**Zur Reduktion der Treibhausgase stehen zahlreiche politische Optionen zur Auswahl, die sowohl Stärken als auch Schwächen aufweisen. Ein breites Portfolio von Massnahmen ermöglicht eine erfolgreiche Klimapolitik. International sollten die Massnahmen und politischen Strategien koordiniert und harmonisiert werden.**

#### **Klimapolitische Massnahmen auf Länderebene:**

Auf Länderebene stehen zahlreiche Massnahmen und Instrumente zur Verfügung, um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Dazu gehören Lenkungsabgaben auf Emissionen und/oder Energie, handelbare Emissionszertifikate, Subventionen, Vorschriften für technische Produkt- und Prozessstandards, Verbote von Stoffen und Produkten, freiwillige Vereinbarungen und Zielverpflichtungen sowie Informations- und Ausbildungsprogramme. Wichtige Kriterien für die Beurteilung dieser Instrumente sind ihre ökologische Wirksamkeit, die Kosteneffizienz, die politische Machbarkeit, der administrative Aufwand, die wirtschaftlichen Auswirkungen und die Wirkung auf Innovation und Technologiewandel.

Lenkungsabgaben, handelbare Emissionszertifikate und Subventionen werden als marktwirtschaftliche Instrumente bezeichnet. Sie sind oft kosteneffizienter als andere Massnahmen. Lenkungsabgaben und handelbare Zertifikate werden gegenüber Subventionen vorgezogen, weil Letztere oft auch dort verteilt werden, wo sie eigentlich nicht gebraucht werden. Ohne internationale Harmonisierung können marktwirtschaftliche Instrumente kurzfristig zu einer Verschlechterung der wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit eines Staates führen.

Standards und Vorschriften sind wirksam und kommen bei einem neu auftretenden umweltpolitischen Handlungsbedarf oft als erste Massnahme zur Anwendung. Freiwillige Vereinbarungen und Verpflichtungen sind neuere Instrumente. Ihre Kosteneffizienz und ihre Wirksamkeit sind noch wenig untersucht. Informations- und Ausbildungsprogramme, insbesondere auch Labels, gewinnen an Bedeutung und tragen zur Überwindung von Marktversagen und Informationsbarrieren sowie zur Bewusstseinsbildung und zu Verhaltensänderungen der einzelnen Akteure bei.

#### **Kombination verschiedener Massnahmen:**

Mit einem Portfolio verschiedener Massnahmen können die gleichzeitig wirksamen Hemmnisse und Marktunvollkommenheiten in einem bestimmten Anwendungsbereich auch gleichzeitig überwunden werden. Die Frage nach dem optimalen Mix ist wissenschaftlich nicht ableitbar, weil die jeweiligen Bedingungen der Akteure nicht vollständig analysierbar sind. In vielen Fällen führt eine Kombination von marktwirtschaftlichen Instrumenten, Standards und Informationsprogrammen (bei

politischer Akzeptanz ergänzt mit gezielten Anreizsubventionen, z.B. für erneuerbare Energien) zu einer ökologisch und wirtschaftlich befriedigenden Lösung. Freiwillige Vereinbarungen können eine solche Strategie ergänzen bzw. ihr zeitlich vorausgehen. Für eine kosteneffiziente Reduktion der Treibhausgase sind Lenkungsabgaben oder handelbare Zertifikate als generelle Rahmenbedingung häufig sinnvoll, um die wirtschaftlichen Potentiale zu erhöhen und die externen Kosten in die Preise zu integrieren.

### **Zusammenspiel mit anderen Politikbereichen:**

Andere Politikbereiche (z.B. Finanz-, Verkehrs-, Siedlungs- und Technologiepolitik) und aktuelle Politiktrends (Liberalisierung der Energiemärkte und die politische Diskussion um die Zukunft einer globalisierten Wirtschaft) können die Entwicklung der Treibhausgasemissionen positiv und/oder negativ beeinflussen. Umgekehrt haben auch klimapolitische Massnahmen einen Rückkopplungseffekt auf andere Politikbereiche. Immer mehr Studien und Simulationen weisen auf ein grosses Synergiepotential zwischen dem Umweltschutz und der Steuerpolitik hin. Eine Verknüpfung dieser beiden Bereiche, z.B. im Rahmen einer ökologischen Steuerreform, kann gleichzeitig die Effizienz des Klimaschutzes und des Steuersystems verbessern, wenn z.B. die Einnahmen zur Verminderung wachstumshemmender Steuern wiederverwendet werden (doppelte Dividende).

### **Internationale flexible Mechanismen:**

International sollten Massnahmen und politische Strategien angepasst und harmonisiert werden, um gleichzeitig die Effizienz der Massnahmen zu verbessern, die Kosten zu senken und Wettbewerbsverzerrungen, Handelskonflikte und unerwünschte Emissionsverlagerungen zu vermeiden. Wichtige Instrumente für die Harmonisierung sind die so genannten flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls. Dazu zählen internationale Klimaschutzprojekte (*Joint Implementation* [JI], *Clean Development Mechanism* [CDM]) und der Handel mit Emissionsrechten (*International Emission Trading* [IET]). Diese Instrumente können zu einer globalen Angleichung der Grenzkosten (Abbildung 11) für die Vermeidung von Treibhausgasen führen und so die weltweiten Kosten für die Reduktion der Treibhausgase deutlich senken. Damit das Kosteneinsparpotential der internationalen Instrumente genutzt werden kann, müssen die einzelnen Staaten die flexiblen Mechanismen aus dem Kyoto-Protokoll in ihre nationale Klimapolitik einbeziehen und den Wirtschaftsakteuren den Zugang zu diesen Instrumenten und Märkten erschliessen.

Wirksame und glaubwürdige flexible Mechanismen verlangen griffige und kontrollierbare Regeln und Modalitäten, welche den Missbrauch verhindern, die ökologische Integrität garantieren und unnötige Bürokratie vermeiden. Neben den flexiblen Mechanismen sind das Bereitstellen umweltfreundlicher Technologien und die Vermittlung von *Know-how* in Entwicklungsländern die wichtigsten Elemente einer globalen Strategie zum Schutz des Klimas.

### **Wirtschaftliches Potential der Klimapolitik**

Die Klimapolitik wird nicht selten mit zusätzlichen Kosten und volkswirtschaftlichen Belastungen assoziiert. Fasst man alle klimapolitisch induzierten ökonomischen Veränderungen zusammen, dürfte sich die Erwartung zusätzlicher Kosten als Fehleinschätzung erweisen:

- Es gibt eine grosse Zahl rentabler Möglichkeiten zur Steigerung der Energieeffizienz, die wegen verschiedenen Hemmnissen und Marktunvollkommenheiten – auch in der Schweiz – nicht genutzt werden. Dieses ungenutzte Potential dürfte in der Grössenordnung von mehreren hundert Mio. CHF pro Jahr liegen.
- Mehr Energieeffizienz reduziert die Aufwendungen für Energieimporte der Schweiz (derzeit ca. 4 Mrd. CHF) und induziert zusätzliche inländische Produktion von Industriegütern, Bau- und Dienstleistungen, d.h. zusätzliche Beschäftigung, auch in den Bergkantonen und ländlichen Gebieten.
- Mehr Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer Energien erhöhen auch das Know-how der Schweizer Technologieproduzenten und der produktbegleitenden Dienstleister, deren Exportumsatz 1999 rund 1,5 Mrd. CHF betrug und bei günstiger Wettbewerbsposition (first mover) binnen 10 Jahren sich mehr als verdreifachen könnte.
- Der intensive Export ressourcenschonender Güter und Dienstleistungen aus den Industrieländern beschleunigt den Prozess des Umwelt- und Klimaschutzes in den Schwellen- und Entwicklungsländern, deren Treibhausgasemissionen dadurch langsamer ansteigen, ebenso deren externe Kosten durch geringere Emissionen konventioneller Luftschadstoffe.
- Der verminderte globale Anstieg der Treibhausgasemissionen und deren weltweite Stagnation binnen der nächsten 20 Jahre würde die Anpassungsinvestitionen durch schwächere Formen der Klimaänderung begrenzen, z.B. in der Schweiz geringere Investitionen für Lawinen-, Murgang- und Hochwasserschutz, geringere Umstrukturierungsinvestitionen in Wintertourismusgebieten bei geringerer Kapitalvernichtung, geringer steigende Versicherungsprämien für Naturkatastrophen.

In der Zusammenfassung der Arbeitsgruppe III wird vermutet, dass der Saldo dieser Kosten und Nutzen eher ein volkswirtschaftlicher Gewinn sein dürfte.

*Prof. Eberhard Jochem*

## **3.5. Kosten der Abschwächung der Klimaänderung**

**Die Kosten der Massnahmen zur Abschwächung der Klimaänderung spielen eine zentrale Rolle bei der Festlegung der angestrebten Ziele und bei der wirtschaftlichen Wirksamkeit der Klimapolitik. Flexibilität kann die Kosten der Reduktion der Treibhausgase entscheidend senken. Die Kosten hängen stark von der Möglichkeit ab, Emissionszertifikate auf internationaler Ebene zu handeln.**

### **Eigenheiten der Länder beeinflussen Kosten:**

Bei sonst gleichen Bedingungen sind die Kosten für diejenigen Länder höher, die weniger von fossilen Brennstoffen abhängig sind. Beispielsweise hat eine Wirtschaft, die bereits stark auf Hydro- und Nuklearenergie beruht (wie die Schweiz), weniger Möglichkeiten, diese Energieträger mit weniger CO<sub>2</sub>-intensiven Energien zu ersetzen.

### **Kosten variieren mit den Zielen:**

Studien für verschiedene Regionen der OECD beziffern die Kosten zur Erreichung der Ziele des Kyoto-Protokolls zwischen 0.2 und 2% (eine Mehrheit der Studien gar auf weniger als 1%) des Bruttoinlandsprodukts (BIP) im Jahre 2010, was über einen Zeitraum von 10 bis 12 Jahren ungefähr einer Wachstumseinbusse von 0.02 bis 0.2% pro Jahr entspricht. Zum Vergleich: In den meisten entwickelten Ländern machen die jährlichen Umweltausgaben 1 bis 2% des BIP aus. Die Kosten für das

Ziel, die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre bei 450 ppm zu stabilisieren, sind höher als bei einer Stabilisierung bei 750 ppm, mit einer starken Zunahme zwischen 550 und 450 ppm.

### **Manche Instrumente senken Kosten:**

Die Kosten der Klimapolitik können gesenkt oder gar vermieden werden, sofern von folgenden Möglichkeiten Gebrauch gemacht wird: *No-Regrets*-Politiken (Massnahmen, die an und für sich wirtschaftlich sind, wie z.B. das Streichen der Subventionen auf fossilen Brennstoffen, die aber wegen Marktversagen und Informationsbarrieren kaum ergriffen werden); die Berücksichtigung von Sekundärnutzen (beispielsweise die Nutzen für die Gesundheit, die lokal aus der Reduktion der Luftverschmutzung hervorgehen, vgl. Kapitel 2.4); die doppelte Dividende bei Instrumenten, die auf Steuereinnahmen beruhen (beispielsweise die Verwendung der Einnahmen aus Lenkungsabgaben zur Reduktion von Steuern mit stark verzerrender Wirkung) sowie die internationalen flexiblen Mechanismen (JI, CDM und IET). Die Untersuchungen zeigen, dass die Instrumente, die auf Abgaben beruhen, bei richtiger Anwendung am wirksamsten sind, um die Kosten zu minimieren.

### **Steuer- und Energiesysteme beeinflussen Kosten:**

Es besteht kein enger Zusammenhang zwischen der Höhe einer CO<sub>2</sub>-Abgabe, die nötig ist, um eine angestrebte Emissionsreduktion zu erreichen, und den resultierenden Einbussen des BIP. Im Allgemeinen sind die CO<sub>2</sub>-Abgaben in den europäischen OECD-Ländern und Japan am höchsten, während die resultierenden BIP-Verluste in den USA und den übrigen OECD-Ländern am höchsten sind. Das Fehlen eines Zusammenhangs kann mit den bestehenden Strukturen des Steuer- und Energiesystems dieser Länder und den ökonomischen Besonderheiten ihrer Strukturen und Politiken erklärt werden.

Wegen des relativ grösseren Anteils der Energiekosten in Haushalten mit niederen Einkommen sind die Auswirkungen einer CO<sub>2</sub>-Abgabe für untere Einkommensschichten verhältnismässig gross. Dieser unerwünschte Effekt kann durch Rückerstattung der Steuereinnahmen an die unteren Einkommensschichten vollumfänglich oder teilweise kompensiert werden.

### **Flexibilität senkt Kosten:**

Je mehr Flexibilität, desto tiefer die Kosten und umgekehrt. Flexibilität wird im Kyoto-Protokoll durch die flexiblen Mechanismen (JI, CDM und IET), die Möglichkeit der Anrechnung von CO<sub>2</sub>-Senken, den Einbezug weiterer Treibhausgase neben CO<sub>2</sub> und durch eine Verpflichtungsperiode von 5 Jahren (statt nur einem Jahr) geschaffen. Die Modelle neigen allerdings manchmal zur Überschätzung des Sparpotentials der flexiblen Massnahmen, weil sie die Transaktions-, Umsetzungs- und Kontrollkosten nicht berücksichtigen.

Die Möglichkeit, mit Emissionsrechten auf internationaler Ebene zu handeln, kann die Kosten der Treibhausgasreduktion senken. Alle Studien weisen sowohl auf makroökonomischer als auch auf sektorieller Ebene auf bedeutende Kosteneinsparungen hin, wenn die Grösse dieses Marktes zunimmt. Für den auf die Länder des Annex B des Kyoto-Protokolls limitierten Markt belaufen sich die Kosten zur Erreichung der Kyoto-Ziele über ein Jahrzehnt auf eine Reduktion des BIP von 1%. Die nationalen Grenzkosten (Abbildung 11), die ohne Handel bis auf 600 USD/tC steigen können, verringern sich somit auf 150 USD/tC. Studien, die auch die Schweiz einbeziehen, bestätigen dieses Resultat. Einschränkungen des internationalen Marktes oder der Umsetzung des weltweiten Handels können die wirtschaftliche Wirksamkeit der Massnahmen reduzieren.

Die Kosten und Nutzen klimapolitischer Massnahmen hängen vor allem von der Anzahl der Mitgliedsstaaten internationaler Abkommen sowie der Höhe der eingegangenen Verpflichtungen zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen ab. Es kann klimapolitisch sinnvoll sein, internationale Klimaabkommen mit Teilabkommen zu beginnen und diese durch geeignete Anreize auf andere Länder auszuweiten.

### **Gewinner und Verlierer:**

Die erwarteten Gewinner der Strategien zur Abschwächung der Klimaänderung sind namentlich die Sektoren der erneuerbaren Ressourcen (inkl. Hydroelektrizität), der Dienstleistungen, der Landwirtschaft und der emissionsenkenden Technologien. Zu den erwarteten Verlierern gehören die Kohle- und eventuell Erdölindustrie sowie energieintensive Sektoren wie z.B. die Chemie und die Metallindustrie. Die Verluste zeigen sich oft in Form einer reduzierten Wachstumsrate des jeweiligen Sektors. Viele Untersuchungen neigen aber dazu, die Kosten zu überschätzen. Oft werden Faktoren vernachlässigt, welche die negativen Wirkungen für die betroffenen Sektoren vermindern können. Werden den kohlenstoffintensiven Industrien Erleichterungen eingeräumt, um die negativen Wirkungen zu vermindern, so werden die Kosten für andere Sektoren sowie die Gesamtkosten viel höher sein.