

6.1 TREIBHAUSGASEMISSIONEN UND KLIMAWANDEL

6.1.1 EINLEITUNG

Forschung im Bereich Klimawandel besteht aus einem Dreiklang: Dem Bereich **Vermeidung von Treibhausgasemissionen** und Bindung von Treibhausgasen bzw. Kohlenstoff (Kernfrage: Wie kann die Emission von klimarelevanten Treibhausgasen verhindert werden bzw. wie können diese wieder aus der Atmosphäre entfernt werden? engl. Mitigation bzw. Sequestration), dem Bereich der **Klimafolgenforschung** (Kernfrage: Was hat die Klimaänderung für Auswirkungen auf Mensch und Geoökosystem in den verschiedenen Regionen der Erde? engl. Impact) und dem an Bedeutung zunehmenden Bereich der **Entwicklung von Anpassungsstrategien** an den Klimawandel (Kernfrage: Wie können bzw. müssen sich verschiedene Wirtschaftssektoren in den Regionen der Erde an den Klimawandel anpassen?).

Eine wachsende Anzahl von Beobachtungen ergibt insgesamt das Bild einer sich erwärmenden Erde und anderer Veränderungen im Klimasystem. Veränderungen des Meeresspiegels, der Schneedecke, der Eisdicke und der Niederschläge sind mit einer Klimaerwärmung an der Erdoberfläche konsistent (IPCC, 2001). Vermehrt auftretende Wetteranomalien und Extremwetterereignisse werden heute von der überwiegenden Mehrzahl von Wissenschaftlern aus aller Welt auf den laufenden Klimawandel zurückgeführt (IPCC, 2002).

Es gibt neue und klarere Belege, dass der Großteil der Erwärmung in den letzten 50 Jahren menschlichen Aktivitäten – der Emission von **Treibhausgasen** (THG) – zuzuschreiben ist (IPCC, 2001). Treibhausgase beeinflussen die Energieflüsse in der Atmosphäre durch die Absorption von Infrarot-Strahlung. Die wichtigsten anthropogenen Treibhausgasemissionen sind Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O).

In Österreich sind die Treibhausgasemissionen zwischen 1990 und 2001 um rund 10 % gestiegen. Damit lagen die Emissionen schon im Jahr 2001 auf dem mit derzeit bestehenden Maßnahmen für das Jahr 2010 prognostizierten Niveau. Österreich ist damit weit von der Erfüllung der 13 % Reduktionsverpflichtung des Kyoto-Protokolls entfernt. Österreich muss daher seine Emissionen um jährlich mindestens 1,4 Mio. t CO₂-Äquivalente absenken, um seine eingegangenen Verpflichtungen erfüllen zu können.

Die anhand von Klimamodellen für das 21. Jahrhundert prognostizierten Änderungen des globalen Klimasystems üben – vor allem aufgrund ihrer Geschwindigkeit – einen erheblichen Anpassungsdruck auf alle Ökosysteme aus, aber auch auf eine Vielzahl menschlicher Aktivitäten.

Für die mittleren Breiten (Mitteleuropa) wird Folgendes prognostiziert: eine Zunahme der Jahresmitteltemperatur und vor allem der Wintertemperatur, ein Rückgang der Schneebedeckung in tieferen Lagen, ein fortschreitender Rückgang der Alpengletscher und Verschiebungen im Niederschlagsmuster – u. a. mehr konvektive Niederschläge (Gewitter). Die rasche Verschiebung von Vegetationszonen polwärts

bzw. in höhere Lagen überfordert die Anpassungsfähigkeit natürlicher wie menschlich beeinflusster Ökosysteme und kann zur Migration oder zum Aussterben von Arten führen. Beeinträchtigungen werden in Mitteleuropa insbesondere in den Bereichen Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Energiewirtschaft und Tourismus erwartet. Die generelle Erwärmung kann zum Auftreten von Krankheitserregern, die derzeit auf warme Regionen beschränkt sind, in gemäßigten Breiten führen (siehe Kapitel 2.1.3.2). Nicht zuletzt veranschaulichen auch die Folgen des Jahrhunderthochwassers im August 2002 (siehe Kapitel 6.2) mehr denn je die Bedeutung von Anpassungsmaßnahmen an den sich vollziehenden Klimawandel.

6.1.2 UMWELTPOLITISCHE ZIELE

Die prognostizierten und bereits eingetretenen Veränderungen des globalen Klimasystems und die dadurch bedingten ökologischen und ökonomischen Probleme haben auf internationaler Ebene die Bereitschaft geschaffen, akkordierte Maßnahmen zur Verminderung der anthropogenen Treibhausgasemissionen zu setzen. Im Jahr 1992 wurde die **Klimarahmenkonvention** (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) beschlossen, die mittlerweile von 188 Staaten, darunter auch Österreich, ratifiziert wurde (Stand: 17. Februar 2003). Ziel der Konvention ist die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird (UNFCCC, 1992).

Box 6.1-1_E: Kyoto-Protokoll

Im sogenannten **Kyoto-Protokoll**, das mittlerweile von 120 Staaten ratifiziert wurde (Stand: 26. November 2003), aber noch nicht in Kraft getreten ist, haben die Industriestaaten quantitative Emissionsreduktionsziele vereinbart. Die EU hat sich dabei zu einer Reduktion der THG-Emissionen um 8 % bis 2010 auf Basis 1990 verpflichtet. Die EU Mitgliedstaaten haben beschlossen, diese Reduktion gemeinsam zu erreichen und unterschiedliche Reduktionsziele für die einzelnen EU Mitgliedstaaten vereinbart („Glockenlösung“). Österreich hat sich in der europäischen Glockenlösung zu einer Reduktion der THG-Emissionen um 13 % bis 2010 auf Basis 1990 verpflichtet (siehe Tabelle 6.1-1).

Allerdings sind die Reduktionsziele im Kyoto-Protokoll bzw. in der EU Glockenlösung bei weitem nicht ausreichend um das Ziel der Stabilisierung der THG-Konzentrationen in der Atmosphäre zu erreichen, da diese eine Minderung der globalen THG-Emissionen um mindestens 70 % voraussetzt. Der Zeitpunkt der Minderung bestimmt das Niveau der Stabilisierung: je früher die Minderung erzielt wird, desto niedriger ist das Niveau, auf dem sich die THG-Konzentration in der Atmosphäre stabilisiert (IPCC, 2001).

Das BMLFUW hat gemeinsam mit anderen Ministerien und den Bundesländern die „Strategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels“ (Klimastrategie) ausgearbeitet (BMLFUW, 2002). Kern dieser Strategie ist die Definition von Sektorzielen und die Formulierung eines Kyoto-Maßnahmenpakets.



Tab. 6.1-1: Reduktionsziele 2008–2012 unter dem Kyoto-Protokoll und der „EU Glockenlösung“ in Bezug auf das Basisjahr (1990 für CO₂, CH₄, N₂O, 1995 für die fluorierten Gase).

Mitgliedstaat	Ziele 2008–2012 unter dem Kyoto-Protokoll und der "EU Glockenlösung"
Österreich	- 13,0%
Belgien	- 7,5%
Dänemark	- 21,0%
Finnland	0,0%
Frankreich	0,0%
Deutschland	- 21,0%
Griechenland	25,0%
Irland	13,0%
Italien	- 6,5%
Luxemburg	- 28,0%
Niederlande	- 6,0%
Portugal	27,0%
Spanien	15,0%
Schweden	4,0%
Großbritannien	- 12,5%
EU-15	- 8,0%

6.1.3 SITUATION UND TRENDS

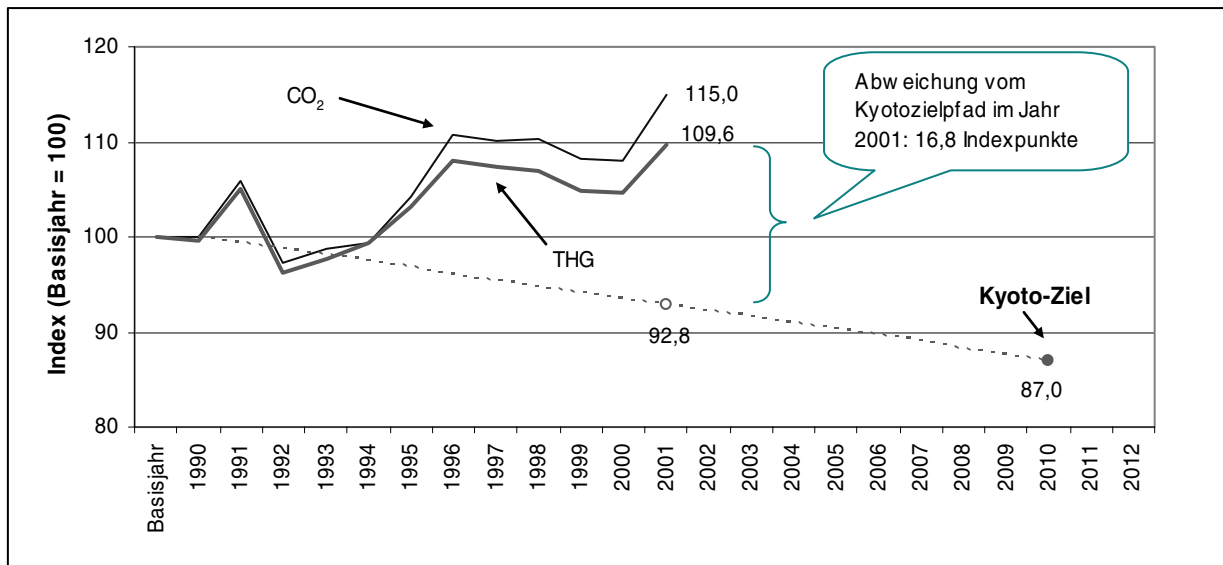
Österreich ist dem Treibhausgas-Reduktionsziel des Kyoto-Protokolls von 13 % in den vergangenen Jahren nicht nähergekommen. Abbildung 6.1-1 zeigt, dass die Treibhausgasemissionen seit dem Basisjahr um 9,6 % (2001) gestiegen sind³⁹. Damit betrug die Abweichung vom linearen (hypothetischen) Kyoto-Zielpfad im Jahr 2001 16,8 Indexpunkte. Mit dieser Abweichung liegt Österreich an viertletzter Stelle unter den EU-Staaten.

Der Grund für den Anstieg der österreichischen THG-Emissionen liegt im Wesentlichen beim steigenden fossilen Brennstoffeinsatz und den damit zunehmenden CO₂-Emissionen. Die größten Steigerungsraten verzeichnet der Verkehrssektor, dessen Treibhausgasemissionen seit 1990 mit + 49 % um beinahe die Hälfte angewachsen sind.

Auffallend im Trendverlauf sind die Emissionsspitzen der Jahre 1991 und 1996. Sie wurden durch sehr kalte Winter und die damit verbundenen erhöhten Brennstoff-

³⁹ Bei Redaktionsschluss dieses Berichts lagen die Zahlen 1990-2001 vor. Bei Erscheinen des Berichts liegt bereits eine Zeitreihe 1990-2002 vor, die in separaten Berichten des Umweltbundesamtes veröffentlicht werden. Die wichtigsten Ergebnisse der neuen Zeitreihe sind in Anhang „Ergebnisse der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur 2002“ enthalten.

einsätze zur Wärme- und Stromgewinnung, insbesondere in den Bereichen Kleinverbraucher und Energieversorgung verursacht.



Quelle: UMWELTBUNDESAMT (2003a)

Anmerkung: Die Abbildung gibt die Abweichung der Treibhausgasemissionen vom ‚Kyotozielpfad‘ im Jahr 2001 an. Dieser Zielpfad ist eine gerade Linie zwischen dem Basisjahr 1990 und dem Zieljahr 2010. Diese Methode der Fortschrittsbewertung wird auch von der Europäischen Kommission (EC, 2003) und der Europäischen Umweltagentur (EEA, 2003) angewandt.

Abb. 6.1-1: Verlauf der österreichischen Treibhausgas-Emissionen (THG) in CO₂-Äquivalenten im Vergleich zum Kyoto-Ziel.

Auch im Jahr 2001 kam es zu einer Steigerung der Treibhausgasemissionen um 4,8 %. Dies lässt sich einerseits auf einen erhöhten Brennstoffverbrauch, bedingt durch das im Vergleich zum Vorjahr relativ kalte Jahr 2001 erklären (die Heizgradtage⁴⁰ lagen 14 % über dem Vorjahreswert, siehe Abbildung 6.1-2), andererseits durch die vermehrte Beschickung von Strom- und Fernwärmekraftwerken mit emissionsintensiver Braun- und Steinkohle.

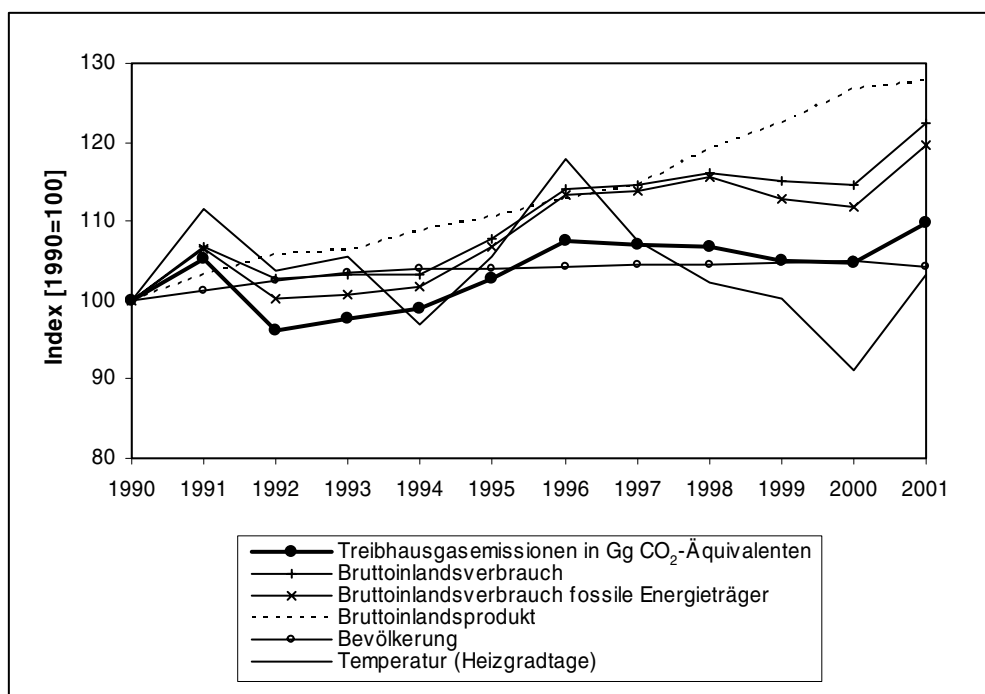
6.1.3.1 Gesamtwirtschaftliche Einflussfaktoren

Der Verlauf der Treibhausgasemissionen hängt grundsätzlich von vielen Faktoren ab. Da rund zwei Drittel der Treibhausgasemissionen durch die Energieerzeugung bedingt sind, ist der wichtigste Parameter die Entwicklung des Energieverbrauchs und des Energieträgermixes. Folgende Faktoren können die Treibhausgasemissionen maßgeblich beeinflussen (UMWELTBUNDESAMT, 2003a):

- Bevölkerungswachstum
- Wirtschaftswachstum
- Temperaturverlauf und der damit verbundene Heizaufwand (Heizgradtage)
- Steigerungen der Effizienz des Energieeinsatzes

- Anteil der erneuerbaren Energieträger, etwa Stromproduktion in Wasserkraftwerken (sie beeinflusst den notwendigen Ausgleich aus kalorischen Kraftwerken)
- Mix der fossilen Energieträger, etwa in kalorischen Kraftwerken (bei der Verbrennung von Erdgas entsteht pro Energieeinheit rund 40 % weniger CO₂ als bei der Verbrennung von Kohle)
- Struktur- und Preiseffekte der Liberalisierung der Energiemärkte, die etwa den Einsatz verschiedener Energieträger zur Stromproduktion und den Stromimport beeinflussen
- Weltmarktpreise für Energie
- Strukturveränderungen in der Wirtschaft und im Konsumverhalten.

In Abbildung 6.1-2 ist die Veränderung wichtiger Einflussfaktoren sowie des Treibhausgasausstoßes Österreichs als Index (d. h. relativ zu 1990) dargestellt:



Quelle: UMWELTBUNDESAMT (2003b)

Abb. 6.1-2: Treibhausgasemissionen und treibende Kräfte 1990 bis 2001.

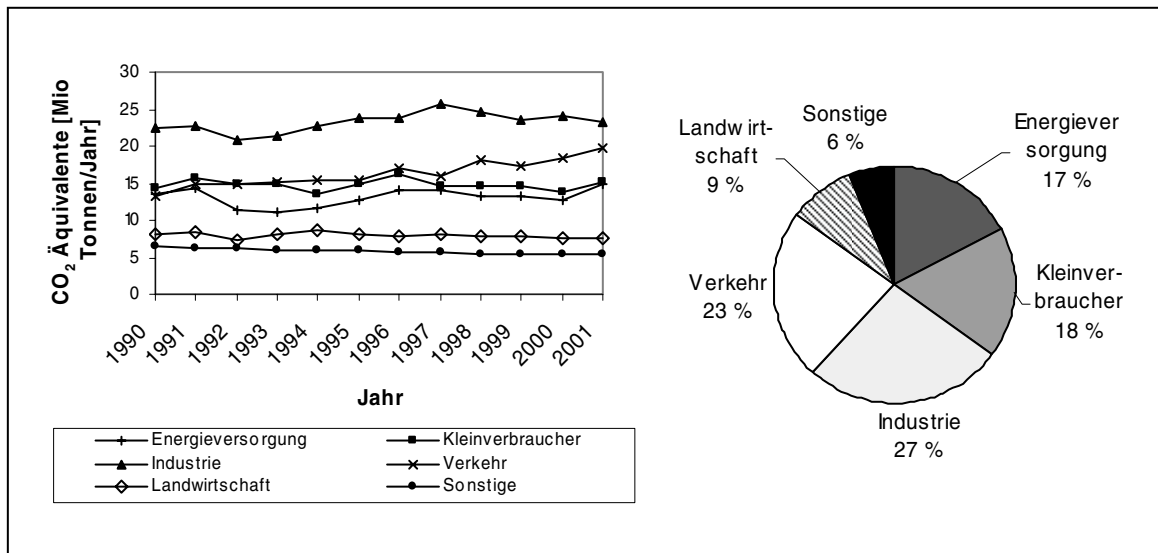
Die Treibhausgasemissionen haben sich seit 1990 um rund 10 % erhöht, während die Bevölkerung um bloß 4 % gestiegen ist. Allerdings ist eine gewisse Entkopplung des Treibhausgas-Trends vom Bruttoinlandsprodukt (+ 28 %) und vom Energieverbrauch (+ 22 %) zu verzeichnen. Dadurch fiel die Treibhausgasintensität des Bruttoinlandsprodukts um 17 % und jene des Energieverbrauchs um 8 %. Wichtige Ursachen für diese Entkopplung waren Effizienzsteigerungen bei industriellen

⁴⁰ Heizgradtage errechnen sich aus der Summe der Temperaturdifferenzen zwischen einer bestimmten konstanten Raumtemperatur (20 °C) und dem Tagesmittel der Lufttemperatur, falls diese gleich oder unter einer angenommenen Heizgrenztemperatur von 12 °C liegt.

Prozessen, der geringere Einsatz fester Brennstoffe (insbesondere Kohle) und der wirtschaftliche Strukturwandel.

6.1.3.2 Sektorale Emissionstrends

Abbildung 6.1-3 zeigt die Trends der einzelnen Emittentengruppen von 1990-2001 und die Anteile der sechs Hauptverursachergruppen an den Treibhausgasemissionen Österreichs für das Jahr 2001. 2001 lagen die Anteile der einzelnen Emittentengruppen an den gesamten Emissionen der Treibhausgase für den Sektor Industrie bei 27 %, für den Sektor Verkehr bei 23 %, für die Kleinverbraucher bei 18 %, für die Energieversorgung bei 17 % und für die Landwirtschaft bei 9 %. Die Gruppe der Sonstigen emittierte im Jahr 2001 6 % der Klimagase, wobei es sich hier zum überwiegenden Teil um Methanemissionen aus Mülldeponien handelt.



Quelle: UMWELTBUNDESAMT (2003b)

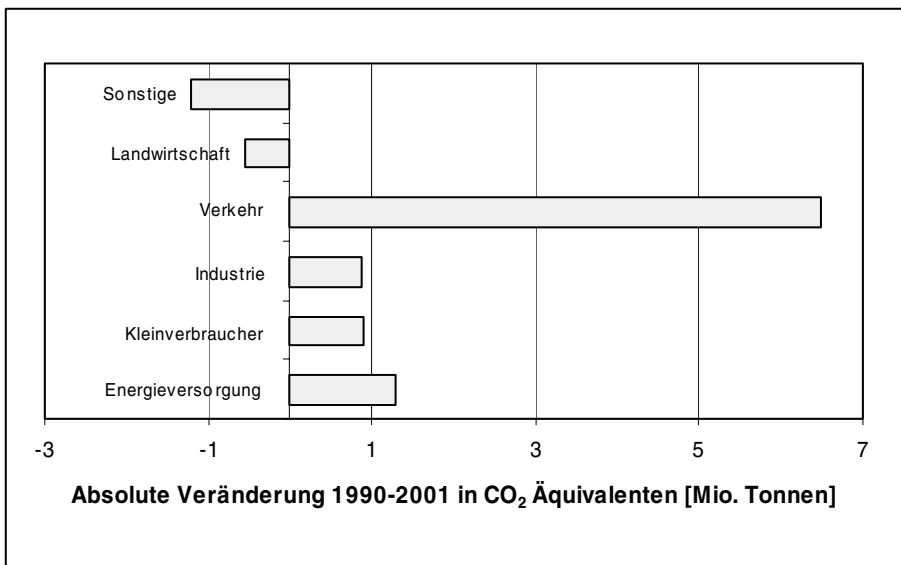
Abb. 6.1-3: Treibhausgasemissionen nach Sektoren 1990-2001 und Anteile der Hauptverursacher an den Treibhausgasemissionen 2001.

Die Treibhausgasemissionen des Sektors Verkehr sind zwischen 1990 und 2001 von allen Sektoren am stärksten, nämlich um 49 % auf 19,8 Mio. Tonnen angestiegen⁴¹. Es folgt der Energieversorgungssektor mit einem Zuwachs von 9,5 %. Dieser ist vor allem durch den starken Anstieg 2000 auf 2001 verursacht. Der Ausstoß an Treibhausgasemissionen der Energieversorgung betrug im Jahr 2001 14,8 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente. Die THG-Emissionen der Kleinverbraucher stiegen von

⁴¹ Es wird darauf hingewiesen, dass die Gesamtemissionen des Sektors Verkehr in diesem Kapitel und im Kapitel „Luft“ nicht den Gesamtemissionen des Kapitels „Verkehr“ entsprechen. Letzteres enthält die Emissionen des Gesamtverkehrs, also auch Emissionsquellen, die gemäß den internationalen Berichtspflichten in diesem Kapitel und im Kapitel „Luft“ den Sektoren Kleinverbraucher, Industrie und dem internationalen Flugverkehr zugeordnet sind. Für einen Überblick über die Verursachereinteilung siehe Kapitel 4.2.3, Box 4.2-10_E. Weiters bauen die im Kapitel „Verkehr“ behandelten Emissionen auf die Zeitreihe 1980 bis 2002 auf.

1990 bis 2001 um 6 %. Die Spitze im Jahr 1996 weist auf den vermehrten Heizungseinsatz aufgrund des kalten Winters hin. Im Jahr 2001 emittierten sie 15,2 Mio. Tonnen. Mit einem Ausstoß von 23,3 Mio. Tonnen Treibhausgasen im Jahr 2001 ist bei der Industrie ein Zuwachs von 4 % im Vergleich zu 1990 zu verzeichnen. Die Spitze 1997 weist vor allem auf die gute Konjunkturlage der Eisen- und Stahlindustrie und den damit verbundenen vermehrten Brennstoffeinsatz hin. Die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft sind von 1990 bis 2001 um 7 % auf 7,6 Mio. Tonnen und jene der Sonstigen um 19 % auf 5,3 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente gesunken.

In Abbildung 6.1-4 ist die absolute Veränderung des Treibhausgasausstoßes der sechs Sektoren von 1990 bis 2001 dargestellt.



Quelle: UMWELTBUNDESAMT (2003b)

Abb. 6.1-4: Veränderung des Treibhausgasausstoßes der sechs Hauptverursachergruppen von 1990 bis 2001 (absolut in Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente).

Ursachen der Emissionstrends

Die Treibhausgasemissionen der **Energieversorgung** bestehen zu 99 % aus CO₂ und zu 1 % aus Methan und stiegen im Zeitraum 1990 bis 2001 um 9,5 %. Insbesondere von 2000 auf 2001 ist ein massiver Anstieg um 17 % zu verzeichnen. Dieser lässt sich auf den größeren Brennstoffeinsatz und die vermehrte Beschickung der Kraftwerke mit Kohle im Jahr 2001 erklären (siehe Kapitel 3.4). Der Anteil der Energieversorgung an den gesamten Treibhausgasemissionen blieb mit 17 % seit 1990 konstant.

Stiegen die Treibhausgasemissionen der **Kleinverbraucher** im Zeitraum 1990 bis 2001 um etwa 6 % an, so blieb ihr Anteil an den gesamten Treibhausgasemissionen mit etwa 18 % konstant. 96 % der Treibhausgasemissionen bestehen aus CO₂, bei welchem seit 1990 ein Anstieg um 7,5 % zu verzeichnen ist. Die Gewinnung von Raumwärme und Warmwasser trug den Großteil, nämlich 88 % (2001) der CO₂-Emissionen bei. Die restlichen 12 % bewirkte der Einsatz von Off-Road Geräten bei der Land- und Forstwirtschaft (z. B. Traktoren).

Die **Industrie** konnte seit 1990 ihren Anteil an den gesamten Treibhausgasemissionen um zwei Prozentpunkte auf 27 % im Jahr 2001 reduzieren. Trotzdem erfuhren die Treibhausgasemissionen im Zeitraum 1990 bis 2001 eine Steigerung um 4 % (siehe Kapitel 3.10.3.1). Die Treibhausgase der Industrie bestehen zu etwa 89 % aus CO₂, zu 7 % aus fluorierten Gasen⁴² (F-Gasen) und zu 4 % aus N₂O (2001). Die CO₂-Emissionen der Industrie stiegen seit 1990 um 4 %, die Emissionen der fluorierten Gase sogar um 17 %. Nur bei den N₂O-Emissionen ist eine Reduktion um 11 % zu verzeichnen. Diese Reduktion lässt sich auf Bemühungen der chemischen Industrie zurückführen, den N₂O-Ausstoß bei der Salpetersäureproduktion durch Einbau eines Katalysators zu verringern.

Die Treibhausgase des **Verkehrssektors**⁴¹ unterliegen den größten Steigerungsraten. Betrug der Anteil des Verkehrs an den gesamten Treibhausgasemissionen im Jahr 1990 17 %, so waren es im Jahr 2001 bereits 23 %. Insgesamt stiegen die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors um 49 %, wobei die Emissionen aus dem Lkw-Verkehr deutlich stärker zunahm als jene aus dem Pkw-Verkehr (siehe Kapitel 3.6.3.5). 96 % der Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors nimmt das bei der Verbrennung von Treibstoffen freigesetzte CO₂ ein (2001), der Rest ist zum überwiegendem Teil N₂O.

Der rasche Anstieg der Verkehrsemissionen ist zum Teil auch auf den Tanktourismus zurückzuführen, der durch die niedrigen Treibstoffpreise insbesondere bei Diesel ausgelöst wird. Dieseldieselkraftstoff ist in Österreich mittlerweile (Stand: 5. Dezember 2003) billiger als in den meisten Nachbarstaaten; lediglich Tschechien liegt etwas niedriger (BMW, 2003).

Die Treibhausgasemissionen des **Landwirtschaftsbereiches** bestanden im Jahr 2001 zu 53 % aus CH₄ und zu 47 % aus N₂O-Emissionen (in THG-Äquivalenten). Variierende Viehbestandszahlen, der (damit einhergehende) unterschiedlich hohe Anfall von organischem Dünger, die Art und Weise der Güllelagerung und der Viehhaltung sowie die Düngeintensität sind die wesentlichsten Einflussgrößen der Emissionsentwicklung (siehe Kapitel 3.1.3). Der Anteil der Landwirtschaftsemissionen im Jahr 2001 betrug mit 9 % um einen Prozentpunkt weniger als 1990.

Die Treibhausgasemissionen der Gruppe der **Sonstigen** setzen sich zu 87 % aus Methan, zu 8 % aus CO₂ und zu 5 % aus N₂O zusammen. 88 % dieser Treibhausgase entstammen der **Abfallbehandlung** (exkl. Müllverbrennung mit energetischer Nutzung, die im Sektor Energieversorgung enthalten ist). Dabei handelt es sich fast ausschließlich (zu 99 %) um Methan. Etwa 83 % davon werden in Mülldeponien freigesetzt, etwa 17 % entweichen bei Abwasser- und Klärschlammbehandlung sowie Kompostierung (siehe Kapitel 3.11.3). Die laufend steigende Gaserfassungsraten bei Deponien stellt die bedeutendste Reduktionsmaßnahme in diesem Bereich dar. Die restlichen Treibhausgasemissionen der „Sonstigen“ sind die CO₂- und N₂O-Emissionen des Lösungsmittelsektors und zu einem geringen Teil der Müllverbrennung (ohne energetische Nutzung).

⁴² Fluorierte Gase umfassen die Gruppen der Hydrogenfluorkohlenwasserstoffe (H-FKW) und der Perfluorkohlenwasserstoffe (P-FKW) sowie Schwefelhexafluorid (SF₆). Die fluorierten Gase kommen vor allem in folgenden Branchen/Produkten zum Einsatz: Kühl-, Klima- und Kälteanlagenindustrie (H-FKW), Schaumstoffherstellung (H-FKW), Schallschutzfensterherstellung (SF₆), Magnesiumproduktion (SF₆), Mikroelektronikindustrie (SF₆, P-FKW), Schaltanlagen in der E-Wirtschaft (SF₆).

Internationale Emissionstrends

In der gesamten EU lagen die Treibhausgasemissionen im Jahr 2001 um 2,3 % unter dem Wert von 1990. Der wesentlichste Grund für den Rückgang der Emissionen waren Emissionsreduktionen in Deutschland (aufgrund von Effizienzsteigerungen und wirtschaftlichen Umstrukturierungen nach der Wiedervereinigung) und in Großbritannien (aufgrund der Umstellung der Stromproduktion von Kohle auf Gas).

In den Beitrittskandidatenländern lagen die Emissionen 2001 im Zuge des wirtschaftlichen Rückgangs und aufgrund von Umstrukturierungen und Effizienzsteigerungen um 36 % unter dem Wert des Basisjahres. Weltweit sind die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe hingegen in den 90er Jahren um 13 % gestiegen.

Box 6.1-2_E/G/T:
Internationale Emissionstrends

6.1.3.3 Temperatur und Niederschlagstrends in Österreich

Für Österreich liegen Temperaturlaufzeichnungen seit 1767 vor⁴³, die belegen, dass auch in Österreich (sowie global) die 90er Jahre des 20. Jahrhunderts den wärmsten Zeitraum seit Beginn der Messungen darstellen. Sie zeigen im Zehnjahresmittel einen Temperaturanstieg gegenüber dem Ende des 19. 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. Im Mittel lag die Temperatur in Österreich im 20. Jahrhundert um ca. 0,35 °C höher als im Mittel des 19. Jahrhunderts, wobei die Sommertemperatur ungefähr gleich blieb, die Wintertemperatur aber um 0,7 °C stieg. Die Erwärmung war im Hochgebirge stärker als in niedrigeren Regionen (AUER et al., 2001). Mit dieser Erwärmung ging u. a. ein dramatischer Rückgang der alpinen Gletscher seit ca. 1870 einher.

Box 6.1-3_E/G:
Globale Belastungstrends

In Wien wuchs 2000 die Mitteltemperatur um + 1,4 °C, 2001 um + 0,3 °C, und 2002 um + 1,1 °C vom Mittelwert der Klimaperiode 1961-1990 ab. In ganz Österreich lagen die Abweichungen 2002 zwischen + 0,8 °C und + 1,6 °C. Der Sommer 2003 war allgemein der wärmste seit Beginn regelmäßiger meteorologischer Messungen. Das Jahr 1994 war in Wien mit einer Abweichung von + 1,6 °C gegenüber dem Mittelwert der Klimaperiode 1961-1990 das wärmste Jahr des 20. Jahrhunderts, gefolgt von 1992. Der Winter 1997/98 war in Wien der wärmste des 20. Jahrhunderts.

Das Startprojekt Klimaschutz (StartClim) brachte einige neue Erkenntnisse unter anderem zur Temperaturentwicklung in Wien im 20. Jahrhundert: So verdoppelte sich etwa die Zahl so genannter Tropentage (Tage mit Temperaturspitzen über 30 °C) von ca. 4,5 in der ersten Jahrhunderthälfte auf über 9 in der zweiten Jahrhunderthälfte.

⁴³ Längste Messreihen aus Kremsmünster (1767) und Wien (1775).

In StartClim gerechnete Szenarien gehen für Wien im Zeitraum 2025-2050 von einer weiteren drastischen Erhöhung der Tropentage von dem derzeitigen Stand von über 9 auf dann ca. 25 Tage aus. Die Anzahl der Frosttage (Tage mit Temperaturminimum unter 0 °C) nehmen jedoch längst nicht im gleichen Ausmaß ab wie die Tropentage zunehmen, sondern vermindern sich dem Szenario nach nur von derzeit ca. 95 auf dann knapp 90. Resultat wären demnach immer stärkere Temperaturexausschläge, die mit der allgemeinen Tendenz zu mehr Extremlagen konform gehen würden.

Weitere Ergebnisse aus StartClim 2003 sind dem zusammenfassenden Endbericht zu entnehmen, der im Internet frei unter <http://www.austroclim.at/startclim> zugänglich ist.

Die jährliche 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 gleich bleibendes Verhalten in Innsbruck gegenüber⁴⁴. Das Jahr 2002 war allerdings in ganz Österreich überdurchschnittlich niederschlagsreich, im Norden fiel mehr als das Eineinhalbfache des mittleren Jahresniederschlags.

Die Klimamodelle lassen als Folge des anthropogenen Treibhauseffekts für Österreich ein wärmeres Klima erwarten, wobei die Niederschlagsmengen im Sommer ab-, im Winter zunehmen, und der Anteil des Schnees generell abnimmt (siehe u. a. ÖAW, 1992). 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 haben wird.

**Box 6.1-4_G:
CO₂-Sonnblick**

Box 6.1-4_G zeigt beispielsweise den gemessenen Verlauf der CO₂-Konzentration an der hochalpinen Hintergrundmessstelle Sonnblick zwischen 1992 und 2002. Ein höherer CO₂-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 alpine und auf Waldökosysteme haben, die an die veränderten Bedingungen nicht angepasst sind (siehe Kapitel 5.4.3.2 und 5.4.4). 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, dass 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.

Neuere Studien aus der Schweiz zeigen, dass starke Niederschlagsereignisse in den Schweizer Alpen und insbesondere auch im Alpenvorland und im Schweizer Mittelland zunehmen. Belastbare Aussagen im Bezug auf extreme Niederschläge (wie etwa diejenigen, die das August-Hochwasser 2002 in Österreich verursachten (siehe Kapitel 6.2)) sind sehr schwer abzuleiten, da es in der Natur von Extremereignissen liegt, dass sie selten auftreten und somit die statistische Auswertung schwierig ist. Daher haben Schweizer Forscher lediglich stärkere Niederschläge

⁴⁴ http://www.zamg.ac.at/akt_kli_millen_frm.htm



(unterhalb der Schwelle der Schadensverursachung) mit einem Wiederholintervall von etwa einem Monat untersucht.

Ergebnis: Von 1901 bis 1994 haben etwa zwei Drittel der Schweizer Niederschlagsstationen eine höhere Frequenz intensiver Tagesniederschläge im Sommerhalbjahr registriert. Für das Winterhalbjahr sind es sogar etwa 90 % der Niederschlagsstationen, die diesen Trend wiedergeben (OCCC, 2003).

6.1.4 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG UND AUSBLICK

6.1.4.1 Österreichische Emissionsprognosen

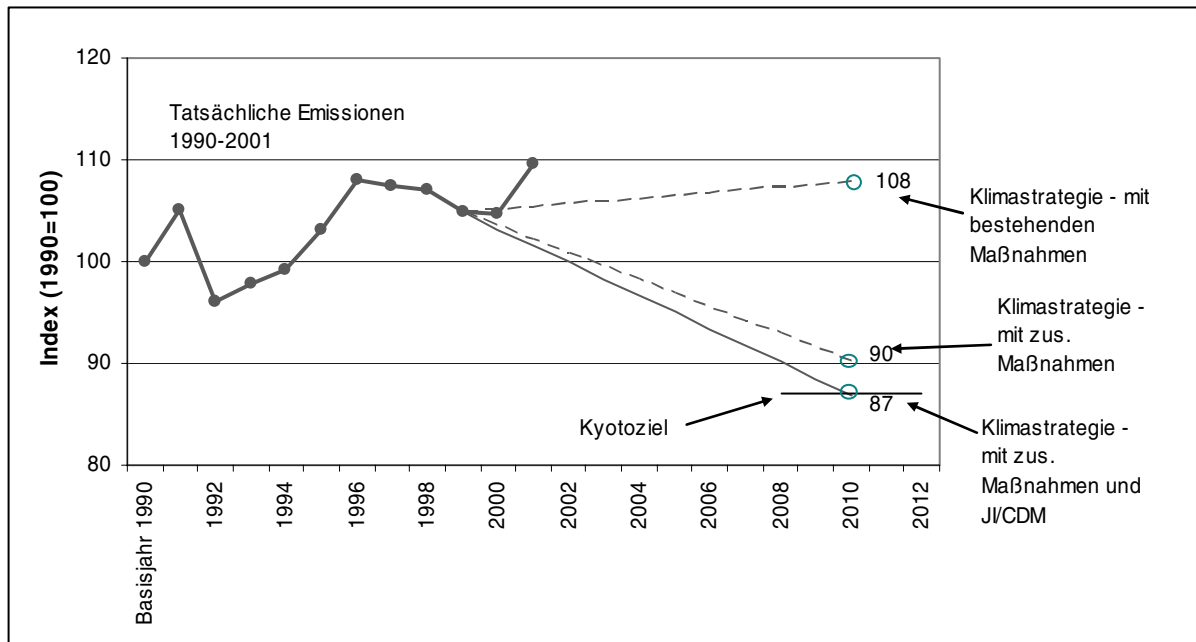
Im dritten nationalen Klimabericht aus dem Jahr 2001 wurden die neuesten Prognosen für die Treibhausgasemissionen im Jahr 2010 präsentiert (BMLFUW, 2001). Die Prognosen basieren auf Expertenschätzungen und berücksichtigen zwei Szenarien: „mit bestehenden Maßnahmen“ und „mit zusätzlichen Maßnahmen“⁴⁵.

Abbildung 6.1-5 zeigt, dass die Treibhausgasemissionen im Szenario „mit bestehenden Maßnahmen“ im Jahr 2010 deutlich über dem Niveau von 1990 liegen (rund 8 %). Im Szenario „mit zusätzlichen Maßnahmen“ hingegen sinken die Emissionen auf rund 10 % unter das Niveau von 1990. Die Abbildung zeigt auch, dass sich die Emissionen schon im Jahr 2001 etwas über dem für 2010 prognostizierten Niveau befanden⁴⁶.

Damit gehen die Prognosen im dritten Klimabericht davon aus, dass das Kyotoziel auch durch Umsetzung von den derzeit geplanten zusätzlichen Maßnahmen im Inland nicht erreicht werden wird. Die Klimastrategie der Bundesregierung und der Länder sieht daher auch die Nutzung der projektbezogenen flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls im Ausland vor, nämlich Joint Implementation (JI) und Clean Development Mechanism (CDM). Bei diesen Projekten werden Emissionsreduktionen aufgrund von Investitionen in einem anderen Industrieland (JI) oder in einem Entwicklungsland (CDM) dem Emissionskonto des Investorlandes gutgeschrieben.

⁴⁵ In den Klimaberichten an das UNFCCC-Sekretariat müssen Prognosen für zwei Szenarien erstellt werden: (1) das Szenario mit bestehenden Maßnahmen berücksichtigt all jene Maßnahmen, die zum Zeitpunkt der Prognoseerstellung umgesetzt oder beschlossen sind; (2) das Szenario mit zusätzlichen Maßnahmen umfasst neben den bestehenden Maßnahmen all jene Maßnahmen, die in Zukunft geplant sind.

⁴⁶ Der starke Anstieg im Jahr 2001 muss nicht unbedingt im Widerspruch zu den Prognosen stehen, da – wie Abbildung 6.1-5 zeigt – die jährlichen Emissionen zum Teil stark schwanken können.



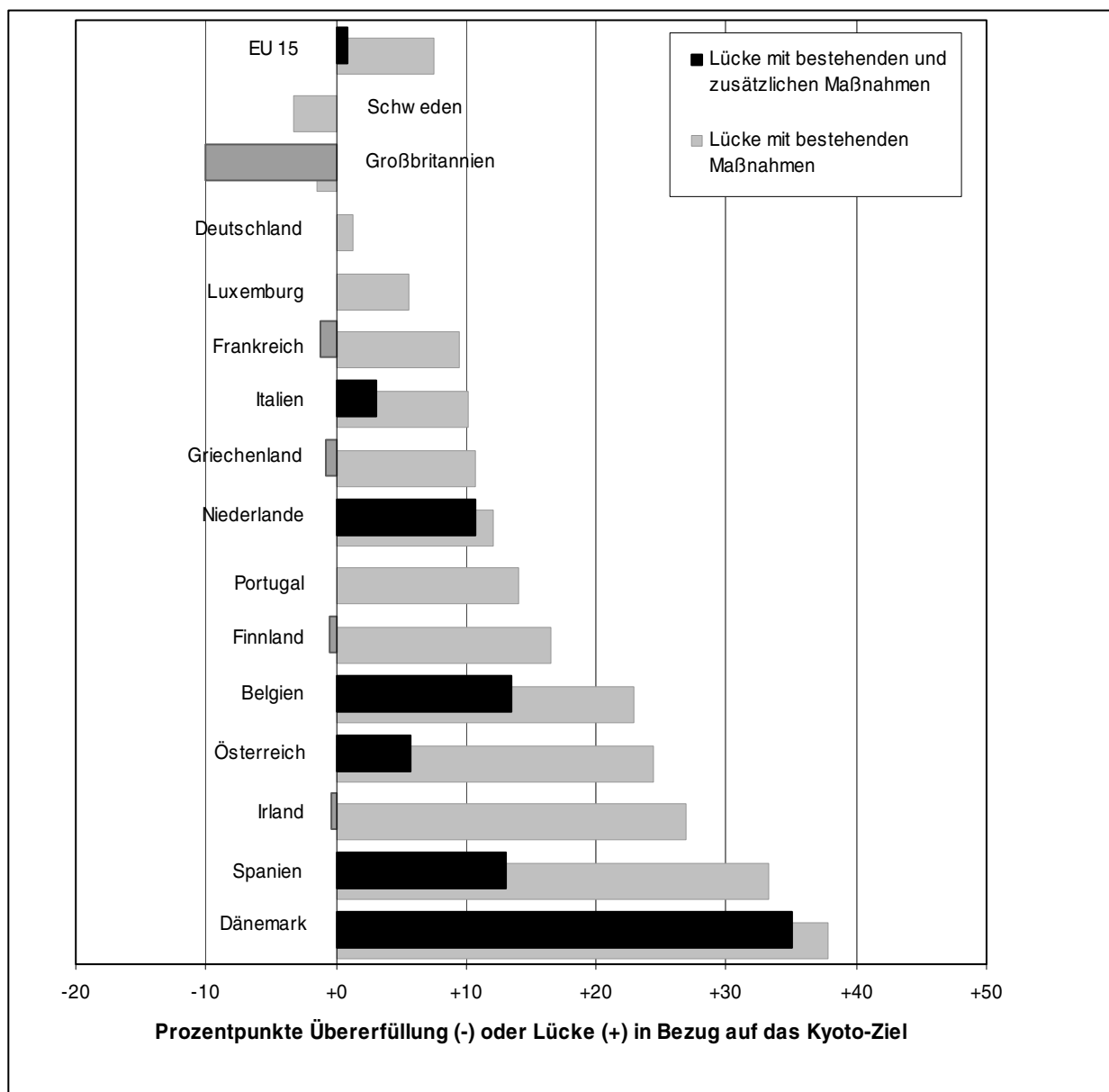
Quelle: UMWELTBUNDESAMT (2003a)

Anmerkung: Diese Abbildung beruht auf den Absolutwerten der Prognosen im dritten Klimabericht (BMLFUW, 2001) und der im Jahr 2002 aktualisierten Zeitreihe der tatsächlichen Emissionen. Die Absolutwerte der Prognosen wurden auf Basis der im Jahr 2000 berechneten Zeitreihe erhoben. Dadurch unterscheiden sich die Prozentveränderungen der Prognosen in Relation zum Basisjahr in dieser Abbildung leicht von den Prozentveränderungen im dritten Klimabericht. Da die Prognosen dem dritten Klimabericht entnommen sind, starten sie im Jahr 1999.

Abb. 6.1-5: Emissionsprognosen bis 2010 (gesamte Treibhausgasemissionen ohne Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft).

6.1.4.2 EU-Emissionsprognosen

Der neueste EU-Fortschrittsbericht zeigt, dass die EU mit derzeit bestehenden Maßnahmen das Kyotoziel nicht erreichen wird (EC, 2003 und EEA, 2003). Jüngsten Schätzungen der Mitgliedstaaten zufolge werden die bestehenden, auf nationaler oder europäischer Ebene bereits umgesetzten umweltpolitischen Maßnahmen zu einer EU-weiten Senkung der Emissionen um lediglich 0,5 % bis zum Jahr 2010 führen. Dies sind 7,5 Prozentpunkte weniger, als im Kyoto-Protokoll vereinbart (siehe Abbildung 6.1-6). Nur zwei Staaten, nämlich Schweden und Großbritannien prognostizieren, dass sie ihr Ziel mit derzeit bestehenden Maßnahmen erreichen werden.



Quelle: EEA (2003)

Anmerkung: Die EU-Mitgliedstaaten erstellen zwei Prognosen: (1) eine Prognose mit derzeit bestehenden Maßnahmen und (2) eine Prognose mit zusätzlichen Maßnahmen (siehe Fußnote 45). Die Abbildung zeigt für jeden Mitgliedstaat die Abweichung (Lücke oder Übererfüllung) zwischen dem Kyoto-Ziel und den zwei Projektionen.

Abb. 6.1-6: Übererfüllung bzw. Lücke zwischen Emissionsprognosen (mit bestehenden Maßnahmen bzw. mit bestehenden und zusätzlichen Maßnahmen) und dem Kyoto-Ziel.

Alle anderen Mitgliedstaaten prognostizieren ein Überschreiten ihrer Ziele; die Lücke zwischen Kyoto-Ziel und Prognose reicht von 1,3 für Deutschland bis 37,8 Prozentpunkten für Dänemark.

Die EU und die meisten ihrer Mitgliedstaaten planen bereits zusätzliche Maßnahmen zur Emissionsbeschränkung. Wichtige Politikfelder sind erneuerbare Energieträger, Kraft-Wärme-Kopplungen, Verbesserung der Energieeffizienz, Wärmestandards bei Gebäuden, die Vereinbarung mit den Fahrzeugherstellern über die Re-

duktion der spezifischen CO₂-Emissionen und die Deponierichtlinie. Einen Überblick über die bestehenden und die zusätzlich geplanten Maßnahmen gibt EEA (2003); darüber hinaus sind die Maßnahmen auch in den nationalen Klimaberichten der EU-Mitgliedstaaten ausgewiesen.

Wenn die zusätzlich geplanten Maßnahmen vollständig umgesetzt werden und sich den Erwartungen entsprechend auswirken werden, kommt die EU ihrem Kyoto-Ziel sehr nahe. Die prognostizierten Emissionen liegen 7,2 % unter dem Wert von 1990 und somit 0,8 Prozentpunkte über der Reduktionsverpflichtung. Sechs Mitgliedstaaten liegen selbst mit zusätzlichen Maßnahmen zum Teil weit über ihrem Kyoto-Ziel (darunter Österreich); Deutschland, Luxemburg und Portugal haben zum Zeitpunkt der Berichterstellung keine zusätzlichen Maßnahmen berichtet.

Die dargestellte Situation für die EU setzt allerdings voraus, dass die Minderungen jener Mitgliedstaaten, welche über ihre Verpflichtung hinausgehende Emissionsminderungen erreichen (z. B. Großbritannien) zur Kompensation für jene Staaten herangezogen werden, die ihre Reduktionsverpflichtung nicht erreichen. Dafür besteht derzeit keine gesetzliche Grundlage.

Abgesehen von der Umsetzung von klimapolitischen Maßnahmen im Inland können die Staaten auch einen Teil oder alle der im Kyoto-Protokoll vorgesehenen Mechanismen nutzen, um ihre Emissionsziele zu erfüllen, nämlich den Emissionshandel, die Joint Implementation und den Clean Development Mechanism. Eine weitere Option besteht darin, die Bindung von CO₂ durch Wälder, Böden und Landwirtschaft zu berücksichtigen. Noch sind jedoch nur wenig Informationen darüber verfügbar, in welchem Ausmaß die EU-Mitgliedstaaten beabsichtigen, von diesen Möglichkeiten Gebrauch zu machen, um die Erfüllung ihrer Emissionsziele zu fördern.

6.1.4.3 Globale Emissionsprognosen

Box 6.1-5_E/T: IPCC Szenarien

Das Intergovernmental Panel on Climate Change⁴⁷ (IPCC) geht von vier verschiedenen Szenarien bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Emissionen aus (IPCC, 2001). Diese Szenarien unterscheiden sich bezüglich der globalen sozio-ökonomischen und technischen Entwicklung bzw. der damit verknüpften Konsum- und Produktionsmuster. Es wurden allerdings keine speziellen Maßnahmen zur Minderung der Treibhausgasemissionen angenommen.

Die Ergebnisse der Szenarien lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- In allen Szenarien steigen die globalen CO₂-Emissionen zumindest bis etwa 2030 weiter an, sodass eine Stabilisierung der CO₂-Konzentration unter 550 ppm nicht zu erwarten ist.
- 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 bietet die besten Voraussetzungen zur Eindämmung des anthropogenen Treibhauseffektes.

⁴⁷ Das IPCC (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimafragen) wurde 1988 vom Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) und der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) ins Leben gerufen. Das IPCC betreibt selbst keine Forschung, sondern fertigt periodische wissenschaftliche Sachstandsberichte über Forschung zum Klimawandel und dessen Auswirkungen an.

6.1.4.4 Globale Belastungsprognosen

Gestützt auf die Untersuchungen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2001) kann bezüglich der weiteren zu erwartenden Änderungen wichtiger klimatologischer Kenngrößen im 21. Jahrhundert festgestellt werden, dass unter der Annahme, dass keine speziellen Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen an Treibhausgasen gesetzt werden,

- der Temperaturanstieg der Luft 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 Werte von 10 bis 90 cm
- die CO₂-Konzentration am Ende des 21. Jahrhunderts (bedingt durch den Einsatz fossiler Energieträger) zwischen 550 und 800 ppm betragen wird (derzeit liegt sie bei 370 ppm)
- Maßnahmen zur Bindung von Kohlenstoff in der terrestrischen Biosphäre den Konzentrationsanstieg um bestenfalls 40 bis 70 ppm verringern könnten
- die meisten Modelle eine Abschwächung der thermohalinen Zirkulation⁴⁸ im Nordatlantik bzw. des Golfstromes erwarten lassen
- die meisten alpinen Gletscher in 100 bis 200 Jahren abgeschmolzen sein werden
- 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.
- darüber hinaus einschneidende Änderungen im lokalen Wettergeschehen zu erwarten sind, welche sich derzeit noch nicht ausreichend sicher modellieren lassen. Als Indikator für diese kann am ehesten der jährliche finanzielle Schaden durch extreme Wetterereignisse herangezogen werden, welcher zurzeit bei 70 Mrd. US-Dollar liegt, und stark steigende Tendenz (Verdoppelung alle 10 Jahre) aufweist.

6.1.5 EMPFEHLUNGEN

6.1.5.1 Österreich

Im Juni 2002 hat die österreichische Bundesregierung im Ministerrat die Klimastrategie angenommen (BMLFUW, 2002). Kern der Klimastrategie ist ein Maßnahmenbündel, welches gegenüber der erwarteten Entwicklung der Emissionen der sechs Kyoto-Gase eine Emissionsminderung von rund 14 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr prognostiziert. Die Reduktionen in der Klimastrategie sind so ausgelegt, dass Österreich das Kyoto-Ziel allein durch nationale Maßnahmen nicht erreichen wird. Abgesehen von den gemeinsamen Politiken und Maßnahmen der

⁴⁸ Meeresströmungen werden auch durch Dichteunterschiede des Meerwassers verursacht. Da diese Dichteunterschiede durch Variationen der Temperatur und des Salzgehalts bedingt sind, werden diese Strömungsmuster auch thermohalin genannt.

EU sollen die flexiblen Mechanismen unter dem Kyoto-Protokoll⁴⁹ zur Zielerreichung herangezogen werden⁵⁰.

Das Maßnahmenpaket umfasst ordnungspolitische Maßnahmen, öffentliche Förderungen und Investitionen, ökonomische Maßnahmen (steuerliche Maßnahmen, nationaler Emissionshandel), Pilotprojekte und Informationskampagnen. Der zusätzliche Finanzbedarf für die Klimastrategie beträgt 90 Mio. Euro pro Jahr.

Die Steuerung des Gesamtprozesses der Umsetzung der Klimastrategie erfolgt durch den Kyoto-Koordinierungsausschuss, der aus hochrangigen Bundes- und Ländervertretern besteht. Neun Arbeitsgruppen erarbeiten Maßnahmen und Umsetzungsstrategien sowie Umsetzungsvorbereitung und -evaluierung in folgenden Bereichen: (1) Raumwärme, (2) Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung, (3) Abfallwirtschaft, (4) Verkehr, (5) Industrie, (6) Land- und Forstwirtschaft, (7) Fluorierte Treibhausgase, (8) Finanzielle Koordinierung, (9) Ökonomische Instrumente. Ein erster umfassender Umsetzungsbericht soll im Jahr 2004 erarbeitet werden (BMLFUW, 2002).

Da Österreich seine Emissionen um jährlich mindestens 1,4 Mio. t CO₂-Äquivalente absenken muss, um seine Verpflichtungen erfüllen zu können, sollten aus Sicht des Umweltbundesamtes neben der raschen Umsetzung der Klimastrategie weitere Maßnahmenpakete ausgearbeitet werden. Diese Maßnahmenpakete sollten dann umgesetzt werden, wenn eine jährliche Verringerung der Emissionen um 1,4 Mio. t CO₂-Äquivalente nicht gelingt.

6.1.5.2 Europäische Union

Die Europäische Kommission initiierte das Europäische Programm zur Klimaänderung (ECCP) im Juni 2000, um die umweltwirksamsten und kosteneffektivsten zusätzlichen Maßnahmen zu ermitteln, die der EU das Erreichen ihres Ziels ermöglichen und die Anstrengungen der Mitgliedstaaten ergänzen sollen. Der zweite Fortschrittsbericht zum ECCP gibt einen Überblick über die jüngsten Ergebnisse des ECCP sowie über den Stand der Umsetzung der bei Beginn des Programms ermittelten Maßnahmen (ECCP, 2003). Das Programm bildet für die Kommission eine Ausgangsbasis für die Vorbereitung weiterer Maßnahmen in den vielversprechendsten Bereichen und gewährleistet, dass dabei kostenwirksame Maßnahmen Vorrang erhalten.

Die im ECCP (2003) enthaltenen politischen Konzepte und Maßnahmen haben ein Emissionsreduktionspotential von insgesamt 578-696 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent (Mio. t CO₂-Äq.). Das ist etwa das Doppelte des EU-15-Emissionsreduktionsziels von – 8 %, das im ersten Verpflichtungszeitraum des Kyoto-Protokolls erreicht werden soll. Die EU kann also mit den geeigneten Maßnahmen ihr Ziel erreichen.

⁴⁹ Unter flexiblen Mechanismen werden der internationale Handel mit Emissionslizenzen (international emission trading), die gemeinsame Umsetzung von Maßnahmen zwischen Industriestaaten (Joint Implementation) und der Einsatz umweltfreundlicher Technologien in Entwicklungsländern (Clean Development Mechanism) verstanden.

⁵⁰ Eine Pilotphase des internationalen Handels mit Emissionslizenzen startet in der EU im Jahr 2005 (siehe Kapitel 3.10.3.6).

Die bereits in Kraft getretenen oder von der Kommission vorgeschlagenen Rechtsvorschriften haben ein Potential von 276-316 Mio. t CO₂-Äquivalente, darunter Maßnahmen wie z. B.:

- Richtlinie Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energiequellen (2001/77/EG)
- Gebäudeeffizienzrichtlinie (2002/91/EG)
- Abfalldeponierichtlinie (1999/31/EG)
- Emissionshandelsrichtlinie (2003/87/EG)
- Vorschlag Biokraftstoffe (KOM/2001/547)
- Vorschlag Kraft-Wärme-Kopplung (KOM/2002/415).

Die Vorbereitungen zu einer Reihe weiterer Schlüsselmaßnahmen sind bereits weit fortgeschritten; folgende Maßnahmen könnten das oben genannte Reduktionspotential um 25 % steigern:

- Energiedienstleistungen zur Steigerung der Effizienz des Endenergieeinsatzes
- Schaffung eines Rahmens für umweltverträgliches Design von Energie verbrauchenden Geräten und Festlegung von Mindestanforderungen an die Energieeffizienz von solchen Geräten
- Ausarbeitung eines Vorschlags für eine Verordnung für fluoridierte Treibhausgase
- Anschubkampagne und Kampagne zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit im Bereich Energieeffizienz
- Steigerung der energieeffizienten öffentlichen Beschaffung.

Weitere Maßnahmen werden von den Kommissionsdienststellen geprüft, z. B. Einbeziehung der klimarelevanten Ziele in die Strukturfonds, weitere Schritte zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energiequellen für Heizungszwecke, Einbeziehung der Energieeffizienz in das Umweltmanagementsystem (EMAS), sowie Maßnahmen zur Minderung der Treibhausgasemissionen von Klimaanlagen in Kraftfahrzeugen.

6.1.5.3 Globaler Handlungsbedarf

Auf globaler Ebene stellt das Intergovernmental Panel on Climate Change Forschungsergebnisse im Bereich Emissionsminderungspotential zusammen (IPCC, 2001). Das IPCC zieht vor allem folgende Möglichkeiten zur Emissionsminderung von Treibhausgasen in Betracht:

- Verbesserung der effizienten Energienutzung
- Einführung von Energieträgern mit niedrigem Kohlenstoffgehalt (z. B. Gas statt Kohle)
- Erhaltung oder Ausweitung von terrestrischen Kohlenstofflagern (z. B. Wälder, Böden)
- Emissionsminderungen bei nicht-energetischen Quellen und nicht-CO₂-Treibhausgasen (z. B. CH₄ und N₂O aus der Landwirtschaft).

Die am meisten diskutierten internationalen Instrumente sind laut IPCC internationaler Handel mit Emissionslizenzen, gemeinsame Umsetzung (Joint Implementation), Clean Development Mechanisms (CDM), harmonisierte Emissions-/Kohlenstoff-/Energiesteuer, internationale technische Standards, freiwillige Vereinbarungen. Es wird vom IPCC darauf hingewiesen, dass meist eine Kombination von

Box 6.1-6_E/T:
IPCC Globale Minderungspotentiale

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. Laut IPCC 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.

Bezüglich der Kosten wird vom IPCC darauf hingewiesen, dass vielfach die Kosten von Maßnahmen durch Vorteile wie verminderte Energiekosten, verminderte Emissionen konventioneller Luftschadstoffe aufgewogen werden. Es handelt sich dabei um so genannte „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 nur um ein bis zwei Monate verzögern.

Es ist allerdings 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 Instrumente zur Abfederung der negativen Auswirkungen verfügbar (z. B. Umstrukturierung bzw. Diversifizierung).