

### 3 GLOBALER KLIMAWANDEL

#### Kurzfassung

Vor allem in den 90er Jahren sind bereits deutliche Änderungen wesentlicher klimatologischer Größen festzustellen, wie die Zunahme der mittleren globalen Temperatur an der Erdoberfläche, die Niederschlagsmenge und die Häufigkeit von extremen Wetterereignissen, deren Schäden bereits spürbar sind.

In Österreich äußern sich diese Trends u. a. in einem Rückgang der Schneebedeckung sowie der Gletscher. Modellrechnungen lassen erwarten, dass sich diese Entwicklungen fortsetzen und verstärken werden. Die Wissenschaftler sind mittlerweile überwiegend der Ansicht, dass diese Trends vor allem auf die durch den Menschen verursachten Emissionen der Treibhausgase zurückzuführen sind, wenn auch genauere quantitative Angaben über den anthropogenen Beitrag noch nicht gesichert sind. Treibhausgase beeinflussen die Energieflüsse in der Atmosphäre durch die Absorption von Infrarot-Strahlung. Die wichtigsten vom Menschen verursachten Emissionen der Treibhausgase sind **Kohlendioxid** (CO<sub>2</sub>), **Methan** (CH<sub>4</sub>) und **Lachgas** (N<sub>2</sub>O).

Zu etwa 2/3 trägt der Anstieg der Konzentration von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) zum zusätzlichen anthropogenen Treibhauseffekt bei. Dieser Anstieg ist wiederum etwa zu 4/5 auf die Emissionen aus dem Einsatz fossiler Energieträger und zu 1/5 auf die Abholzung vor allem tropischer Wälder zurückzuführen.

Die Emissionen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) nehmen – bezogen auf die Emissionen des Jahres 1990<sup>1</sup> – in den meisten westlichen Industriestaaten sowie auch global weiter zu. Damit werden sowohl das von Wissenschaftlern aufgestellte Toronto-Ziel<sup>2</sup> als auch die Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen gemäß dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) deutlich verfehlt werden. Lediglich in einigen ehemaligen Ostblockstaaten wie z. B. in Russland (bedingt durch die Umstellung von Plan- auf Marktwirtschaft), in Deutschland (bedingt durch die Wiedervereinigung), in Großbritannien (bedingt durch den Umstieg von Kohle auf Gas) und Luxemburg (bedingt durch die Umstrukturierung der Eisenproduktion) ist eine Abnahme der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verzeichnen. Werden keine speziellen emissionsmindernden Maßnahmen eingeleitet, ist global mit einem weiteren Anstieg der Emissionen zumindest in den kommenden 40 Jahren zu rechnen. Etwas günstiger ist die Trendentwicklung, wenn neben CO<sub>2</sub> auch Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Methan (CH<sub>4</sub>) berücksichtigt werden.

In Österreich nahmen die CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1990 bis 1999 um 5,9 % zu, jene der sechs im Kyoto-Protokoll vorgesehenen Treibhausgase (Kohlendioxid, Methan, Lachgas, Hydrogenfluorkohlenwasserstoffe, Perfluorkohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid) um 2,6 %. Die folgende Abbildung verdeutlicht die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Österreich vor dem Hintergrund der globalen Emissionsentwicklungen.

Dank der bestehenden technologischen Möglichkeiten könnte schon derzeit eine Umkehr des Anstiegs der Emissionen erreicht werden. Mittlerweile haben eine Reihe von Industriestaaten Maßnahmenpläne zur Erfüllung der sogenannten Kyoto-Ziele<sup>3</sup> ausgearbeitet. Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) hat gemeinsam mit anderen Ministerien und den Ländern für Österreich einen derartigen Maßnahmenplan auf Ebene der Beamten ausgearbeitet. Findet dieser Plan auch die erforderliche politische Unterstützung, würde Österreich vor allem durch Maßnahmen im eigenen Land sein Minderungsziel (minus 13 %, bezogen auf die Emissionen des Jahres 1990) erfüllen. Die damit verbundenen Investitionen würden für manche Industriezweige (z. B. Forstwirtschaft, Herstellung von Biomassekesseln, Bauwirtschaft) einen beträchtlichen Aufschwung bedeuten. Zusätzlich soll auch von den sogenannten Kyoto-Mechanismen (Emissionshandel, gemeinsame Projekte mit Industriestaaten – Joint Implementation und mit Entwicklungsländern – Clean Development Mechanism) in beschränktem Umfang Gebrauch gemacht werden.

<sup>1</sup> Das Jahr 1990 wurde als Bezugsjahr sowohl in der Klimarahmenkonvention als auch im Kyoto-Protokoll festgelegt.

<sup>2</sup> Absenkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Jahres 1988 bis zum Jahr 2005 um 20 %.

<sup>3</sup> Im Kyoto-Protokoll zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen haben die Industriestaaten im Jahr 1997 in Kyoto (Japan) unterschiedliche Emissionsbegrenzungs- bzw. -reduktionsverpflichtungen auf Basis 1990 bis zur Zielperiode 2008-2012 vereinbart.

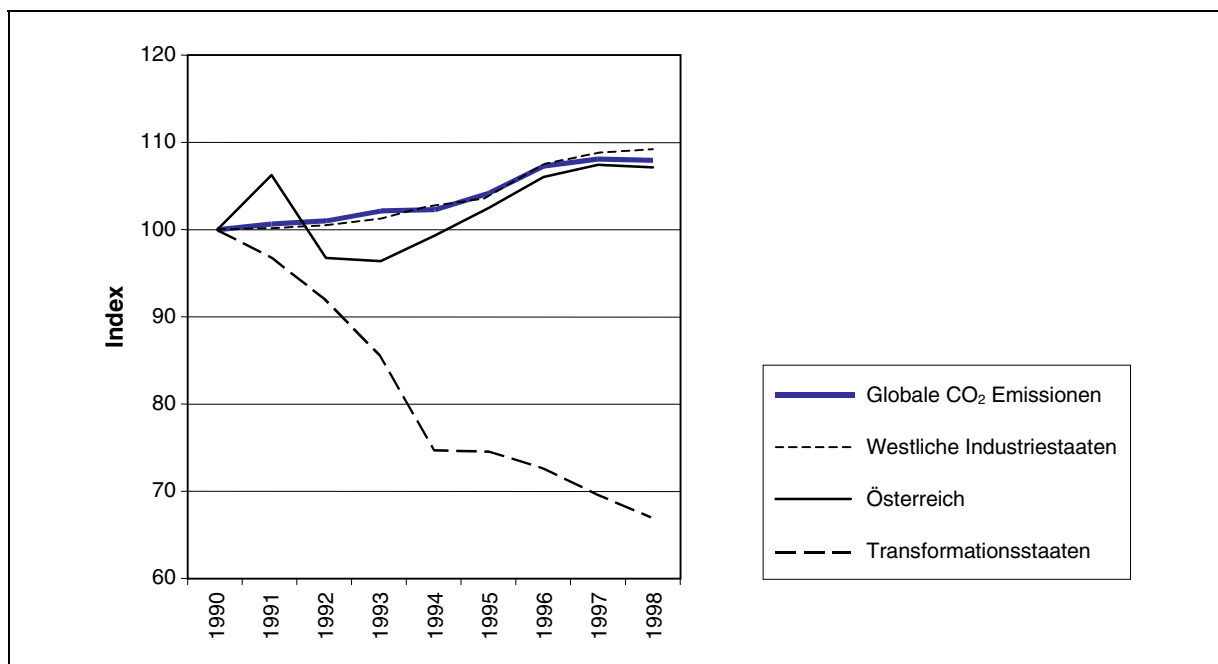


Abb. A: CO<sub>2</sub>-Emissionen global, der westlichen Industriestaaten, der Transformationsstaaten und Österreichs.  
 Anmerkung: Die Abbildung zeigt den globalen Trend der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger sowie jenen der westlichen Industriestaaten und der Transformationsstaaten. Die Daten sind der International Energy Agency – IEA (2000) entnommen. Die Daten für Österreich umfassen hingegen alle CO<sub>2</sub>-Emissionen (nicht nur jene aus der Verbrennung fossiler Energieträger).

Die Ratifizierung des Kyoto-Protokolls ist als wesentlicher nächster Schritt der Industriestaaten zu sehen. Die Umsetzung des Kyoto-Protokolls würde die Industriestaaten zwingen, nicht nur das Wachstum der Emissionen an Treibhausgasen weiter einzuschränken, sondern die Emissionen gegenüber dem derzeitigen Niveau bzw. gegenüber dem Niveau von 1990 zu verringern. So sieht das Kyoto-Protokoll für alle Industriestaaten eine Emissionsminderung gegenüber den Emissionen des Jahres 1990 um 5,2 % vor. Die Europäische Union hat sich zu einer Minderung um 8 % verpflichtet und Österreich (im Rahmen der EU-internen Lastenaufteilung) sogar zu minus 13 %.

Ohne Zweifel wird die Erfüllung des Kyoto-Protokolls für die meisten Industriestaaten, darunter auch Österreich, mit erheblichen Investitionen verbunden sein. Das Ausmaß der tatsächlichen Emissionsminderung ist letztlich das Ergebnis eines politischen Prozesses, welcher neben dem Klimaschutz auch von zahlreichen anderen Faktoren (wie Gleichheitsfragen zwischen Regionen und Generationen) bestimmt wird. Die Kosten der Emissionsminderung sind noch sehr unbestimmt, da wesentliche Bestimmungen noch zu beschließen sind. Diesbezüglich wurden wesentliche Beschlüsse von der 6. Vertragsstaatenkonferenz (November 2000, Den Haag) erwartet. Da keine Einigung zwischen den USA und der EU u. a. bezüglich des zulässigen Beitrags der Senken (vor allem Bindung von CO<sub>2</sub> auf Kulturflächen) und zwischen den Industriestaaten und Entwicklungsländern bezüglich der finanziellen Unterstützung letzterer erreicht werden konnte, ist die Kostenfrage somit noch immer ungeklärt.

Immer deutlicher wird jedoch, dass die erforderlichen Investitionen nicht nur einen deutlichen Rückgang der Emissionen an Treibhausgasen bewirken, sondern zahlreiche andere positive Umwelteffekte (z. B. Verringerung der Emissionen an „klassischen“ Luftschadstoffen wie Stickstoffoxiden, Schwefeldioxid, Staub) und sonstige Effekte haben (z. B. Verringerung der Abhängigkeit von teuren Importen fossiler Energieträger).

Werden keine weiteren emissionsmindernden Maßnahmen beschlossen und umgesetzt, welche über die bereits beschlossenen und in Umsetzung befindlichen Maßnahmen hinausgehen, so ist mit großer Wahrscheinlichkeit mit bisher nicht angenommenen Auswirkungen von katastrophalem Ausmaß zu rechnen. So wird auf Grund von einigen Modellrechnungen erwartet, dass das grönländische Inlandeis abschmilzt (es handelt sich dabei allerdings um einen sehr langsamen Prozess, welcher sich über

viele Jahrhunderte erstrecken wird), der Meeresspiegel dadurch letztlich im Mittel um 5-7 m ansteigen und der Golfstrom sich deutlich innerhalb der kommenden Jahrzehnte abschwächen wird. Die Minderung des anthropogen verursachten Treibhauseffektes ist somit als eine der größten gesellschaftlichen Herausforderungen für die nächsten Jahrzehnte auf dem Gebiet des Umweltschutzes zu sehen.

### 3.1 Emissionen von Treibhausgasen

Dieser Abschnitt beschreibt die Emissionen jener vom Menschen verursachten Treibhausgase, für die im Kyoto-Protokoll Emissionsbegrenzungs- bzw. -reduktionsverpflichtungen vorgesehen sind. Diese Gase umfassen: CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid) sowie die Non-CO<sub>2</sub> Treibhausgase CH<sub>4</sub> (Methan), N<sub>2</sub>O (Lachgas), H-FKW (Hydrogenfluorkohlenwasserstoffe), P-FKW (Perfluorkohlenwasserstoffe) und SF<sub>6</sub> (Schwefelhexafluorid). Zunächst wird die Entwicklung der Emissionen in Österreich und in der Europäischen Union dargestellt, anschließend wird ein Überblick der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Industriestaaten<sup>4</sup> sowie global gegeben.

#### 3.1.1 Österreich

In Österreich betragen 1999 die Emissionen der sechs im Kyoto-Protokoll vorgesehenen Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, H-FKW, P-FKW, SF<sub>6</sub>, ohne Emissionen der Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) 79,2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Damit lagen sie 2 Mio. Tonnen (2,6 %) über dem Wert des Basisjahres (1990 für CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O; 1995 für die Fluorierten Gase). Abbildung 1 zeigt, dass 1999 die CO<sub>2</sub>-Emissionen 83 % der österreichischen Treibhausgas-Emissionen ausmachten; ihr Anteil erhöhte sich gegenüber dem Basisjahr um 2,5 Prozentpunkte. Die CH<sub>4</sub>-Emissionen betragen 12 % der österreichischen Treibhausgas-Emissionen, was einer Reduktion um 2,6 Prozentpunkte gegenüber dem Basisjahr entsprach. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen machten 2,9 % der Treibhausgas-Emissionen aus, die Fluorierten Gase 2,1 %.

**CO<sub>2</sub>-Emissionen:** 1999 lagen die österreichischen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei 65,8 Mio. Tonnen und damit 3,6 Mio. Tonnen (5,9 %) über dem Niveau von 1990. Im Jahr 1999 stammten rund 77 % der österreichischen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger. In zwei Sektoren stiegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 1990 (Verkehr +30 %, Industrie +16,1 %), während die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Kleinverbrauch<sup>5</sup> (-2,2 %) und der Energiewirtschaft (-8,1 %) zwischen 1990 und 1999 sanken.

**CH<sub>4</sub>-Emissionen:** Zwischen 1990 und 1999 fielen die österreichischen CH<sub>4</sub>-Emissionen konstant und lagen 1999 15,5 % (1,7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente) unter dem Niveau von 1990. Die wichtigsten Quellen sind Abfall und Landwirtschaft, die für 54,5 % bzw. 41,3 % der CH<sub>4</sub>-Emissionen verantwortlich sind; beide Sektoren zeigen fallende Tendenz. Auch die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger sanken, nur die flüchtigen CH<sub>4</sub>-Emissionen aus Brennstoffen stiegen. Letztere betragen allerdings nur 1,2 % der österreichischen CH<sub>4</sub>-Emissionen im Jahr 1999.

**N<sub>2</sub>O-Emissionen:** N<sub>2</sub>O-Emissionen wuchsen in der ersten Hälfte der 90er Jahre beträchtlich, blieben aber seit 1994 in etwa stabil. Insgesamt stiegen sie um 12,1 % (0,2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente). Mit einem Anteil von 44,1 % an den gesamten N<sub>2</sub>O-Emissionen ist die Landwirtschaft der größte Verursacher, allerdings reduzierte sich ihr Anteil um 6 Prozentpunkte zwischen 1990 und 1999. Absolut gesehen blieben die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Landwirtschaft konstant. Der zweitwichtigste Verursacher ist der Verkehr, der seinen Anteil von 16 % auf 25,6 % erhöhte. Zwischen 1990 und 1994 stiegen die verkehrsbedingten N<sub>2</sub>O-Emissionen um 72 % aufgrund der Einführung des Katalysators.

<sup>4</sup> Europäische Union, USA, Australien, Neuseeland, Japan, Russland, Kanada, Island, Liechtenstein, Monaco, Norwegen, Schweiz, Bulgarien, Kroatien, Tschechien, Estland, Ungarn, Lettland, Litauen, Polen, Rumänien, Slowakei, Slovenien, Ukraine.

<sup>5</sup> Der Kleinverbrauch umfasst die Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger in den Haushalten, den Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben, den öffentlichen Stellen und der Landwirtschaft.

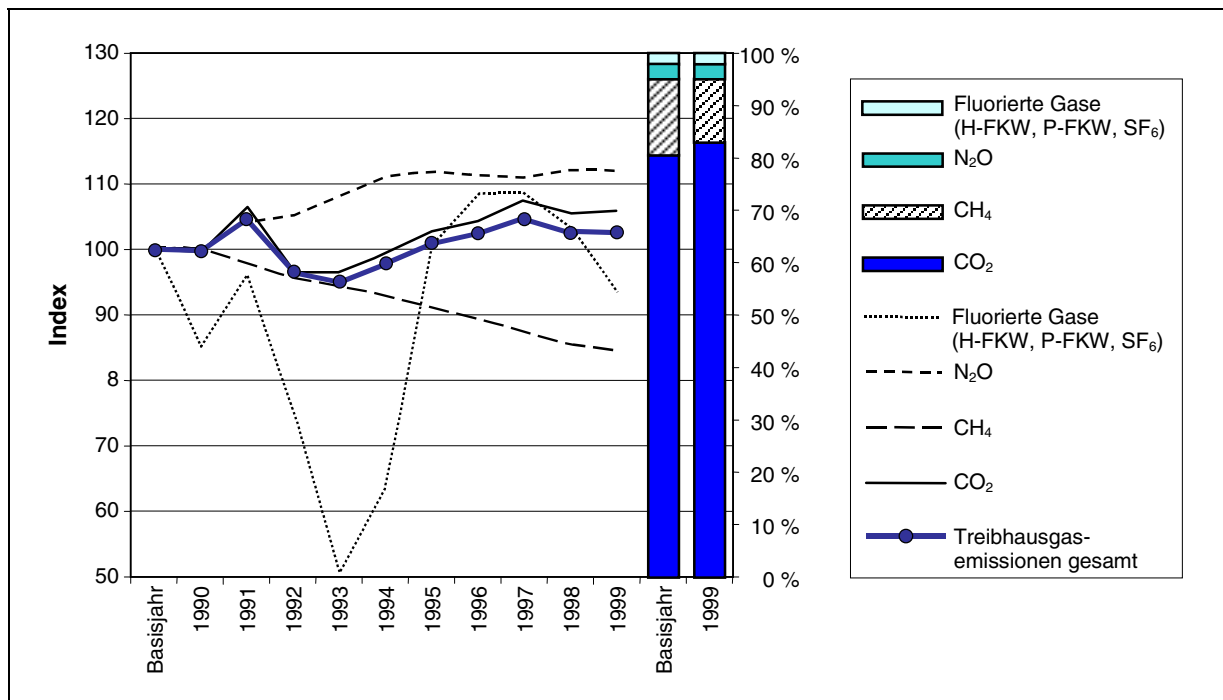


Abb. 1: Österreichische Treibhausgas-Emissionen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, H-FKW, P-FKW, SF<sub>6</sub>; ohne Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

Anmerkung: Die Abbildung zeigt die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen als Index mit Basisjahr=100 (linke Seite der Abbildung) und den prozentuellen Beitrag der Treibhausgase zu den Gesamtemissionen im Basisjahr und 1999 (rechte Seite der Abbildung). Basisjahr für CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O ist 1990, für die Fluorierten Gase 1995.

**Fluorierte Gase:** Neben den Treibhausgasen CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O werden im Kyoto-Protokoll auch noch die Fluorierten Gase erfasst, die Substanzen aus den Gruppen der Hydrogenfluorkohlenwasserstoffe (H-FKW) und der Perfluorkohlenwasserstoffe (P-FKW) sowie Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) umfassen. Die Fluorierten Gase kommen vor allem in folgenden Branchen/Produkten zum Einsatz: Kühl-, Klima-, und Kälteanlagenindustrie (H-FKW), Schaumstoffherstellung (H-FKW), Schallschutzfensterherstellung (SF<sub>6</sub>), Magnesiumproduktion (SF<sub>6</sub>), Mikroelektronikindustrie (SF<sub>6</sub>, P-FKW), Schaltanlagen in der E-Wirtschaft (SF<sub>6</sub>).

Die Emissionen der Fluorierten Gase gingen seit dem Basisjahr 1995 leicht um 0,1 Mio. Tonnen (-6,4 %) zurück; sie sind für rund 2,1 % der Treibhausgas-Emissionen der sechs „Kyotogase“ verantwortlich (vgl. Abb. 1). Die zwischen 1990 und 1999 stark schwankenden Emissionen sind das Resultat gegenläufiger Entwicklungen: Zunächst gingen die P-FKW-Emissionen Anfang der 1990er Jahre rasch zurück, was im Wesentlichen auf die Einstellung der Primäraluminiumproduktion in Österreich zurückzuführen war. 1995 stieg der Verbrauch von H-FKW sprunghaft an; diese werden vor allem als Ersatzstoffe für die ozonschädlichen FCKW und H-FCKW in Schaumstoffprodukten sowie in Kühl- und Klimageräten verwendet (vgl. Kap. 4). Seit 1996 geht insbesondere der Gebrauch von SF<sub>6</sub> als Schutzgas in der Magnesiumproduktion schrittweise zurück.

Die H-FKW hatten 1999 mit 53 % den größten Anteil an den Fluorierten Gasen, wobei hier die Emissionen zwischen 1995 und 1999 stark anstiegen (+59 %). SF<sub>6</sub> hatte 1999 einen CO<sub>2</sub>-Äquivalentanteil von 45 %, allerdings sanken die Emissionen zwischen 1995 und 1999 um 38 %. P-FKW machen nur 2 % der Fluorierten Gase aus.

## CO<sub>2</sub>-Emissionstrends und Ursachen

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen machen mehr als 80 % der österreichischen Treibhausgas-Emissionen aus, deshalb wird ihre Entwicklung etwas detaillierter dargestellt. CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen vor allem bei der Verbrennung fossiler Energieträger, die unter anderem maßgeblich von der wirtschaftlichen Entwicklung und vom Heizbedarf im Winter (der Temperaturentwicklung) beeinflusst wird.

Abbildung 2 stellt den CO<sub>2</sub>-Emissionen den Bruttoenergieverbrauch, das Wirtschaftswachstum (als Bruttoinlandsprodukt – BIP) und die Temperaturschwankungen (als Heizgradtage – HGT) gegenüber und zeigt Österreichs CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Kopf in Relation zum EU-Durchschnitt. Nach einem Höhepunkt 1991 aufgrund starken Wirtschaftswachstums und niedriger Temperaturen und nach niedrigeren CO<sub>2</sub>-Emissionen 1992 und 1993, nahmen die Emissionen bis 1997 zu. Nach einem Rückgang 1998 stiegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen 1999 wieder leicht an. Der markante Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Jahr 1992 war zum Teil auf niedrigeren Stromverbrauch generell und auf erhöhte Stromproduktion aus Wasserkraft zurückzuführen (beides führt zu einem niedrigeren Bedarf an Strom aus kalorischen Kraftwerken).

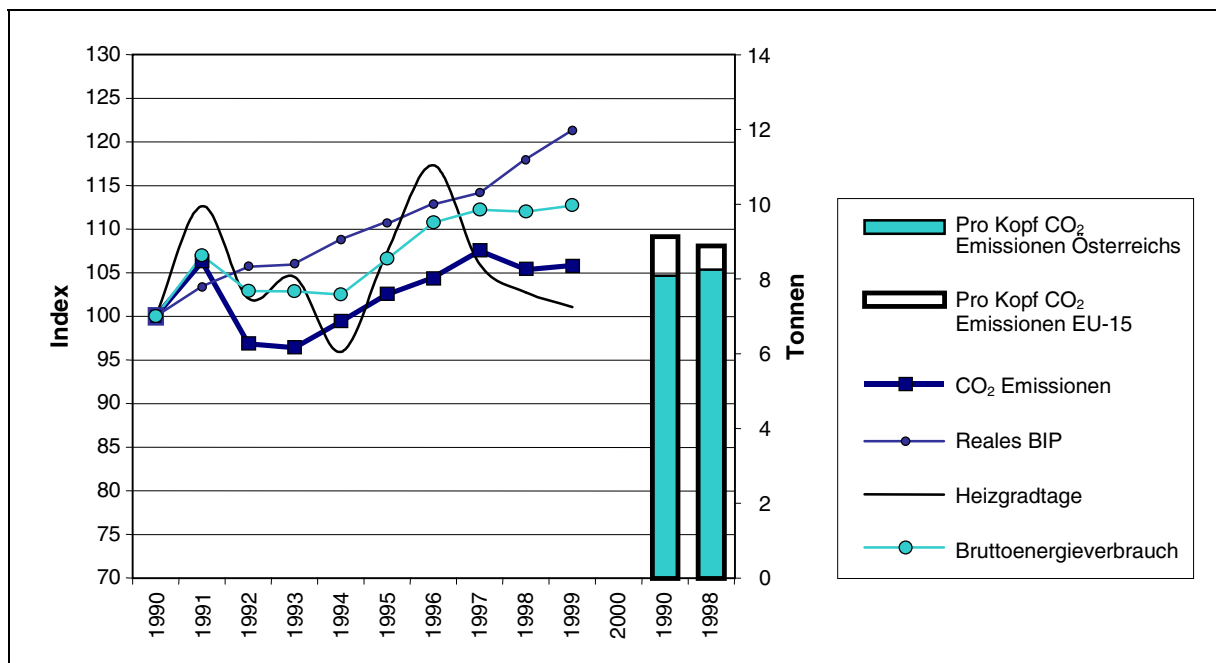


Abb. 2: Österreichische CO<sub>2</sub>-Emissionen und treibende Kräfte.

Anmerkung: Die Abbildung zeigt die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, das reale Bruttoinlandsprodukt (BIP), die Heizgradtage und den Bruttoinlandsverbrauch als Index, mit 1990=100 (linke Seite der Abbildung) und die Pro-Kopf-Emissionen in Tonnen im Vergleich zum EU-Durchschnitt (rechte Seite der Abbildung). Für die EU stehen nur Emissionsdaten bis 1998 zur Verfügung. Heizgradtage wurden dem Österreichischen Statistischen Zentralamt (OESTAT, 2000 und 1998) entnommen.

Das reale Bruttoinlandsprodukt und der Bruttoenergieverbrauch lagen 1999 21,4 % und 12,7 % über den Werten von 1990. Das bedeutet, dass sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen (mit einem Wachstum von 5,9 %) etwas vom Wirtschaftswachstum und dem Energieverbrauch entkoppelt haben. Zwischen 1990 und 1998<sup>6</sup> verringerte sich die CO<sub>2</sub>-Intensität des BIP um mehr als 10 % von 495 kg auf 440 kg per 1.000 EURO. Das ist der drittniedrigste Wert in der EU und beträchtlich unter dem EU-Durchschnitt von 545 kg. Da das Wachstum des Bruttoenergieverbrauchs ebenfalls unter dem realen Wirtschaftswachstum lag, hat sich auch die Energieintensität der österreichischen Volkswirtschaft leicht verringert.

<sup>6</sup> Für den EU-Vergleich stehen nur Daten bis 1998 zur Verfügung.

Die Pro-Kopf-Emissionen stiegen leicht von 8 Tonnen (1990) auf 8,1 Tonnen (1998) und näherten sich damit langsam dem EU-Durchschnitt von 8,9 Tonnen an.

Die Verbrennung fossiler Energieträger ist für 77 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Österreichs Abhängigkeit von fossilen Energieträgern ist nach wie vor groß; rund 76 % des Bruttoenergieverbrauchs stammen aus fossilen Energieträgern, 24 % aus erneuerbaren Quellen (vgl. Abb. 3).

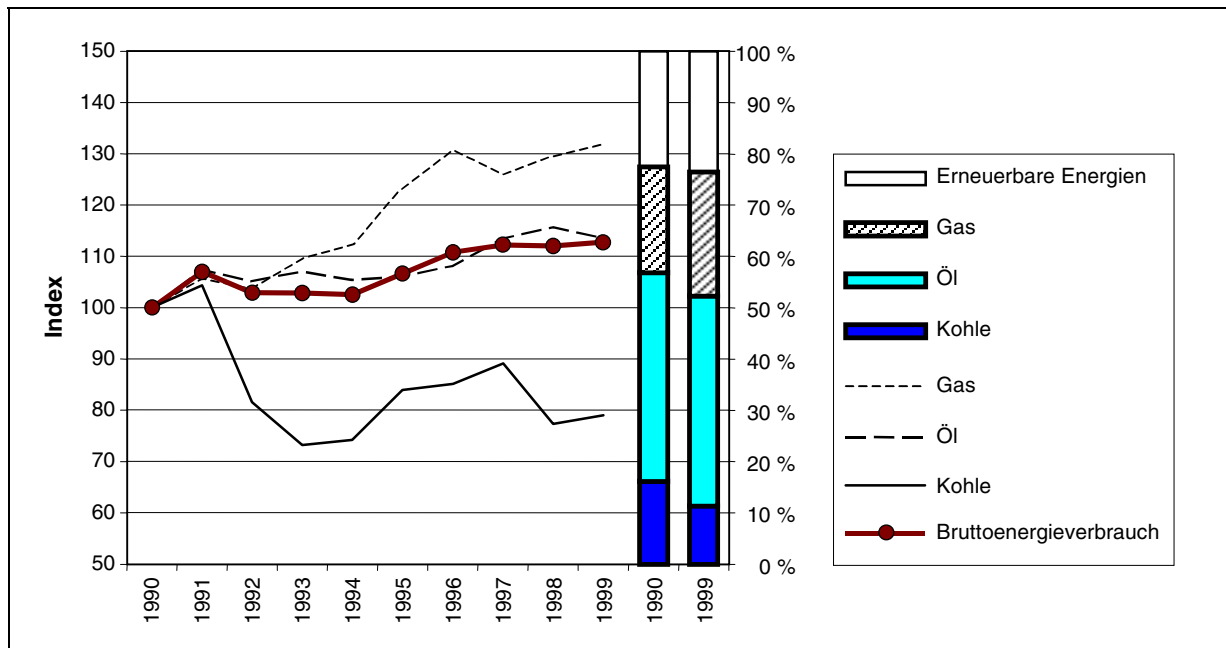


Abb. 3: Österreichs Bruttoenergieverbrauch nach fossilen Energieträgern.

Anmerkung: Die Abbildung zeigt den Trend des Bruttoenergieverbrauchs fossiler Energieträger als Index, mit 1990=100 (linke Seite der Abbildung) und den prozentuellen Anteil der fossilen Energieträger am gesamten Bruttoenergieverbrauch 1990 und 1999 (rechte Seite der Abbildung). „Erneuerbare Energien“ enthalten auch Nettostromimporte.

Öl ist mit einem Anteil von 41 % am Bruttoenergieverbrauch der wichtigste Energieträger in Österreich. Zwischen 1990 und 1999 hat der Verbrauch von Erdöl und Erdölprodukten um 14 % zugenommen, nicht zuletzt aufgrund des steigenden Verkehrsaufkommens. Der Verkehr macht fast zwei Drittel des Endenergieverbrauchs an Erdölprodukten aus.

Der Gaskonsum stieg zwischen 1990 und 1999 um 32 %, was hauptsächlich auf Zuwächse im Kleinverbrauch und in der Stromproduktion zurückzuführen war. Der Anteil des Gaskonsums am Bruttoenergieverbrauch stieg von 21 % (1990) auf 24 % (1999).

Im Gegensatz dazu hat sich der Anteil der Kohle am Bruttoenergieverbrauch zwischen 1990 und 1999 von 16 % auf 11 % reduziert, wobei insbesondere zwischen 1991 und 1993 ein starker Rückgang festzustellen war. Der Rückgang beim Kohleverbrauch nach 1991 ist zum Teil auf den geringeren Verbrauch in den Kraftwerken zurückzuführen. Dieser kam durch einen niedrigeren Stromverbrauch generell, aber auch durch im Vergleich zu den Vorjahren eine höhere Stromproduktion aus Wasserkraft zustande. Der Anstieg von 1993 bis 1997 ist neben dem vermehrten Einsatz von Kohle in Kraftwerken auch der Stahlkonjunktur zuzuschreiben. 1998 sank der Kohleverbrauch in den Industrieöfen sehr stark.

Der Verbrauch von erneuerbaren Energien stieg um 18 % zwischen 1990 und 1999; Wasserkraft ist für etwa 12 % des Bruttoenergieverbrauchs verantwortlich.

### CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren

Da die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen mehr als drei Viertel aller CO<sub>2</sub>-Emissionen ausmachen, werden sie im Folgenden etwas detaillierter dargestellt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Anteil des Verkehrs und der Industrie an den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 1990 und 1999 zunahm, während jener der Energiewirtschaft und des Kleinverbrauchs abnahm (vgl. Abb. 4).

**Verkehr:** Der Verkehrssektor ist der größte Emittent in Österreich und für 26,8 % aller CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich (vgl. auch Kap. 11.5.3.1). Die relative Bedeutung des Verkehrssektors im internationalen Vergleich kommt zum einen dadurch zustande, dass die Energiewirtschaft einen relativ geringen Anteil an den CO<sub>2</sub>-Emissionen hält. Zum anderen sind die Emissionen in den vergangenen Jahren rasch angestiegen: zwischen 1990 und 1999 stiegen die verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 30 % (4,1 Mio. Tonnen); bis 1998 betrug der Zuwachs 23,5 %, was deutlich über dem EU-Durchschnitt von 15,3 % lag. Auch die Motorisierungsrate, die zwischen 1990 und 1997 um 20,9 % anstieg, lag 1997 mit 469 Kraftfahrzeugen pro 1.000 Einwohner über dem EU-Durchschnitt (454 Kfz pro 1.000 Einwohner) (EUROPEAN COMMISSIONS, 1999).

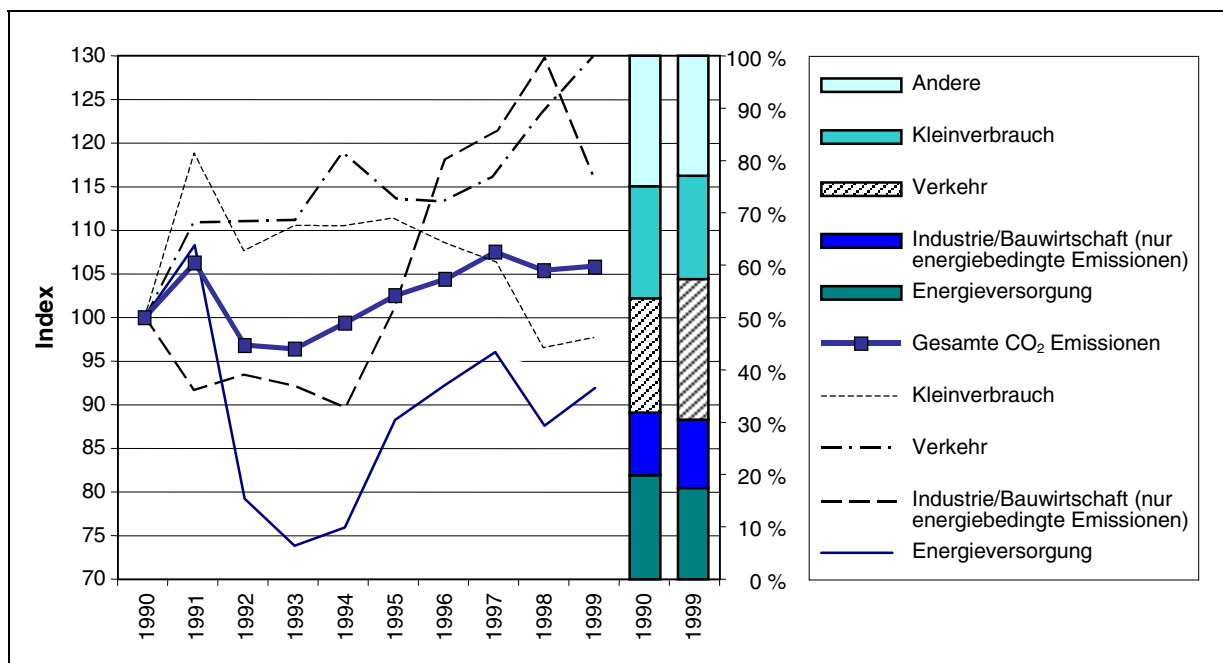


Abb. 4: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren (exkl. Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

Anmerkung: Die Abbildung zeigt den Trend der sektoralen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger als Index, mit 1990=100 (linke Seite der Abbildung) und den prozentuellen Anteil der Sektoren an den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990 und 1999 (rechte Seite der Abbildung). Die Sektorbezeichnungen folgen den UNFCCC CRF-Quellenkategorien außer „Kleinverbrauch“ (bezeichnet die CRF Kategorie 1A4) und „Andere“ (beinhaltet alle anderen CRF-Kategorien – auch die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie).

**Kleinverbrauch:** Der zweitgrößte Sektor ist der Kleinverbrauch (vor allem Haushalte und Gewerbe) mit einem Anteil von 19,8 % an den CO<sub>2</sub>-Emissionen. In absoluten Zahlen fielen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Kleinverbrauch um 0,3 Mio. Tonnen (-2,2 %). Allerdings sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Haushalte in den 90er Jahren sehr wohl angestiegen. Dieser Anstieg ist auf die wachsende Zahl der Wohnungen und die zunehmenden Wohnungsgrößen zurückzuführen, was höheren Wärmestandards und Effizienzsteigerungen bei Heizungen und Warmwasserproduktion in Neubauten entgegenwirkt.

**Energiewirtschaft:** Die Energiewirtschaft war 1999 für 17,3 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich und hat ihre Emissionen zwischen 1990 und 1999 um 8,1 % oder 1 Mio. Tonnen reduziert. Der im internationalen Vergleich relativ kleine Anteil der Energiewirtschaft an den CO<sub>2</sub>-Emissionen ist auf

den hohen Anteil der erneuerbaren Energieträger an der Stromproduktion zurückzuführen (rund zwei Drittel des Stroms stammen aus Wasserkraft).

**Industrie und Bauwirtschaft:** Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie sind zwischen 1990 und 1999 um 1,2 Mio. Tonnen (16,1 %) gestiegen. Ihr Anteil an den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen lag 1999 mit 13,1 % deutlich über dem Wert von 1990. Wenn auch die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen (18,2 %) mit einbezogen werden, die in Abbildung 4 nicht extra ausgewiesen sind, beträgt der Anteil der Industrie 31,3 % an den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen.

**Österreichs Emissionsziele:** Österreich hat sich im sogenannten "burden sharing agreement"<sup>7</sup> gegenüber den anderen EU-Staaten verpflichtet, seine Treibhausgas-Emissionen bis zur Zielperiode 2008-2012 um 13 % zu reduzieren. Mit dem Anstieg von 2,6 % der Treibhausgas-Emissionen lag Österreich im Jahr 1998 nach Dänemark am weitesten von seinem Zielwert entfernt. Abbildung 5 zeigt, dass drei EU-Staaten ihre Treibhausgas-Emissionen zwischen 1990 und 1998 reduzieren konnten (Luxemburg, Deutschland, Großbritannien), während alle anderen Staaten zum Teil beträchtliche Zuwächse verzeichneten. Die Mitgliedstaaten Spanien, Irland, Portugal und Griechenland wiesen Zuwachsraten von mehr als 10 % auf, allerdings wurden ihnen im "burden sharing agreement" auch Zuwächse bis zur Kyoto-Zielperiode 2008-2012 zugestanden.

Gemäß der Klimarahmenkonvention und der Rio-Deklaration hat sich Österreich zum Ziel gesetzt, seine CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2000 auf dem Niveau von 1990 zu stabilisieren. Da 1999 die österreichischen CO<sub>2</sub>-Emissionen 5,9 % über dem Niveau von 1990 bzw. dem Zielwert für 2000 lagen, ist es aus derzeitiger Sicht nicht sehr wahrscheinlich, dass dieses Ziel erfüllt werden wird.

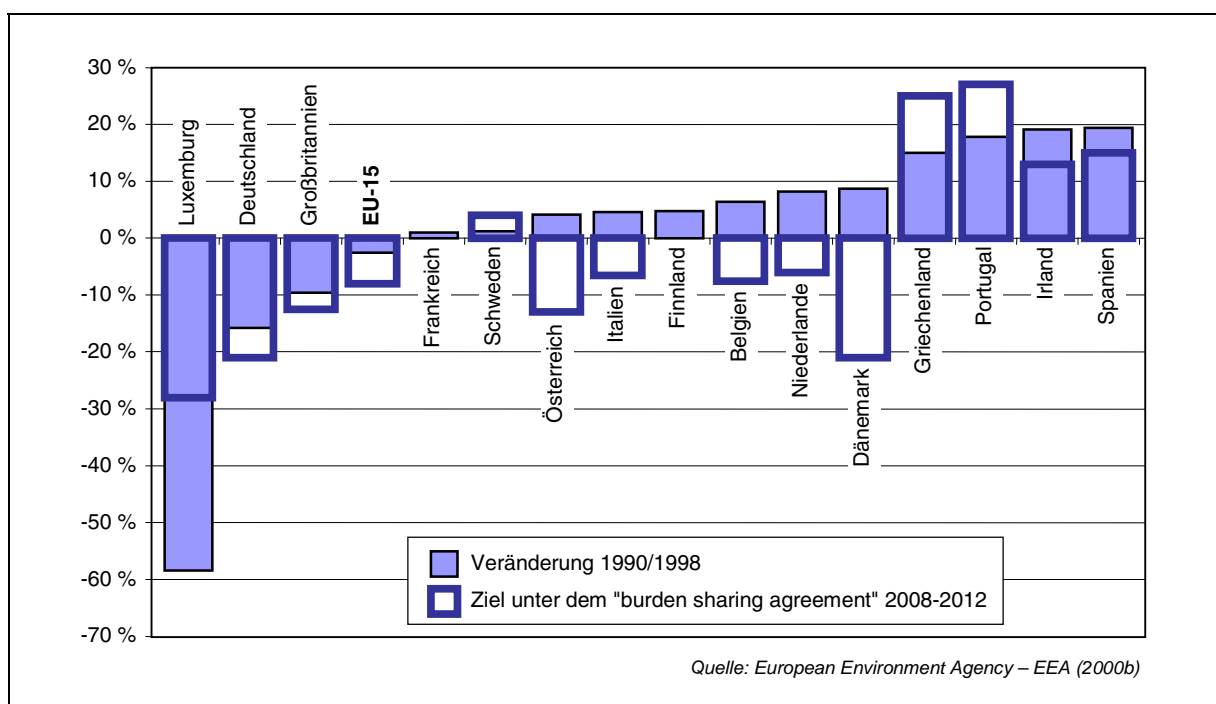


Abb. 5: Veränderung der Treibhausgas-Emissionen der EU-Staaten zwischen 1990 und 1998 in Relation zu den Zielen 2008-2012 (ohne Fluorierte Gase und Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

<sup>7</sup> Schlussfolgerungen des Rates der Europäischen Umweltminister vom 16. Juni 1998.

### 3.1.2 Europäische Union

1998 betrug die Treibhausgas-Emissionen<sup>8</sup> in der EU 4.046 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente, was einer Reduktion um 104 Mio. Tonnen oder 2,5 % zwischen 1990 und 1998 entspricht (vgl. Abb. 6 und Tab. 1). Rund 82 % der EU-Treibhausgas-Emissionen sind CO<sub>2</sub>-Emissionen; CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen machen jeweils rund 9 % der Treibhausgase aus. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen blieben zwischen 1990 und 1998 fast stabil und betrug 1998 etwa 3.328 Mio. Tonnen (+7 Mio. Tonnen oder +0,2 %). CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen betrug 364 Mio. Tonnen bzw. 354 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente, was einem Rückgang von 16,5 % bzw. 9,9 % zwischen 1990 und 1998 entsprach.

Damit lag die Europäische Union insgesamt auf Kurs zur Erreichung ihrer Ziele für 2000 (Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf dem Wert von 1990) und 2008-2012 (Kyoto-Ziel – Reduktion der Treibhausgas-Emissionen um 8 % gegenüber dem Niveau von 1990). Trotzdem wird die Erreichung des Kyoto-Ziels für die Mitgliedstaaten noch große Anstrengungen erfordern, da die Prognosen für die Wirtschaftsentwicklung und den Energieverbrauch in den nächsten 10 Jahren einen Anstieg erwarten lassen.

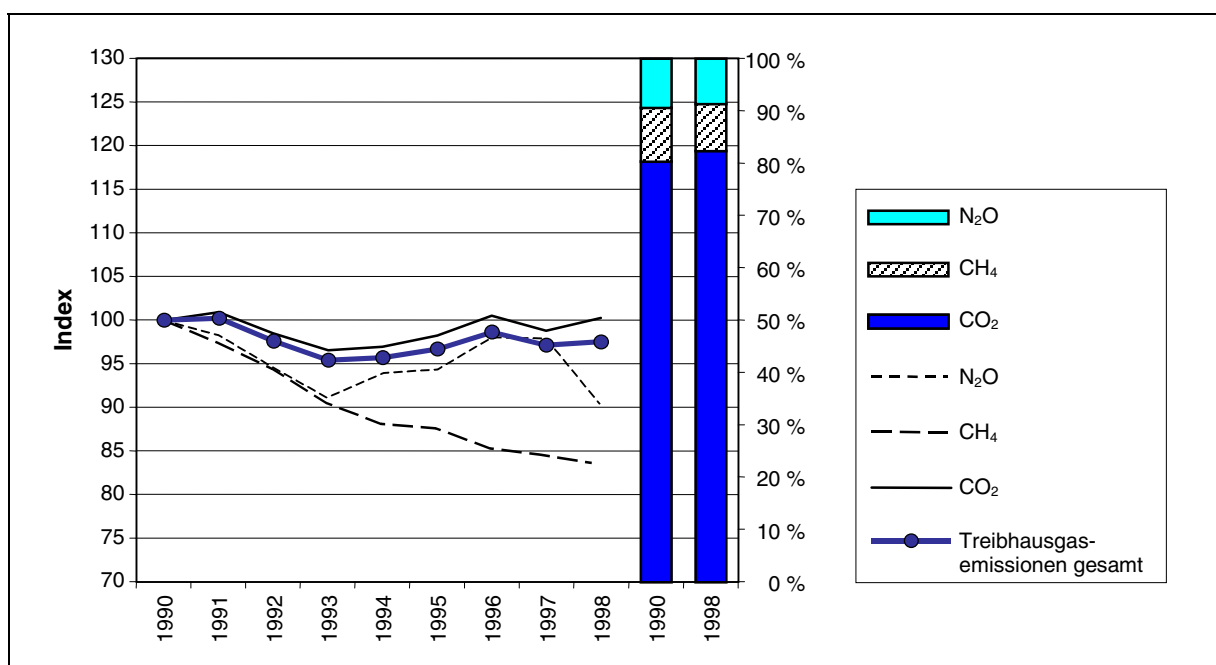


Abb. 6: Treibhausgas-Emissionen der EU (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, ohne Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).  
Anmerkung: Die Abbildung zeigt die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen als Index mit 1990=100 (linke Seite der Abbildung) und den prozentuellen Beitrag der drei wichtigsten Treibhausgase zu den Gesamtemissionen in den Jahren 1990 und 1998 (rechte Seite der Abbildung).

#### CO<sub>2</sub>-Emissionen

Abbildung 5 und Tabelle 1 zeigen, dass die Mitgliedstaaten große Unterschiede in den CO<sub>2</sub>-Emissionstrends aufweisen. Nur drei Mitgliedstaaten reduzierten ihre Emissionen: Luxemburg (-61,1 %), Deutschland (-12,6 %) und Großbritannien (-6,5 %). In diesen drei Staaten sanken die CO<sub>2</sub>-Emissionen um insgesamt 174 Mio. Tonnen, während in allen anderen Mitgliedstaaten die Emissionen während derselben Periode um insgesamt 181 Mio. Tonnen stiegen. Den größten absoluten Rückgang verzeichneten Deutschland (128 Mio. Tonnen) und Großbritannien (38 Mio. Tonnen). Den größten relativen Anstieg wiesen Irland (+26,8 %), Portugal (+24,9 %) und Spanien (+20,8 %) auf. Die stärksten Anstiege in absoluten Zahlen verzeichneten Spanien und Italien mit 47 Mio. Tonnen respektive 29 Mio. Tonnen.

<sup>8</sup> CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, ohne Emissionen der Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft.

Tab. 1: Treibhausgas-Emissionen und CO<sub>2</sub>-Emissionen in der EU in 1.000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (ohne Fluorierte Gase und Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

Mitgliedstaat	Gesamte Treibhausgas-Emissionen			CO <sub>2</sub> -Emissionen		
	1990	1998	Trend 90/98	1990	1998	Trend 90/98
Österreich <sup>1)</sup>	75.455	77.412	2,6 %	62.132	65.489	5,4 %
Belgien	136.014	144.622	6,3 %	113.997	121.975	7,0 %
Dänemark <sup>2)</sup>	69.567	75.603	8,7 %	52.894	60.125	13,7 %
Finnland	72.586	76.020	4,7 %	59.300	63.950	7,8 %
Frankreich	538.539	543.691	1,0 %	387.590	412.860	6,5 %
Deutschland	1.201.117	1.011.653	-15,8 %	1.014.500	886.499	-12,6 %
Griechenland	103.912	119.503	15,0 %	85.249	100.324	17,7 %
Irland	53.496	63.728	19,1 %	31.575	40.028	26,8 %
Italien	514.665	538.171	4,6 %	429.694	458.327	6,7 %
Luxemburg	14.114	5.872	-58,4 %	13.300	5.179	-61,1 %
Niederlande	208.936	225.969	8,2 %	161.400	181.400	12,4 %
Portugal	62.614	73.753	17,8 %	43.132	53.891	24,9 %
Spanien	301.919	360.481	19,4 %	226.057	273.017	20,8 %
Schweden	69.467	70.291	1,2 %	55.443	56.953	2,7 %
Großbritannien	727.110	657.727	-9,5 %	584.220	546.390	-6,5 %
<b>EU-15</b>	<b>4.149.512</b>	<b>4.044.496</b>	<b>-2,5 %</b>	<b>3.320.483</b>	<b>3.326.406</b>	<b>0,2 %</b>

<sup>1)</sup> Daten ohne Anpassungen für Stromaußenhandel und/oder Temperaturschwankungen

<sup>2)</sup> Daten ohne Anpassungen für Stromaußenhandel und/oder Temperaturschwankungen

**Ursachen der CO<sub>2</sub>-Emissionen:** Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sanken in den frühen 90er Jahren aufgrund des geringen Wirtschaftswachstums in allen Mitgliedstaaten und großer Emissionsreduktionen in Deutschland und Großbritannien. Die Emissionen waren 1991 und 1996 – den zwei kältesten Jahren – am höchsten, was den Einfluss der Temperatur auf den Brennstoffverbrauch und die Emissionen aus Heizungsanlagen unterstreicht. In den letzten Jahren scheinen die temperaturkorrigierten CO<sub>2</sub>-Emissionen wieder im Ansteigen begriffen zu sein: 1998 waren die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei relativ milden Temperaturen die dritthöchsten in den 90er Jahren (vgl. Abb. 7).

Die Kohlenstoffintensität des BIP und des Energieverbrauchs sank beträchtlich: bei stabilen CO<sub>2</sub>-Emissionen stiegen das BIP und der Bruttoinlandsverbrauch um 17,4 % bzw. 8,2 % zwischen 1990 und 1998. Die wichtigsten Gründe für diese Entkoppelung waren:

- die wirtschaftliche Umstrukturierung in den neuen Bundesländern nach der Deutschen Wiedervereinigung und die damit verbundenen großen Steigerungen der Energieeffizienz;
- der Umstieg von Kohle auf Gas in der britischen Elektrizitätswirtschaft;
- ein Trend in vielen Mitgliedstaaten von Kohle zu Gas und erneuerbaren Energieträgern.

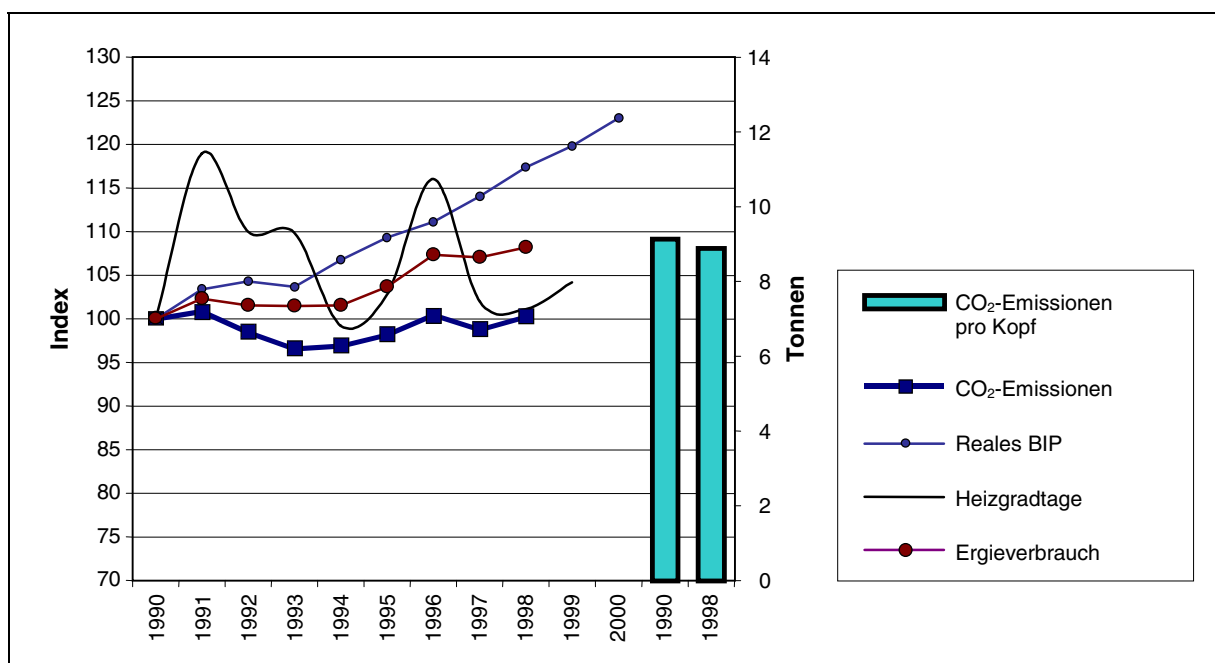


Abb. 7: CO<sub>2</sub>-Emissionen und treibende Kräfte (reales Wirtschaftswachstum, Heizgradtage und Energieverbrauch) in der EU.

Anmerkung: Die Abbildung zeigt die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, das reale BIP, die Heizgradtage und den Bruttoinlandsverbrauch als Index, mit 1990=100 (linke Seite der Abbildung) und die Pro-Kopf-Emissionen in Tonnen (rechte Seite der Abbildung). Die Zahlen für das reale BIP für 1998-2000 sind Schätzungen; der Index des Energieverbrauchs für 1998 wurde auf Basis monatlicher Daten berechnet; Heizgradtage wurden der Europäischen Kommission – EC (2000) entnommen.

Mehr als 90 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der EU stammen aus der Verbrennung fossiler Energieträger. Die Abhängigkeit der EU von fossilen Energieträgern ist nach wie vor groß. Zwischen 1990 und 1997 stieg der Verbrauch fossiler Energieträger um 4 %. Da der gesamte Energieverbrauch stärker stieg, hat sich ihr Anteil am Bruttoenergieverbrauch leicht von 81 % auf 79 % verringert (vgl. Abb. 8), wobei im Jahr 1997 Öl einen Anteil von 42 %, Gas von 21 % und feste Brennstoffe von 16 % hielten. Auch EU-weit macht sich der Umstieg von Kohle auf Gas bemerkbar: während der Kohleverbrauch von 1990 bis 1997 um 26 % zurückging, stieg der Gaskonsum um 36 %.

Der Einsatz von erneuerbaren Energien wuchs rascher als der gesamte Energieverbrauch. Erneuerbare Energien machten rund 6 % des Bruttoenergieverbrauchs im Jahr 1997 aus. Allerdings wird die Erreichung des EU-Zieles von 12 % erneuerbaren Energieträgern am Bruttoenergieverbrauch bis 2010 noch erhebliche zusätzliche Anstrengungen erfordern.

Der Anteil an Atomkraft (Anteil 15 % am Bruttoenergieverbrauch im Jahr 1997) sollte hingegen wenig bis gar nicht ansteigen, da derzeit in der EU keine neuen Anlagen gebaut werden.

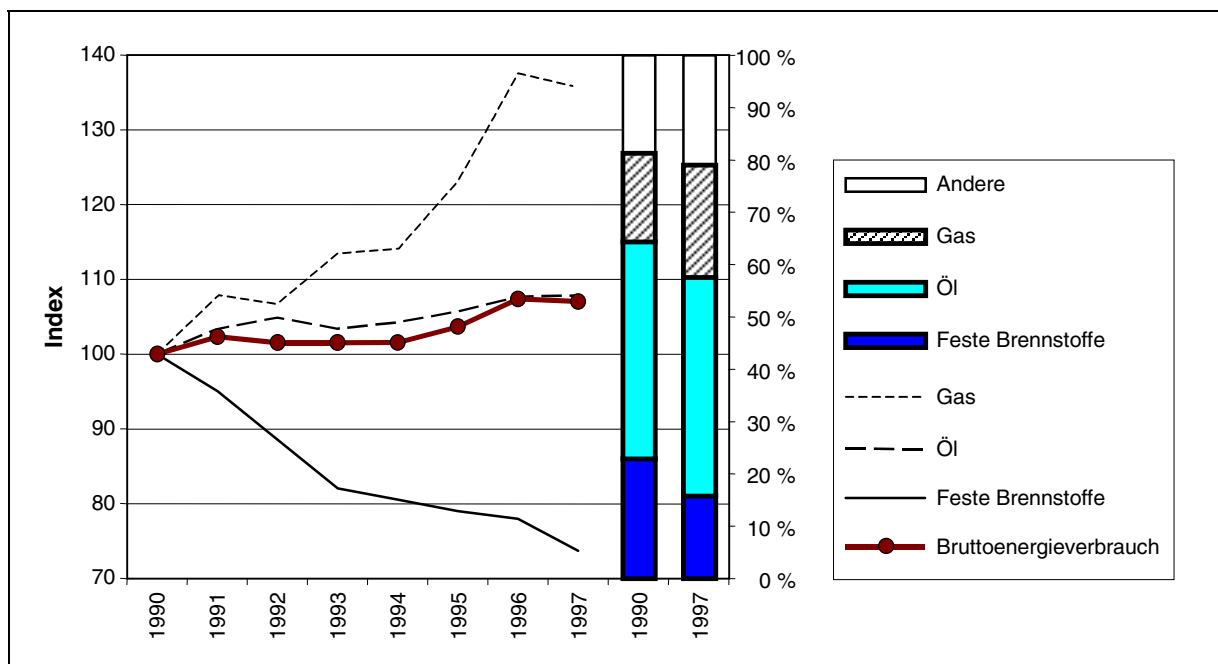


Abb. 8: Bruttoenergieverbrauch nach fossilen Energieträgern in der EU.

Anmerkung: Die Abbildung zeigt den Trend des Bruttoenergieverbrauchs fossiler Energieträger als Index, mit 1990=100 (linke Seite der Abbildung) und den prozentuellen Anteil der fossilen Energieträger am gesamten Bruttoenergieverbrauch 1990 und 1997 (rechte Seite der Abbildung). „Andere“ enthalten Atomkraft, erneuerbare Energieträger und Nettostromimporte.

**CO<sub>2</sub>-Emissionen in den wichtigsten Sektoren:** Mehr als 90 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen stammen aus der Verbrennung fossiler Energieträger. Abbildung 9 zeigt, dass EU-weit die Energiewirtschaft mit einem Anteil von 32 % an den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen der größte CO<sub>2</sub>-Emittent ist. An zweiter Stelle rangiert der Verkehr mit 24 % und einem beträchtlichen Wachstum in den 90er Jahren (+15 %). Der Kleinverbrauch und die Industrie (inklusive Bauwirtschaft) sind für 20 % bzw. 18 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich. Allerdings beträgt der Anteil der Industrie 22 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen, wenn auch die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie (4 %) mit einbezogen werden, die in Abbildung 9 nicht extra ausgewiesen sind. Allgemein ließ sich in den 90er Jahren ein Trend von der Energiewirtschaft und der Industrie hin zum Verkehr und Kleinverbrauch feststellen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der **Energiewirtschaft** sanken um 6,2 % zwischen 1990 und 1998. Die meisten Reduktionen wurden bis 1993 erreicht; seither sind die Emissionen stabil geblieben. Der Hauptverursacher der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Energiewirtschaft ist die Stromproduktion in den kalorischen Kraftwerken, die für 51 % der Bruttostromproduktion in der EU verantwortlich sind. Die Hauptursachen für fallende CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Energiewirtschaft waren:

- Effizienzsteigerungen in der Deutschen Energiewirtschaft nach der Wiedervereinigung;
- der Umstieg von Kohle auf Gas in der Elektrizitätswirtschaft (insbesondere in Großbritannien).

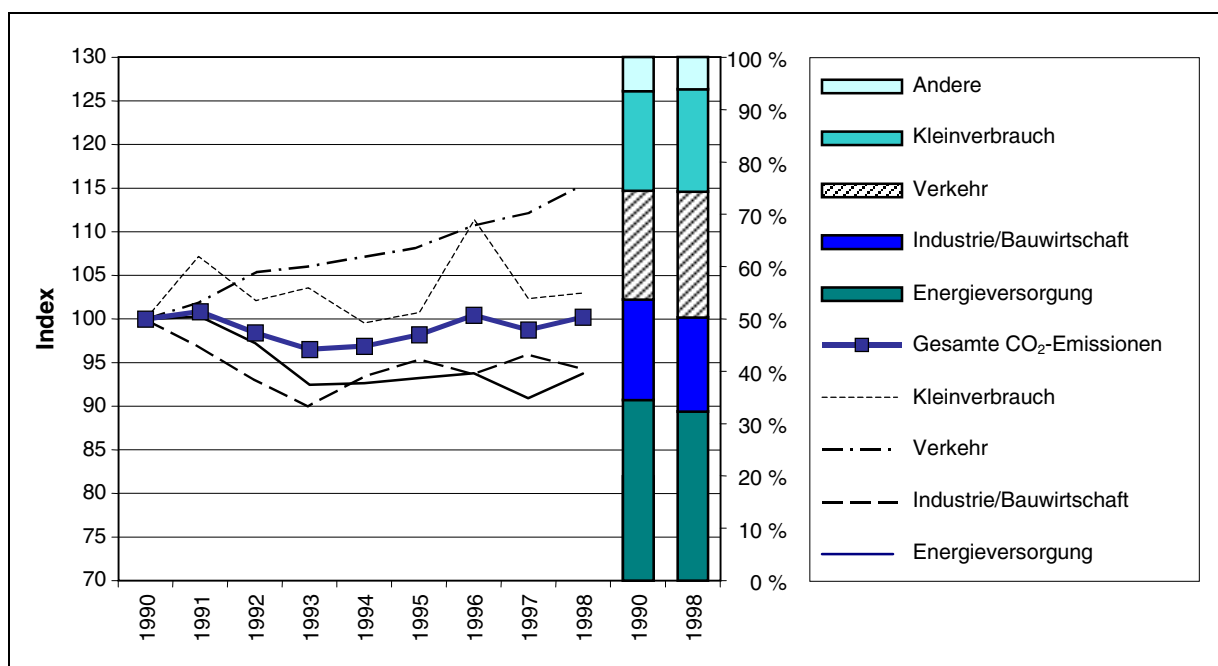


Abb. 9: CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Sektoren (exkl. Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) in der EU.

Anmerkung: Die Abbildung zeigt den Trend der sektoralen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger als Index, mit 1990=100 (linke Seite der Abbildung) und den prozentuellen Anteil der Sektoren an den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990 und 1998 (rechte Seite der Abbildung). Die Sektorbezeichnungen folgen den UNFCCC CRF-Quellenkategorien außer „Kleinverbrauch“ (bezeichnet die CRF Kategorie 1A4) und „Andere“ (beinhaltet alle anderen CRF-Kategorien – auch die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Industrie).

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem **Verkehr** erhöhten sich um 15,3 % zwischen 1990 und 1998 hauptsächlich deshalb, weil der Straßenverkehr in den Mitgliedstaaten zum Teil stark angestiegen ist. Die Emissionen stiegen in allen Mitgliedstaaten (mit Ausnahme von Finnland und Großbritannien) um 10 % oder mehr, mit besonders starken Zuwächsen in den Kohäsionsstaaten<sup>9</sup> von 77 % (Irland) bis 29 % (Griechenland). Da die Motorisierungsrate in diesen Ländern noch erheblich niedriger ist als in den übrigen EU-Mitgliedstaaten, kann man davon ausgehen, dass insbesondere in diesen Staaten der Verkehr weiterhin rasch zunehmen wird.

Die auffallend niedrigen Zuwachsraten in Finnland und Großbritannien könnten folgende Ursachen haben: In den meisten EU-Mitgliedstaaten stieg zwischen 1990 und 1998 das verfügbare Einkommen rascher als die Preise für die private Pkw-Nutzung, sodass die relativen Kosten des Straßenverkehrs sanken. In Finnland hingegen stiegen die Preise für die Nutzung privater Pkw ähnlich stark wie das verfügbare Einkommen, sodass Autofahren in Relation zum verfügbaren Einkommen nicht billiger wurde. (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2000a).

Großbritannien verfügt über die höchsten Treibstoffpreise in der EU, nachdem seit 1994 die Treibstoffpreise jedes Jahr automatisch um 5 %, seit 1997 um 6 % erhöht wurden.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem **Kleinverbrauch** (vor allem Haushalte und Gewerbe) wuchsen zwischen 1990 und 1998 um 3 %. Die Emissionen fluktuieren recht stark, je nach Temperaturverlauf und dem damit verbunden Heizbedarf (mit Spitzen 1991, 1993 und 1996). Den größten absoluten Rückgang verzeichnete Deutschland. Auch die Nordischen Staaten Dänemark, Finnland und Schweden reduzierten ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Kleinverbrauch, während in allen anderen Staaten die Emissionen anstiegen.

<sup>9</sup> Griechenland, Irland, Portugal, Spanien

Die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der **Industrie** (inklusive der Bauwirtschaft) sanken um 5,7 % zwischen 1990 und 1998 mit einem absoluten Tief 1993. Seit 1993 stiegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Industrie leicht. Die wichtigsten Gründe für den Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen Anfang der 90er Jahre waren:

- die Umstrukturierung der Wirtschaft in den neuen Bundesländern nach der Deutschen Wiedervereinigung;
- niedriges Wirtschaftswachstum in den meisten Mitgliedstaaten.

### CH<sub>4</sub>-Emissionen

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen sanken seit 1990 nahezu kontinuierlich und lagen 1998 16,5 % unter dem Niveau von 1990. Die wichtigsten Quellen der CH<sub>4</sub>-Emissionen sind die Landwirtschaft (Fermentation im Magen und Düngerbewirtschaftung), Abfall (hauptsächlich Emissionen aus Deponien) und flüchtige Emissionen aus Brennstoffen (z. B. aus den Verteilnetzen der Gasversorgung).

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Landwirtschaft gingen um 6 % zurück, aber ihr Anteil an den gesamten CH<sub>4</sub>-Emissionen erhöhte sich auf 49 % im Jahr 1998. Emissionen aus dem Abfallsektor sanken um 24 %; ihr Anteil an den CH<sub>4</sub>-Emissionen verringerte sich auf 30 %. 17 % der CH<sub>4</sub>-Emissionen des Jahres 1998 waren flüchtige Emissionen aus Brennstoffen. Die wichtigsten Gründe für die sinkenden CH<sub>4</sub>-Emissionen waren emissionsmindernde Maßnahmen bei Deponien (Deponiegassammlung mit Abfackelung oder energetischer Nutzung), die Verringerung von Leckagen in den Gasverteilungssystemen und der Rückgang des Kohlebergbaus.

Die Mitgliedstaaten weisen große Unterschiede in den CH<sub>4</sub>-Emissionstrends auf (vgl. Tab. 2): während Finnland und Deutschland ihre CH<sub>4</sub>-Emissionen um 42 % bzw. 36 % verringerten, stiegen die spanischen CH<sub>4</sub>-Emissionen um 26 %. In absoluten Zahlen erreichten Deutschland, Großbritannien, Frankreich, und die Niederlande die größten Emissionsreduktionen.

Tab. 2: CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen in der EU in 1.000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (exkl. Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

Mitgliedstaat	CH <sub>4</sub> -Emissionen			N <sub>2</sub> O-Emissionen		
	1990	1998	Trend 90/98	1990	1998	Trend 90/98
Österreich <sup>1)</sup>	11.290	9.640	-14,6 %	2.033	2.282	12,3 %
Belgien	12.658	12.205	-3,6 %	9.360	10.442	11,6 %
Dänemark	5.848	6.024	3,0 %	10.825	9.454	-12,7 %
Finnland	7.520	4.352	-42,1 %	5.766	7.719	33,9 %
Frankreich	61.390	52.155	-15,0 %	89.559	78.675	-12,2 %
Deutschland	116.990	74.655	-36,2 %	69.626	50.499	-27,5 %
Griechenland	9.209	9.755	5,9 %	9.455	9.424	-0,3 %
Irland	12.836	13.631	6,2 %	9.085	10.069	10,8 %
Italien	39.727	41.317	4,0 %	45.245	38.528	-14,8 %
Luxemburg	504	480	-4,8 %	310	214	-31,0 %
Niederlande	27.138	22.373	-17,6 %	20.398	22.196	8,8 %
Portugal	13.364	13.332	-0,2 %	6.118	6.531	6,8 %
Spanien	34.626	43.615	26,0 %	41.236	43.849	6,3 %
Schweden	5.964	5.376	-9,9 %	8.060	7.962	-1,2 %
Großbritannien	77.212	55.354	-28,3 %	65.677	55.983	-14,8 %
<b>EU-15</b>	<b>436.276</b>	<b>364.264</b>	<b>-16,5 %</b>	<b>392.753</b>	<b>353.826</b>	<b>-9,9 %</b>

<sup>1)</sup> Da für Österreich die Daten aktualisiert wurden, können sie von EEA (2000b) abweichen.

## N<sub>2</sub>O-Emissionen

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen lagen 1998 fast 10 % unter dem Niveau von 1990. Die wichtigsten Quellen von N<sub>2</sub>O-Emissionen sind die Landwirtschaft (Böden und Düngemittleinsatz) und industrielle Prozesse (hauptsächlich Produktion von Adipin- und Salpetersäure). Die landwirtschaftlichen N<sub>2</sub>O-Emissionen sanken nur leicht (-2 %), aber jene aus industriellen Prozessen gingen zwischen 1990 und 1998 um 36 % zurück. Dadurch stieg der Anteil der Landwirtschaft an den N<sub>2</sub>O-Emissionen auf 61 % im Jahr 1998, während der Anteil der industriellen Prozesse auf 20 % sank. Eine kleine, aber rasch steigende Quelle ist der Verkehr, dessen N<sub>2</sub>O-Emissionen sich zwischen 1990 und 1998 fast verdoppelt haben (nach Einführung des Katalysators).

Große prozentuelle N<sub>2</sub>O-Reduktionen erreichten Luxemburg (-31 %) und Deutschland (-27,5 %), während Finnland zwischen 1990 und 1998 einen Anstieg von 33,9 % verzeichnete. In absoluten Größen konnten Deutschland, Großbritannien, Frankreich und Italien die stärksten Reduktionen erzielen, während Spanien und Finnland am meisten zulegt. Ein großer Teil der Deutschen Reduktionen wurden 1998 erzielt, nachdem emissionsmindernde Maßnahmen in zwei Adipinsäurefabriken ergriffen wurden.

## Fluorierte Gase

Die Emissionen der Fluorierten Gase (H-FKW, P-FKW, SF<sub>6</sub>) machten 1998 in der EU rund 42 Mio. Tonnen aus (1 % der drei Treibhausgas-Emissionen CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O). Sie stiegen zwischen 1990 und 1998 um 44 %. Insbesondere die H-FKW-Emissionen stiegen sehr rasch (+156 %), während die P-FKW-Emissionen um 42 % abnahmen. Die SF<sub>6</sub>-Emissionen stiegen um 49 %.

Allerdings sind die Emissionsschätzungen der Fluorierten Gase für die gesamte EU, die auf Angaben der Mitgliedstaaten beruhen, recht unsicher: Zum einen haben manche Mitgliedstaaten nur unvollständig berichtet, zum anderen fehlen oft die genauen chemischen Spezifikationen der H-FKW und P-FKW, sodass Durchschnittswerte für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente der Fluorierten Gase herangezogen werden müssen. Insbesondere die CO<sub>2</sub>-Äquivalente der H-FKW weisen eine sehr große Streuung auf (von 140 bis 11.700).

Die Emissionen der Fluorierten Gase, wie sie sich aus den Mitteilungen der Mitgliedstaaten ergeben, weisen erhebliche Differenzen zu zwei Studienergebnissen auf (ECOFYS, 2000 und MARCH CONSULTING, 1998): Für 1995 schätzen ECOFYS und MARCH CONSULTING die gesamten H-FKW-Emissionen in der EU auf 35 bzw. 41 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente, während sich die von den Mitgliedstaaten berichteten Daten auf 16 Mio. Tonnen aufsummieren. Für P-FKW und SF<sub>6</sub> schätzt ECOFYS die Emissionen auf 15 und 18 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Jahr 1995. Im Vergleich dazu addieren sich die aus den offiziellen Berichten der Mitgliedstaaten ergebenden Zahlen auf 8 und 13 Mio. Tonnen.

**Einsatzgebiete der Fluorierten Gase:** H-FKW werden als Ersatzstoffe der ozonschädlichen FCKW und H-FCKW als Kälte- und Kühlmittel und als Treibgase bei der Herstellung von Kunststoffschäumen eingesetzt. Außerdem entsteht H-FKW-23 als Nebenprodukt bei der Herstellung von H-FCKW-22. P-FKW finden in der Aluminium- und der Halbleiterindustrie, und als Kälte- und Lösemittel Anwendung. SF<sub>6</sub> wird in der Magnesiumindustrie, bei Schaltanlagen in der E-Wirtschaft und in Reifen und Fenstern eingesetzt.

### 3.1.3 Treibhausgas-Emissionen in anderen Industriestaaten

Abbildung 10 zeigt ein markantes „Ost-West-Gefälle“ in der Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen. Während die westlichen Industriestaaten in der 90er Jahren kaum Erfolge in der Reduktion der Treibhausgase verzeichnet haben (die Vereinigten Staaten, Kanada und Australien wiesen sogar Zuwächse von über 10 % auf), sind in den Transformationsstaaten markante Rückgänge der Treibhausgas-Emissionen festzustellen. Die Werte reichen von -18 % für Ungarn bis -68 % für Lettland (für Russland liegen keine Werte vor). Da die im Kyoto-Protokoll vorgesehenen Reduktionsziele der Transformationsstaaten zwischen 0 und -8 % liegen, haben derzeit alle Staaten ihre Ziele für 2008-2012 schon bei weitem erfüllt. Die wichtigsten Gründe für die massiven Emissionsreduktionen in den Transformations-

staaten waren die wirtschaftlichen Einbrüche nach der Wende und die folgenden Umstrukturierungen und Effizienzsteigerungen in der Wirtschaft.

Abbildung 10 illustriert auch das sogenannte „Hot Air Problem“: das Kyoto-Protokoll sieht als ein Instrument zur Zielerreichung den zwischenstaatlichen Handel mit Emissionszertifikaten vor. Dank der Übererfüllung ihrer Reduktionsziele könnten die Transformationsstaaten eine große Zahl an Emissionszertifikaten an die westlichen Industriestaaten verkaufen. Das wären dann Emissionszertifikate, die den Transformationsstaaten überwiegend aufgrund der wirtschaftlichen Umstrukturierung nach dem Fall des Eisernen Vorhanges zufallen würden („wall fall profit“). Bei einem Überangebot an Emissionszertifikaten würde der Preis der Zertifikate weit unter den Kosten vieler emissionsmindernder Maßnahmen in den westlichen Industriestaaten liegen. Damit wäre der Anreiz für die westlichen Industriestaaten nicht gegeben, im eigenen Land emissionsmindernde Maßnahmen zu setzen. Im schlechtesten Fall würde somit das Kyoto-Protokoll keine Emissionsreduktionen bewirken, die über jene hinausgingen, die ohnehin aufgrund der wirtschaftlichen Umstrukturierung in den Transformationsstaaten erzielt werden.

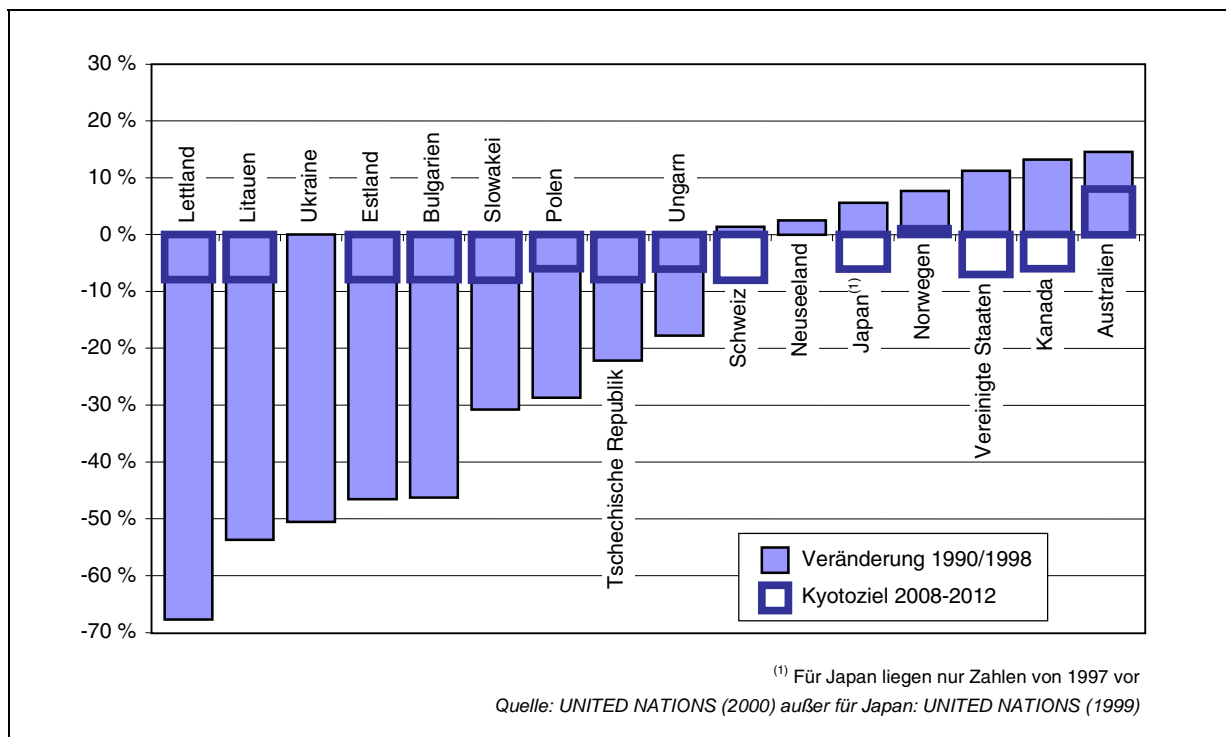


Abb. 10: Veränderung der Treibhausgas-Emissionen ausgewählter Annex I-Staaten zwischen 1990 und 1998 in Relation zu den Kyoto-Zielen 2008-2012 (inkl. Fluorierte Gase aber ohne Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

### 3.1.4 Globale CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger haben sich von 1990 bis 1998 um 8 % erhöht. Während sich die Emissionen der westlichen Industriestaaten nahezu parallel zu den Gesamtemissionen entwickelt haben, zeigen die Entwicklungsländer und die Transformationsstaaten vollkommen unterschiedliche Verläufe.

Abbildung 11 zeigt die Entwicklung nach Staatengruppen: während der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in den Entwicklungsstaaten um 28,5 % und in den westlichen Industriestaaten um 9,3 % zunahm, gingen die CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Transformationsstaaten um 33,1 % zurück. Damit erhöhten sich die Anteile der westlichen Industriestaaten und der Entwicklungsstaaten an den globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 48,2 % bzw.

37,6%. Der Anteil der Transformationsstaaten an den globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger ging hingegen von 17,4 % im Jahr 1990 auf 11 % im Jahr 1998 zurück.

Bei den Pro-Kopf-Emissionen gibt es nach wie vor große Unterschiede: während die Entwicklungsstaaten pro Person 1,9 Tonnen CO<sub>2</sub> aus der Verbrennung fossiler Energieträger emittieren, kommen die Transformationsstaaten auf 8,2 Tonnen und die westlichen Industriestaaten auf 12 Tonnen.

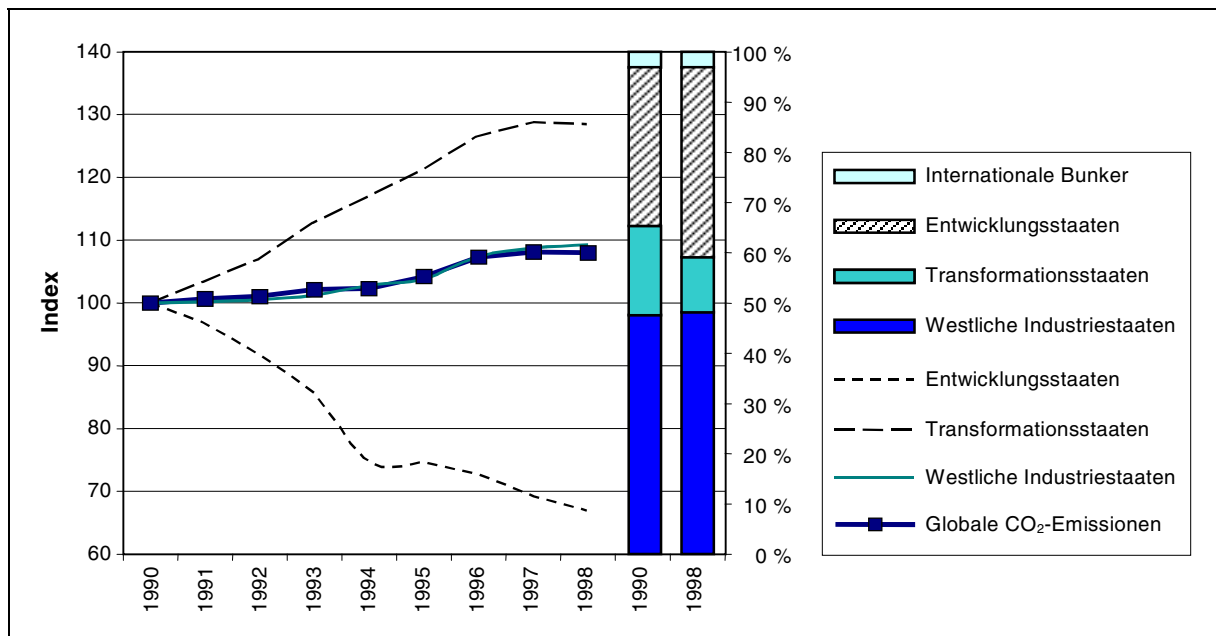


Abb. 11: Trend und Anteile der globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe nach Staatengruppen (1990-1998).

Anmerkung: Die Abbildung zeigt den Trend der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger nach Staatengruppen als Index, mit 1990=100 (linke Seite der Abbildung) und den prozentuellen Anteil der Staatengruppen an den CO<sub>2</sub>-Emissionen 1990 und 1998 (rechte Seite der Abbildung). Diese Abbildung ist nur bedingt vergleichbar mit den anderen Abbildungen in diesem Kapitel, da die Trends ausschließlich CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe umfassen. „Internationale Bunker“ enthalten die Emissionen des internationalen Flug- und Schiffsverkehrs.

Quelle: INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2000)

**Der Beitrag des Flugverkehrs zum Klimawandel:** Gemäß den IPCC-Richtlinien (Intergovernmental Panel on Climate Change) werden die Treibhausgas-Emissionen des internationalen Flug- und Schiffsverkehrs nicht der Kategorie „Verkehr“ zugeordnet, sondern extra als „Memo item“ ausgewiesen. Damit sind diese Emissionen nicht in der Kyoto-relevanten Gesamtsumme der Treibhausgas-Emissionen enthalten. Dies ist insofern problematisch, als insbesondere die Emissionen aus dem Flugverkehr rasch steigen und bereits jetzt wesentlich zur Erwärmung beitragen. Das Passagieraufkommen wuchs seit 1960 um nahezu 9 % pro Jahr, was 2,4 mal höher war als das Wirtschaftswachstum. Prognosen für die Periode 1990-2015 weisen ein Wachstum des globalen Personenflugverkehrs um rund 5 % pro Jahr aus, wobei für den Treibstoffverbrauch des gesamten Flugverkehrs (Personen, Fracht, Militär) aufgrund von Effizienzsteigerungen eine jährliche Steigerung von 3 % erwartet wird (IPCC, 1999).

Flugzeuge emittieren Gase und Partikel in der oberen Troposphäre und der unteren Stratosphäre und beeinflussen damit unmittelbar die Zusammensetzung der Atmosphäre. Die wichtigsten Auswirkungen sind:

- die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen steigen;
- die Ozonkonzentrationen steigen durch NO<sub>x</sub>-Emissionen (Ozon ist ein Treibhausgas);
- ebenfalls durch NO<sub>x</sub>-Emissionen wird das Treibhausgas Methan abgebaut, was einen kühlenden Effekt hat;
- die Bildung von Kondensstreifen hat – ähnlich wie dünne, hohe Wolken – klimaerwärmende Wirkung.

Geringere Auswirkungen haben Wasserdampf, Sulfataerosole (kühlender Effekt) und Ruß. Der Beitrag von Cirruswolken ist tendenziell klimaerwärmend und könnte recht signifikant sein, allerdings reichen die wissenschaftlichen Kenntnisse noch nicht aus, um den Effekt zu quantifizieren.

Insgesamt trug 1992 nach IPCC-Schätzungen der Luftverkehr rund 3,5 % zur vom Menschen verursachten Erderwärmung bei, wobei in dieser Schätzung alle Effekte mit Ausnahme der Cirruswolkenbildung berücksichtigt sind. Im Referenzszenario der IPCC steigt dieser Anteil bis 2050 auf 5 % an (IPCC, 1999).

## 3.2 Belastungen durch den Treibhauseffekt

### 3.2.3 Globale Belastungen

Gestützt auf die neuesten Untersuchungen des Intergovernmental Panel on Climate Change können über die bisherige zeitliche Entwicklung wichtiger klimatologischer Kenngrößen u. a. folgende Aussagen getroffen werden (IPCC, 2001a):

- Die globale Oberflächentemperatur über Land und See hat von 1860 bis 1999 um  $0,6 \pm 0,2$  °C zugenommen. In den vergangenen 1.000 Jahren konnte noch niemals eine derartige Temperaturzunahme verzeichnet werden, die Dekade von 1990 bis 1999 war die wärmste Dekade der vergangenen 1.000 Jahre und 1998 war das wärmste Jahr dieser Periode (vgl. Abb. 12).
- Die Perioden mit Frosttagen haben sich seit 1950 in den mittleren und höheren Breiten der nördlichen Hemisphäre deutlich verringert und die jährlichen Niederschlagsmengen haben in diesen Gebieten deutlich zugenommen.
- Die Zunahme der Niederschlagsmengen ist vor allem auf die Zunahme der Häufigkeit von extremen Niederschlagsereignissen zurückzuführen.
- Die Zeiten mit geschlossener Schneedecke und die Zeiten, in denen Flüsse und Seen in der nördlichen Hemisphäre zugefroren sind, zeigen abnehmenden Trend.
- Alpine Gletscher sind im Rückzug begriffen.
- Das arktische Packeis hat ebenfalls deutlich an Masse verloren.
- Der mittlere globale Meeresspiegel ist im 20. Jahrhundert um 10 bis 20 cm angestiegen.
- Seit den 70er Jahren treten warme Perioden des El-Nino/Southern-Oscillation (ENSO) Phänomens häufiger und länger auf verglichen mit früheren Perioden.

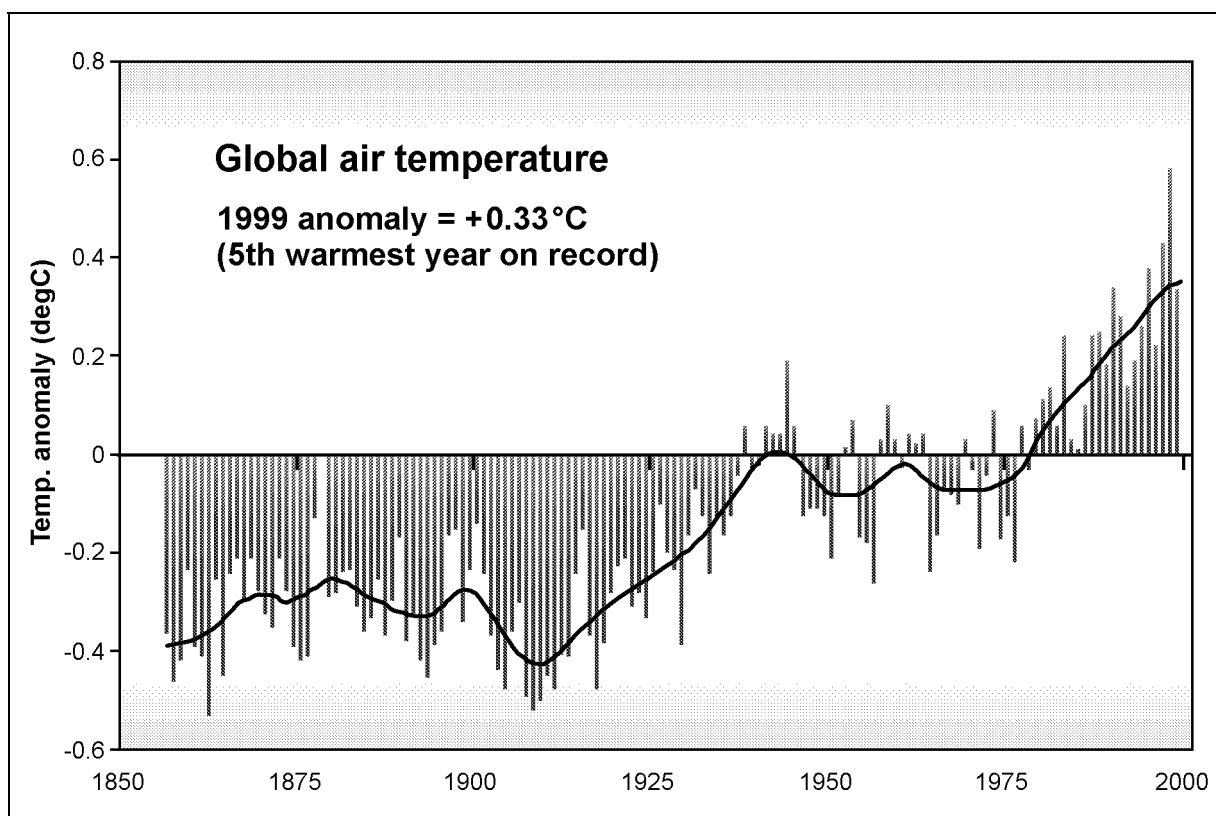


Abb. 12: Abweichung der Oberflächentemperatur der Erde vom Mittelwert 1961-1990.  
Quelle: CLIMATE RESEARCH UNIT (2000)

### 3.2.4 Klimavariationen in Österreich

Für Österreich liegen Temperaturlaufzeichnungen seit 1767 vor<sup>10</sup>, die belegen, dass die 90er Jahre des 20. Jahrhunderts den wärmsten Zeitraum seit Beginn der Messungen darstellen. Sie zeigen im Zehnjahresmittel einen Temperaturanstieg gegenüber dem Ende des neunzehnten Jahrhunderts um ca. 1,5 °C, bei allerdings sehr starken Schwankungen von Jahr zu Jahr. Auffallend sind die jahreszeitlichen Unterschiede – die Erwärmung ist in Österreich (und im ganzen Alpenraum) im Winter wesentlich stärker ausgefallen als im Sommer. Die Winterhalbjahres-Mitteltemperatur der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts liegt regional um ca. 1,5 bis 2,0 °C über dem Mittelwert im 18. und 19. Jahrhundert, während die Sommermitteltemperatur nur um ca. 1,0 °C über der Mitteltemperatur des 19. Jahrhunderts liegt, und Ende des 18. Jahrhunderts noch höhere Sommertemperaturen registriert wurden als heute. Die Erwärmung war im Hochgebirge stärker als in niedrigeren Regionen (AUER et al., 2001). Mit dieser Erwärmung ging u. a. ein dramatischer Rückgang der Alpenen Gletscher seit ca. 1870 einher.

In Wien wuchs 1997 die Mitteltemperatur um -0,2 °C, 1998 um +0,5 °C, 1999 um +0,4 °C vom Mittelwert der Klimaperiode 1961-1990 ab, in ganz Österreich lagen die Abweichungen 1999 zwischen -0,1 °C und +1,2 °C. Das Jahr mit der bislang höchsten mittleren Jahrestemperatur in Wien war 1994, welches gegenüber der Klimaperiode 1961-1990 um 1,6 °C zu warm war, gefolgt von 1992. Der Winter 1997/98 war in Wien der wärmste dieses Jahrhunderts.

<sup>10</sup> Längste Messreihen aus Kremsmünster (1767) und Wien (1775).

Die Niederschlagsmenge weist in den letzten 100 Jahren in Österreich keinen einheitlichen Trend auf, einer leichten Abnahme etwa in Wien und Klagenfurt stehen eine leichte Zunahme in Kremsmünster und ein etwa gleichbleibendes Verhalten in Innsbruck gegenüber<sup>11</sup>.

Die Klimamodelle lassen als Folge des anthropogenen Treibhauseffekts für Österreich<sup>12</sup> ein wärmeres Klima erwarten, wobei die Niederschlagsmengen im Sommer ab-, im Winter zunehmen, und der Anteil des Schnees generell abnimmt. Man rechnet mit einer Abnahme der Dauer der Schneedecke und deren Fehlen in tieferen Lagen und einem raschen Rückgang der Gletscher. Dadurch würden sich v. a. im alpinen Bereich die Abflussverhältnisse der Flüsse ändern, was Auswirkungen u. a. auf die Elektrizitätswirtschaft hätte.

Ein höherer CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre wird zwar die Photosyntheseaktivität der Pflanzen generell fördern. Doch wird erwartet, dass der Temperaturanstieg und die veränderten Niederschlagsverhältnisse schwerwiegende Auswirkungen v. a. auf Waldökosysteme haben, die an die veränderten Bedingungen nicht angepasst sind. Die Österreichische Akademie der Wissenschaften rechnet u. a. damit, dass die außer- und subalpinen Regionen Österreichs als Standorte für Fichten ungeeignet sein werden. Generell verschieben sich die Vegetationszonen in einer so kurzen Zeitspanne in höhere Lagen bzw. nordwärts, sodass eine ausreichende Anpassung der Ökosysteme nicht möglich ist. Probleme können sich weiters für die Landwirtschaft in den ohnehin bereits trockenen nordöstlichen Regionen Österreichs ergeben. Für den Wintertourismus in tieferen Lagen werden schwerwiegende Auswirkungen durch die Abnahme der Dauer der Schneedecke erwartet.

### 3.3 Verursacheranalyse des Treibhauseffektes

#### Bisherige Entwicklung

Gestützt auf die neuesten Untersuchungen des Intergovernmental Panel on Climate Change kann bezüglich der Ursachen der Änderungen wichtiger klimatologischer Kenngrößen folgendes festgestellt werden (IPCC, 2001a):

- Die Konzentration von Treibhausgasen und Aerosolen (wie Sulfataerosol, Ruß) in der Atmosphäre hat seit dem Beginn des industriellen Zeitalters (ca. seit 1750) bedingt durch menschliche Aktivität zugenommen. Der Einfluss auf das Klima wird durch das sogenannte „radiative forcing“<sup>13</sup> beschrieben.
- Die Konzentration von CO<sub>2</sub> hat seit 1750 um 31 % zugenommen und ist mittlerweile höher als jemals zuvor in den vergangenen 420.000 Jahren.
- Die Konzentration von CH<sub>4</sub> hat um 151 % seit dem Beginn des industriellen Zeitalters zugenommen und jene von N<sub>2</sub>O um ca. 17 %.
- Der Abbau des stratosphärischen Ozons in den beiden vergangenen Jahrzehnten ist mit einem negativen „radiative forcing“ in der Stratosphäre verknüpft (und kompensiert somit teilweise den Einfluss der gestiegenen Konzentrationen der drei angeführten Treibhausgase). Demgegenüber ist der Anstieg im troposphärischen Ozon (seit 1750 um 36 %) mit einem positiven „radiative forcing“ verknüpft und trägt somit zum Anstieg der Erwärmung der bodennahen Luftschichten bei.
- Die Aerosole (wie Sulfataerosol, Ruß, Seesalz) weisen überwiegend ein negatives „radiative forcing“ auf und schwächen somit den Treibhauseffekt. Dies gilt auch für ihren indirekten Einfluss über die Wolkenbildung.

<sup>11</sup> [http://www.zamg.ac.at/akt\\_kli\\_millen\\_frm.htm](http://www.zamg.ac.at/akt_kli_millen_frm.htm)

<sup>12</sup> Siehe u. a.: Bestandsaufnahme Anthropogene Klimaänderungen: Mögliche Auswirkungen auf Österreich – mögliche Maßnahmen für Österreich. Österreichische Akademie der Wissenschaften, 1992.

<sup>13</sup> Mit „radiative forcing“ wird die Veränderung des Energiehaushaltes des Systems Erde-Atmosphäre bezeichnet. Es wird in Watt pro m<sup>2</sup> angegeben. Ein positives „radiative forcing“ führt zu einer Erwärmung, ein negatives zu einer Abkühlung.

- Die Sonneneinstrahlung nahm ebenfalls seit 1750 zu. Dieser Einfluss war besonders in der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts ausgeprägt und unterliegt einem 11-Jahreszyklus (Sonnenfleckenzyklus). Indirekte Wirkungen der Sonneneinstrahlung (über die kosmische Strahlung, Bildung von Wolken) sind noch nicht ausreichend untersucht.
- Aerosole aus Vulkanausbrüchen weisen ein negatives "radiative forcing" auf, welches einige Jahre andauert.
- Der größte Anstieg im "radiative forcing" seit 1750 ist auf den Anstieg der Konzentrationen der anthropogenen Treibhausgase zurückzuführen. Der Beitrag zum "radiative forcing" in den vergangenen 2 Dekaden, welcher natürlichen Ursprungs ist (Vulkane und Sonneneinstrahlung) wies hingegen ein negatives Vorzeichen auf.
- Modellrechnungen lassen deutlich den menschlichen Einfluss auf das globale Klima erkennen, insbesondere für den Klimawandel der letzten 50 Jahre.

### Zukünftige Entwicklung

Gestützt auf die neuesten Untersuchungen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2001a) kann bezüglich der weiteren, zu erwartenden Änderungen wichtiger klimatologischer Kenngrößen festgestellt werden, dass unter der Annahme, dass keine gesonderten Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen an Treibhausgasen gesetzt werden,

- der Temperaturanstieg sowie der Anstieg des Meeresspiegels sich durch das 21. Jahrhundert (und darüber hinaus) fortsetzen werden, wobei für den Temperaturanstieg Werte zwischen 1,4 und 5,8 °C im globalen Mittel erwartet werden und für den Anstieg des Meeresspiegels 9 bis 88 cm;
- die CO<sub>2</sub>-Konzentration am Ende des 21. Jahrhunderts (bedingt durch den Einsatz fossiler Energieträger) zwischen 540 und 970 ppm betragen wird (derzeit liegt sie bei 360 ppm);
- Maßnahmen zur Bindung von Kohlenstoff in der terrestrischen Ökosphäre den Konzentrationsanstieg um bestenfalls 40 bis 70 ppm verringern können;
- die meisten Modelle eine Abschwächung der thermohalinen Zirkulation<sup>14</sup> im Nordatlantik bzw. des Golfstromes erwarten lassen;
- der Rückgang der alpinen Gletscher sich weiter fortsetzt;
- die Wahrscheinlichkeit für das Abschmelzen des grönländischen Eisschildes groß ist (Voraussetzung: längere Erwärmung in dieser Region um mehr als 3 °C). Das Abschmelzen wäre verbunden mit einer jährlichen Erhöhung des Meeresspiegels um weitere 0,7 cm bzw. langfristig in Summe um etwa 7 m.

## 3.4 Maßnahmenanalyse

### 3.4.3 Österreich

Das BMLFUW hat gemeinsam mit anderen Ministerien und den Ländern die sogenannte „Strategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Zieles (Klima-Strategie 2000-2008/2012)“ ausgearbeitet. Kern dieser Strategie ist ein Maßnahmenbündel, welches gegenüber der erwarteten Entwicklung der Emissionen der sechs Kyoto-Gase eine Emissionsminderung von 16 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Jahr erwarten lässt. Es wird ausgeführt, dass diese Minderung nur dann erzielbar ist, „wenn die vom Bund gesetzten Maßnahmen von ambitionierten Umsetzungsstrategien der Länder begleitet und mitgetragen werden.“ Weiters gehen die Länder davon aus, „dass bestehende Zweckzuschüsse und Finanzzuweisungen Weiterbestand haben.“

<sup>14</sup> Mit thermohaliner Zirkulation werden Meeresströmungen bezeichnet, deren treibende Kräfte überwiegend Unterschiede im Salzgehalt sowie der Temperatur sind.

Tabelle 3 stellt getrennt nach Maßnahmenbereichen die Emissionen der Jahre 1990 und 1998, die für das Jahr 2010 erwarteten Emissionen ohne zusätzliche Maßnahmen, das angestrebte Reduktionspotenzial sowie das angestrebte Emissionsziel für das Jahr 2010 gegenüber.

Tab. 3: Übersicht über die erwarteten Beiträge einzelner Maßnahmenbereiche zur Emissionsminderung.

Maßnahmenbereich	1990	1998	Fortschreibung 2010	Emissions- minderung (vorgesehen)	Ziel 2010
Raumwärme	13,85	15,28	16,0	5,0	11,0
Verkehr	13,90	17,34	19,0	3,7	15,3
Energieaufbringung	14,52	14,42	14,5	2,5	12,0
Abfallwirtschaft	6,24	5,32	5,0	1,3	3,7
Industrie	20,63	20,54	20,5	1,25	19,25
Sonstige Gase	1,70 <sup>1</sup>	1,77	2,5	1,2	1,3
Landwirtschaft	5,59	5,04	5,0	0,5	4,5
Beitrag gemeinsamer Politiken und Maßnahmen der EU <sup>2</sup>	–	–	–	0,55	

<sup>1</sup> Daten 1995.

<sup>2</sup> Die gemeinsamen Politiken und Maßnahmen der EU wurden nicht näher einzelnen Emittentengruppen zugeordnet.

Die Reduktionen sind demnach so ausgelegt, dass Österreich das Kyoto-Ziel allein durch nationale Maßnahmen (sieht man vom Beitrag von 0,5 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente durch gemeinsame Politiken und Maßnahmen der EU ab) erfüllen können sollte.

Ein Beitrag der sogenannten „Kyoto-Mechanismen“<sup>15</sup> wurde dabei vorläufig nicht angenommen, zumal die entsprechenden Rahmenbedingungen noch festzulegen sind. Diesbezügliche Beschlüsse wurden bei der 6. Vertragsstaatenkonferenz angestrebt; sie werden nach dem Scheitern der Verhandlungen im November 2000 für die Verhandlungsrunde im Juni 2001 erwartet.

Das Maßnahmenpaket umfasst ordnungspolitische Maßnahmen, öffentliche Förderungen und Investitionen, ökonomische Maßnahmen (steuerliche Maßnahmen, nationaler Emissionshandel), Pilotprojekte und Informationskampagnen. Der zusätzliche Finanzbedarf für die Klima-Strategie 2000 beträgt 1,24 Mrd. ATS pro Jahr unter der Annahme einer moderaten Erhöhung bestehender Energieabgaben (einschließlich der Mineralölsteuern) und weiterer Schritte in Richtung Kostengerechtigkeit im Verkehrssektor. Die Kosten der Klimastrategie könnten dadurch verringert werden, dass weitere Maßnahmen zur Ökologisierung des Steuersystems ergriffen würden, da dann die Lenkungseffekte über die relativen Preisverhältnisse zwischen fossilen und erneuerbaren Energieträgern in den Märkten erfolgen würden. Bei entsprechender Ausgestaltung kann eine „echte“ ökologische Steuerreform neben der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen auch positive Effekte auf Wirtschaftswachstum und Beschäftigung erzielen (WIRTSCHAFTSFORSCHUNGSINSTITUT – WIFO, 1995).

Die Klima-Strategie 2000 zeigt jedenfalls, dass die technischen Voraussetzungen in Österreich gegeben sind, um die Emissionen von Treibhausgasen gemäß dem EU-burden sharing allein mit nationalen Maßnahmen zu verringern.

Es wird abzuwarten sein, inwieweit dieses Maßnahmenpaket, welches mit anderen kurzfristigeren politischen Zielen wie der Erreichung eines ausgeglichenen Staatshaushaltes konkurriert, tatsächlich beschlossen und umgesetzt werden wird.

<sup>15</sup> Unter Kyoto-Mechanismen werden der internationale Handel mit Emissionslizenzen (international emission trading), die gemeinsame Umsetzung von Maßnahmen zwischen Industriestaaten (Joint Implementation) und CDM (Clean Development Mechanism – d. h. sinngemäß Einsatz umweltfreundlicher Technologien in Entwicklungsländern) verstanden.

### 3.4.4 Europäische Union

Die Europäische Kommission hat im März 2000 ein Europäisches Programm zur Klimaänderung (ECCP) vorgestellt (COM(00)88). Wichtigstes Ziel des ECCP ist es, alle Elemente einer europäischen Strategie für die Klimaänderung zu ermitteln und zu entwickeln, die zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls erforderlich sind. Als Elemente werden angeführt:

- Emissionsminderung durch Politiken und Maßnahmen,
- Anwendung der flexiblen Instrumente,
- Kapazitätsaufbau und Technologieaufbau,
- Forschung und Beobachtung,
- Ausbildung und Aufklärung.

Die Kommission beabsichtigt, dem Rat konkrete politische Vorschläge mit Instrumenten wie technische Vorschriften, Besteuerung, freiwillige Vereinbarungen oder flexible Instrumente zu unterbreiten. Die Gesamtverwaltung und Koordinierung des ECCP soll durch einen Lenkungsausschuss erfolgen, in welchem Vertreter der Kommission, der Mitgliedstaaten, der Industrie und der Nichtregierungsorganisationen vertreten sein sollen. Für die folgenden Problembereiche wurden Arbeitsgruppen eingerichtet:

- Energie,
- Verkehr,
- Industrie,
- Flexible Instrumente

bzw. sollen Arbeitsgruppen eingerichtet werden:

- Landwirtschaft,
- Senken,
- Abfall,
- Kapazitätsaufbau und Technologietransfer,
- Forschung.

Aufgabe der Arbeitsgruppen ist vor allem die Bewertung der ökologischen und kostenspezifischen Auswirkungen von Politiken und Maßnahmen binnen 12 Monaten. Die folgende Übersicht zeigt die in der zitierten Mitteilung der Kommission vorgeschlagenen gemeinsamen und koordinierten Politiken und Maßnahmen im Bereich Klimaänderung:

**Energieversorgung:**

- Weiterentwicklung des Binnenmarktes für Elektrizität und Gas unter Einbeziehung der Umweltbelange
- Netzzugang für dezentralisierte Elektrizitätserzeugung bei Steigerung des Anteils erneuerbarer Energieträger
- Verstärkter Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung
- Verringerung der Methan-Emissionen im Bergbau und bei der Gewinnung von Bodenschätzen
- Energieeffizienz bei der Elektrizitäts- und Gasversorgung

**Industrie:**

- Verbesserung der Energieeffizienznormen für elektrische Ausrüstungen
- Verbesserung der Energieeffizienznormen für industrielle Prozesse
- Verbesserung der Energieeffizienz und Begrenzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (für Heizkessel, Bauprodukte, usw.)
- Bessere Energiedienstleistungen für Klein- und Mittelbetriebe (KMU)
- Entwicklung eines Rahmens für die EG-Politik im Bereich der fluorierten Gase (HFK, PFK, SF<sub>6</sub>)
- Entwicklung eines EG-weiten politischen Rahmens für den Emissionshandel
- Entwicklung eines Rahmens für freiwillige Vereinbarungen

**Energieverbrauch in Privathaushalten und im Tertiärsektor:**

- Öffentliche Beschaffung energieeffizienter Endverbrauchstechnologien
- Energieaudits und Wärmeleistungszertifikate
- Leistungsverbesserung in den Bereichen Bau/Beleuchtung
- Bauauslegung und Infrastrukturplanung

**Energieverbrauch im Verkehr:**

- Preisgestaltung im Verkehr und wirtschaftliche Instrumente für den Luftverkehr
- Steuerlicher Rahmen als Teil der Strategie „CO<sub>2</sub> und Kraftfahrzeuge“
- Erweiterung des Konzepts „Umweltfreundliches Fahrzeug“ auf Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge (bessere Emissions- und Kraftstoffnormen, neue Technologien und Kraftstoffe)
- Europäische Kampagne für kraftstoffsparendes Fahrverhalten

**Verkehrspolitik und Infrastruktur:**

- Revision der Verkehrspolitik (Frachtverkehr auf Schiene und Straße, Multimodalverkehr, Seeverkehr, Flugverkehr)
- Grünbuch über den Stadtverkehr unter Berücksichtigung der wachsenden Sorge angesichts der Verkehrsüberlastung
- Nachhaltige Mobilität und Intermodalität
- Satellitengestützte Navigationssysteme (GALILEO)

**Abfall:**

- Förderung der biologischen Behandlung biologisch abbaubarer Abfälle
- Revision der Richtlinie 86/278/EWG über Klärschlamm
- Verpackungen und Verpackungsabfall

Ohne Zweifel wird es erforderlich sein, dieses ambitionierte Programm im Wesentlichen umzusetzen, soll das Minderungsziel der EU gemäß dem Kyoto-Protokoll von minus 8 % auch erfüllt werden, beträgt doch der prognostizierte Anstieg der Emissionen der EU vom Jahr 2000 bis 2008/12 etwa 6 %, sofern keine zusätzlichen Maßnahmen gesetzt werden. Die tatsächlich notwendige Emissionsminderung beträgt daher etwa 14 % (nach PEW CENTER, 2000).

## Emissionshandel

Die Kommission stellte in ihrer Mitteilung an den Rat und an das Parlament betreffend „Vorbereitungen für die Umsetzung des Kyoto-Protokolls“ vom 19. Mai 1999, KOM (1999) 230 mit Besorgnis fest, dass die Treibhausgasemissionen nach einem Rückgang zu Anfang der 90er Jahre seit der Mitte dieses Jahrzehnts in der EU wieder ansteigen. Um diesem Trend Einhalt zu gebieten, zeigte die Kommission in einer Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger, anhand von elf Punkten einen Handlungsbedarf auf. Punkt 7 befasst sich mit dem Emissionshandel und lautet: *„Die Mechanismen des Kyoto-Protokolls, die den Vertragsparteien bei der Erreichung ihrer Emissionsminderungsziele eine gewisse Flexibilität sichern, müssen weiterentwickelt werden. Die Kommission erwägt für das Jahr 2000 breit angelegte Konsultationen mit allen Interessensgruppen auf der Grundlage eines Grünbuches über die Auswirkungen des Emissionshandels in der EU. Die Einrichtung eines Systems für den Emissionshandel in der Gemeinschaft bis zum Jahr 2005 könnte eine Option darstellen.“*

Das Grünbuch zum Handel mit Treibhausgasemissionen in der Europäischen Union wurde von der Kommission am 8.3.2000 (KOM (2000) 87 endg.) vorgestellt.

Das Grünbuch soll eine Diskussion über den Handel mit Treibhausgasemissionen in der Europäischen Union wie auch über die Beziehung zwischen dem Handel mit Emissionen und sonstigen mit Klimaänderungen befassten Politiken und Maßnahmen in Gang bringen. Das Grünbuch geht davon aus, dass sich die aus der Erfüllung der übernommenen Reduktionsverpflichtungen entstehenden Kosten für die Gemeinschaft reduzieren ließen, wenn der Emissionshandel sowohl innergemeinschaftlich als auch mit anderen Industrienationen betrieben werde. Zusammen mit anderen Politiken und Maßnahmen werde der Emissionshandel ein integraler und wesentlicher Bestandteil der gemeinschaftlichen Strategie zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls sein.

Ausdrücklich wird im Grünbuch betont, dass der Emissionshandel als solcher nicht zu Emissionsminderungen führt, sondern lediglich Anreize für die Suche nach den geringsten Kosten für Emissionsreduktionen schafft.

Beim nationalen und internationalen Handel mit Emissionen werden Einheiten, wie zum Beispiel Unternehmen, bestimmte Emissionsmengen zugeteilt. Unternehmen, die ihre Emissionen unter ihren Emissionsanteil senken, können den „Überhang“ an andere Unternehmen verkaufen, die Mühe haben, ihr Ziel zu erreichen. Dieser Handel höhle die umweltpolitischen Ziele nicht aus, da die festgelegte Gesamtemissionsmenge unverändert bleibe.

Doch schon bei diesen Aussagen könnten kritische Fragen ansetzen. Gibt es unbestreitbare „Verschmutzungsrechte“, die einem Unternehmen in einer bestimmten Menge „zuzuteilen“ sind? Wer nimmt die Zuteilung vor? Auf welcher Rechtsgrundlage erfolgt die Zuteilung? Wer legt die „Gesamtemissionsmenge“ fest? Auf welchen tatsächlichen und rechtlichen Grundlagen erfolgt die Festlegung der „Gesamtemissionsmenge“? Darf sich die umweltpolitische Zielsetzung in einer bestimmten Absenkung der Gesamtemissionsmenge erschöpfen? Darf sich ein Unternehmen oder ein Staat durch den Handel mit Emissionen (eventuell sogar zur Gänze) von eigenen Reduktionsmaßnahmen „freikaufen“? Ist der Emissionshandel mit dem Verursacher- und Vorsorgeprinzip vereinbar?

Diese Fragen werden im Grünbuch nicht explizit aufgeworfen, doch wird betont, dass der Emissionshandel ein neues Instrument für den Umweltschutz in der EU darstelle und es daher wichtig sei, noch vor dem Beginn des internationalen Handels mit Emissionsrechten im Jahr 2008 Erfahrungen mit der Umsetzung zu sammeln. Es gäbe also für die Europäische Gemeinschaft und ihre Mitgliedstaaten guten Grund, sich durch Einführung eines innergemeinschaftlichen Systems für den Handel mit Emissionen ab 2005 darauf vorzubereiten.

Im Wesentlichen wären bei der Einführung eines solchen Systems folgende Fragen zu entscheiden:

- Welche Länder und welche Unternehmen in welchen Bereichen werden sich beteiligen?
- Wie und durch wen sollten die Emissionsanteile Nichtbeteiligten zugewiesen werden?
- Wie soll die Zuweisung der Emissionsanteile für beteiligte Unternehmen erfolgen?
- Wie kann der Emissionshandel auf bereits eingeführte Politiken und Maßnahmen, auf technischen Vorschriften, Umweltvereinbarungen und steuerlichen Anreizen aufbauen?

- Wie lässt sich eine gleichwertige Verteilung der Anstrengungen auf die in den Emissionshandel einbezogenen Unternehmen und solchen, die anderwertigen Politiken und Maßnahmen unterworfen sind, sicherstellen?

In den internationalen Verhandlungen drängt die EU die Industrieländer, als wichtigstes Handlungsmittel Politiken und Maßnahmen im eigenen Land durchzusetzen. Jeder gemeinschaftliche Handel mit Emissionen sollte bestehende Fundamente (ordnungspolitische bzw. technische Normen, Energiesteuern, Umweltvereinbarungen) stärken, auf keinen Fall jedoch schwächen. Die Vorzüge des Emissionshandels könnten jedoch nur dann zum Tragen kommen, wenn ein konsequentes Überwachungs- und Erfüllungskontrollsystem mit vertretbaren Kosten eingerichtet wird. Die zulässigen Emissionsanteile sollen quantitativ in Tonnen Kohlendioxidäquivalent ausgedrückt werden, um die Kompatibilität mit dem Emissionshandel nach dem Kyoto-Protokoll zu gewährleisten.

Eine politische Einigung über die Aufteilung der EU-Reduktionsziele unter den Mitgliedstaaten wurde im Juni 1998 erzielt und wird als „Lastenverteilungsvereinbarung“ („Burden Sharing“-Vereinbarung, Anhang 1 zu KOM (1999) 230 endg. vom 19.5.1999) bezeichnet.

Als Branchen, die in ein System des Emissionshandels einbezogen werden könnten, werden im Grünbuch angeführt:

- Strom- und Wärmeerzeugung,
- Eisen und Stahl,
- Raffinerien,
- Chemische Industrie,
- Glas, Keramik und Baustoffe (einschl. Zement),
- Papier und Druck.

Die Lastenverteilungsvereinbarung der EU würde im ersten Verpflichtungszeitraum (2008 bis 2012) durch eine EU-Erweiterung nicht angetastet werden. Nach 2012 könnten neue Mitgliedstaaten in die „EG-Bubble-Regelung“ integriert werden. Dem Status von Nicht-EU-Ländern müsste aber schon vorher Rechnung getragen werden, (etwa durch gegenseitige Anerkennung), um eigene Programme für den Emissionshandel oder eine gewünschte Einbeziehung in das gemeinschaftsweite System zu ermöglichen.

Bezüglich der Zuweisung von Emissionsanteilen durch Mitgliedstaaten an die Unternehmen wirft das Grünbuch eine Reihe von noch ungelösten Fragen auf. Zwei Möglichkeiten der Zuteilung werden erörtert: die Versteigerung oder die unentgeltliche Zuteilung aufgrund des „Besitzstandes“. Bevorzugt wird vom Grünbuch die Versteigerung.

Besondere Bedeutung wird im Grünbuch der Sicherung von Ausgewogenheit zwischen dem Emissionshandel und sonstigen Politiken und Maßnahmen beigemessen.

Gegenwärtig beschränkt sich die Rolle der Gemeinschaft bei Kontrolle der Einhaltung des Protokolls von Kyoto durch die Mitgliedstaaten auf Beobachtung. Ein gemeinschaftsweites System des Emissionshandels würde die Möglichkeit bieten, gegen Mitgliedstaaten Durchsetzungsmaßnahmen zu ergreifen.

### 3.4.5 Global

Das IPCC geht von vier verschiedenen Szenarien (A1, A2, B1, B2) bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Emissionen aus. Diese Szenarien unterscheiden sich bezüglich der globalen sozio-ökonomischen und technischen Entwicklung bzw. der damit verknüpften Konsum- und Produktionsmuster und lassen sich wie folgt charakterisieren:

**Szenario A1:**

- maximale Weltbevölkerung um 2050
- sehr hohes Wirtschaftswachstum
- Verringerung der Einkommensunterschiede zwischen Industrie- und Entwicklungsländern
- rasche Einführung von neuen und effizienteren Technologien
- **Szenario A1FI** fossile Energieträger vorherrschend
- **Szenario A1T** nicht-fossile Energieträger vorherrschend
- je nach vorherrschenden Energieträgern (fossile oder nicht-fossile Energieträger) globale CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 5 und 35 GtC (Gigatonnen Kohlenstoff bzw. 10<sup>12</sup> Tonnen C) im Jahr 2010

**Szenario A2:**

- stetig steigende Weltbevölkerung bis 2100
- global gesehen geringeres Wirtschaftswachstum
- regional stark unterschiedliche Wirtschaftsentwicklung
- langsamere Einführung von neuen und effizienteren Technologien
- stetig steigende CO<sub>2</sub>-Emissionen, im Jahr 2010 ähnlich hoch wie beim Szenario A1FI (25 bis 35 GtC)

**Szenario B1:**

- maximale Weltbevölkerung um 2050 (wie A1)
- rasche Umwandlung der Wirtschaftsstruktur in Richtung Dienstleistungsgesellschaft und Informationszeitalter
- Verringerung der Einkommensunterschiede zwischen Industrie- und Entwicklungsländern
- rascher Einsatz von sauberen und Ressourcen schonenden Technologien
- Betonung auf globalen Lösungsansätzen
- geringe globale CO<sub>2</sub>-Emissionen (von 4 bis 11 GtC im Jahr 2010), geringste Emissionen über die kommenden 100 Jahre betrachtet

**Szenario B2:**

- stetig steigende Weltbevölkerung bis 2100 (wie A2)
- regional stark unterschiedliche Wirtschaftsentwicklung
- langsamere Einführung von sauberen und Ressourcen schonenden Technologien
- stetig steigende CO<sub>2</sub>-Emissionen (von 5 bis 22 GtC im Jahr 2010)

Die folgende Tabelle 4 gibt einen Überblick über die kumulativen CO<sub>2</sub>-Emissionen der einzelnen Szenarien, die Reserven an fossilen Energieträgern und die historischen Emissionen.

Tab. 4: Vergleich der kumulativen CO<sub>2</sub>-Emissionen der einzelnen Szenarien sowie grobe Schätzungen der entsprechenden CO<sub>2</sub>-Konzentrationen.

Szenario	kumulative CO <sub>2</sub> -Emissionen	CO <sub>2</sub> -Konzentration
	1990 bis 2100 (GtC)	
B1	989	550
A1T	1.038	650
B2	1.166	750
A2	1.773	
A1FI	2.128	
Kumulative Emissionen 1860-1997 aus fossilen Energieträgern	290	
Kumulative konventionelle Öl- und Gasreserven	397	
Kumulative konventionelle Öl, Gas und Kohlereserven	1.491	
Kumulative Reserven an fossilen Energieträgern	5.000	

Generell gilt, dass die Art der speziellen Maßnahmen zur Emissionsminderung von Treibhausgasen abhängig ist von der allgemeinen Entwicklung bzw. welchem Szenario die tatsächliche Entwicklung folgt und dem angestrebten Minderungsziel. Die Analyse des IPCC zeigt, dass die Bedeutung der globalen sozio-ökonomischen und technischen Entwicklung für die Emissionen an Treibhausgasen ebenso groß ist wie die der speziellen Maßnahmen zur Emissionsminderung. Eine nachhaltige Entwicklung, gekoppelt mit technischer und sozialer Innovation, resultiert in niedrigen Emissionen, während eine Fortsetzung einer Energiewirtschaft, welche auf der Nutzung fossiler Energieträger beruht sowie eine Fortsetzung der Rodung von Waldgebieten wesentlich größere zusätzliche emissionsmindernde Maßnahmen erforderlich machen, wenn gleich hohe Emissionen erreicht werden sollen.

Zusammenfassend ist bezüglich der Szenarien festzustellen, dass die Verfolgung globaler Strategien, gekoppelt mit einer Verringerung der Einkommensunterschiede zwischen Industrie- und Entwicklungsländern sowie mit einem raschen Umbau der Wirtschaft in Richtung Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft die besten Voraussetzungen zur Eindämmung des anthropogenen Treibhauseffektes bieten. Allen Szenarien gemeinsam ist, dass die globalen CO<sub>2</sub>-Emissionen zumindest bis etwa 2030 weiter ansteigen werden (Hinweis: bei den Szenarien wurden spezielle Maßnahmen zur Minderung der Treibhausgas-Emissionen allerdings nicht angenommen).

Das IPCC zieht vor allem folgende Möglichkeiten zur Emissionsminderung von Treibhausgasen in Betracht:

- Verbesserung der Energieeffizienz.
- Einführung von Energieträgern mit niedrigem Kohlenstoffgehalt (vor allem Erdgas in der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts und Biomasse in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts).
- Erhaltung oder Ausweitung von terrestrischen Kohlenstofflagern (z. B. Wälder, Kohlenstoff in Böden).
- Emissionsminderungen bei nicht-energetischen Quellen und Nicht-CO<sub>2</sub>-Treibhausgasen.

Die folgende Tabelle 5 stellt im Rahmen einer globalen Betrachtung den Beitrag der einzelnen Sektoren zum Treibhauseffekt, den gegenwärtigen Trend, das wirtschaftliche Minderungspotenzial und die Kosten einander gegenüber.

Tab. 5: Beitrag der einzelnen Sektoren zum Treibhauseffekt, gegenwärtiger Trend, wirtschaftliches Minderungspotenzial und Kosten.

Sektor	Beitrag zum Treibhauseffekt (MtC <sub>eq</sub> /a)	Durchschnittlicher Trend von 1990-1995 (%)	Wirtschaftliches Minderungspotenzial im Jahr 2010 (MtC <sub>eq</sub> /a) <sup>1</sup>	Gegenwärtige Kosten in Euro/tC <sub>eq</sub>
Energie	1.620	1,5	85	-100 bis +250
Industrie	2.293	0,4	300-500	-250 bis +300
HFCs <sup>2</sup>	280	2,5	20	0 bis +300
Transport	1.078	2,4	120-295	-200 bis +300
Bauten	1.646	1,0	715	-300 bis +100
Landwirtschaft	1.390-2.720 <sup>3</sup>	0,6	300 <sup>4</sup>	-100 bis +300
Abfall	240	TBD <sup>5</sup>	300	-100 to 0
Forstwirtschaft	TBD	TBD	NA <sup>6</sup>	NA

Quelle: IPCC (2001b)

<sup>1</sup> Wenn kein Bereich angegeben ist, bedeutet dies nicht, dass die Unsicherheit geringer ist, sondern dass nur eine Abschätzung vorliegt.

<sup>2</sup> HFCs: Abkürzung für Hydrofluorocarbons (deutsch: Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe).

<sup>3</sup> Die Unsicherheit des Beitrags der Landwirtschaft ist vor allem bedingt durch die große Unsicherheit der Emissionen von N<sub>2</sub>O und CO<sub>2</sub> aus Böden.

<sup>4</sup> Die Angaben beziehen sich auf die Kohlenstoffaufnahme im Boden im Jahr 2050; es ist schwierig, für das Jahr 2010 entsprechende Angaben zu machen.

<sup>5</sup> To be determined.

<sup>6</sup> Not available.

Die bereits jetzt zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten erlauben jedenfalls auch eine Stabilisierung der CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf einem relativ geringen Niveau (unter 450 ppm). Die Kosten der Minderungsmaßnahmen liegen zwischen wenigen minus hundert Euro pro Tonne vermiedener Kohlenstoffemission (d. h. die Maßnahme ist sogar profitabel) bis zu plus wenigen hundert Euro pro Tonne. Die Verfügbarkeit und der Einsatz von technologischen Maßnahmen sind als Schlüssel für die Begrenzung der Emissionen anzusehen.

Es wird vom IPCC allerdings auch einschränkend festgestellt, dass eine erfolgreiche Umsetzung der angesprochenen Maßnahmen einer Überwindung technischer, ökonomischer, politischer, sozialer und/oder institutioneller Barrieren bedarf und es wird darauf hingewiesen, dass wesentliche technologische Änderungen auf globaler Ebene den Zeitrahmen von Dekaden beanspruchen. Das IPCC stellt allerdings auch Synergien in der Überwindung von Barrieren für eine nachhaltige Entwicklung (Anmerkung: darunter wird stets nicht nur die ökologische Nachhaltigkeit sondern auch die wirtschaftliche Nachhaltigkeit verstanden) und in der Überwindung von Barrieren bezüglich von Maßnahmen zur Emissionsminderung von Treibhausgasen fest.

Folgende Maßnahmen zur Überwindung der angesprochenen Barrieren sieht das IPCC als wesentlich an:

- Verbesserung der Möglichkeiten im Bereich von Ausbildung, Informationsverarbeitung und von Institutionen.
- Verbesserung der Rahmenbedingungen für private und staatliche Initiativen, um Märkte für umweltfreundliche Technologien (environmentally sound technologies – EST) zu schaffen.
- Einrichtung von entsprechenden Mechanismen zur Unterstützung der internationalen Verbreitung.

An nationalen und internationalen Politiken und Maßnahmen führt das IPCC die folgenden an:

- Emissions-/Kohlenstoff-/Energiesteuern,
- Handelbare Emissionslizenzen,
- Subventionen,
- Absetzbeträge/Steuererleichterungen,
- Freiwillige Vereinbarungen,
- Nicht-handelbare Emissionslizenzen,
- Technische Standards (z. B.: Energieeffizienzstandards),
- Produktverbote,
- Förderungen durch die Regierung,
- Begünstigung von Investitionen durch die Regierung,
- Forschung und Entwicklung.

Es wird vom IPCC darauf hingewiesen, dass meist eine Kombination von Instrumenten eingesetzt wird, wobei die Kriterien zur Auswahl u. a. sind: Wirksamkeit zur Erreichung der Umweltziele, Kosteneffizienz, Verteilungseffekte, administrative und politische Machbarkeit, Durchsetzbarkeit, Einklang mit anderen politischen Zielen. Es können keine allgemein gültigen Empfehlungen für die Präferenz der verschiedenen Instrumente angegeben werden. Es besteht ferner die Möglichkeit, alle diese Instrumente nicht nur auf nationaler Ebene sondern auch auf internationaler Ebene einzusetzen. Die am meisten diskutierten internationalen Instrumente sind internationaler Handel mit Emissionslizenzen, gemeinsame Umsetzung (Joint Implementation), Clean Development Mechanisms (CDM), harmonisierte Emissions-/Kohlenstoff-/Energiesteuer, internationale technische Standards, freiwillige Vereinbarungen.

Bezüglich der Kosten wird vom IPCC darauf hingewiesen, dass vielfach die Kosten von Maßnahmen durch Vorteile wie verminderte Energiekosten, verminderte Emissionen konventioneller Luftschadstoffe aufgehoben werden. Es handelt sich dabei um sogenannte „no-regret-Maßnahmen“ oder Maßnahmen, deren Umsetzung in jedem Fall empfehlenswert ist. In der Regel sind diese positiven Nebeneffekte in den Kostenangaben nicht berücksichtigt.

Die Kosten zur Erfüllung der Kyoto-Ziele sind nach Feststellung des IPCC jedenfalls klein im Vergleich zu den Unsicherheiten betreffend der erwarteten wirtschaftlichen Entwicklung. Sie beeinflussen das Wirtschaftswachstum in den kommenden 10 Jahren im Bereich von 0,01 bis 0,1 % pro Jahr und würden somit das Wirtschaftswachstum um einige Wochen bis einige Monate verzögern.

Es ist ferner absehbar, dass manche Wirtschaftssektoren wirtschaftlich verlieren werden (z. B. Kohle, energieintensive Produkte) während andere gewinnen werden (z. B. erneuerbare Energieträger). Nach Analyse des IPCC zählt die Ölwirtschaft in den kommenden Jahren jedenfalls noch nicht zu den Verlierern. Es sind auch gewisse Instrumente zur Abfederung der negativen Auswirkungen verfügbar (z. B. Umstrukturierung bzw. Diversifizierung).

## Literatur

- AUER, I.; BÖHM, R.; SCHÖNER, W. (2001): Austrian long-term climate: Multiple instrumental time series in Central Europe (1767-2000). Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, ZAMG. Wien.
- CLIMATE RESEARCH UNIT – CRU (2000): University of East Anglia. UK. [www.cru.uea.ac.uk/info/warming](http://www.cru.uea.ac.uk/info/warming)
- ECOFYS (2000): Economic Evaluation of Emissions Reductions of HFCs, PFCs and SF6 in Europe. Cologne.
- EUROPEAN COMMISSIONS (1999): EU Transport in Figures: Statistical Pocket Book. July 1999. European Commissions, DG Transport in co-operation with Eurostat.
- EUROPEAN COMMISSIONS (2000): Energy in Europe: 1999 – Annual Energy Review. Special Issue – January 2000. European Commission, Directorate-General for Energy.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY – EEA (2000a): Are we moving in the right direction? Indicators on transport and environment integration in the EU. TERM 2000. Environmental issues series No 12. Copenhagen.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY – EEA (2000b): European Community and Member States greenhouse gas emission trends 1990-1998. Topic Report No 6. Copenhagen.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (1999): Aviation and the global atmosphere., Cambridge University Press. Cambridge (UK).
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2001a): Third Assessment Report.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (2001b): Third Assessment Report. Summary for Policy Makers. IPCC Working Group III.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA (2000): CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion 1971-1998. IEA Statistics., Paris.
- MARCH CONSULTING (1998): Opportunities to minimise emissions of HFCs from the European Union. UK.
- ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT – OESTAT (1998): Energieversorgung Österreichs – April 1998. Wien.
- ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT – OESTAT (2000): Energieversorgung Österreichs – Februar 2000. Wien.
- PEW CENTER (2000): The European Union and Global climate change. A review of five National Programms prepared for the Pew Center on Global Climate Change, June 2000.
- UNITED NATIONS (1999): National Communications from Parties included in Annex I to the Convention: greenhouse gas inventory data, 1990 to 1997. FCCC/SBI/1999/12.
- UNITED NATIONS (2000): National Communications from Parties included in Annex I to the Convention: greenhouse gas inventory data from 1990 to 1998. FCCC/SBI/2000/11.
- WIRTSCHAFTSFORSCHUNGSINSTITUT – WIFO (1995): Makroökonomische und sektorale Auswirkungen einer umweltorientierten Energiebesteuerung in Österreich. Wien.