

# Luftschadstoff-Trends in Österreich 1980-2001



# **LUFTSCHADSTOFF-TRENDS IN ÖSTERREICH 1980–2001**

Wien, 2003

## **Autoren**

Michael Anderl  
Michael Gager  
Bernd Gugele  
Kati Huttunen  
Andreas Hrabal  
Günther Lichtblau  
Roman Ortner  
Stephan Poupa  
Manfred Ritter  
Daniela Wappel  
Manuela Wieser

## **Projektleitung**

Michael Anderl

## **Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH (Federal Environment Agency Ltd)  
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien (Vienna), Austria

Eigenvervielfältigung

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2003  
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)  
ISBN 3-85457-683-8

## VORWORT

Österreich hat sich im Rahmen internationaler Übereinkommen sowie als Mitgliedsstaat der Europäischen Union verpflichtet, Daten über den Ausstoß von Luftschadstoffen in Österreich jährlich zu erheben und gemäß einheitlicher Berichtsformate zu berichten.

Die dabei angewandte Methodik der Erhebungen entspricht den einschlägigen Richtlinien des IPCC<sup>1</sup> sowie des EMEP/CORINAIR<sup>2</sup> Handbuchs. Eine detaillierte Methodikbeschreibung wird jährlich vom Umweltbundesamt in Form zweier Berichte (Austria's National Inventory Report und Austria's Informative Inventory Report) publiziert.

In den jährlich publizierten Luftschadstoff-Trend Berichten werden jeweils die neuesten Ergebnisse der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur für die Öffentlichkeit aufbereitet. Es werden die Schadstoffe umweltrelevanten Themen, wie z. B. dem Klimawandel, zugeordnet. Damit sollen jene Bereiche aufgezeigt werden, in denen im Zusammenhang mit für Österreich geltenden Reduktionsverpflichtungen besonderer Handlungsbedarf besteht. Um die Position Österreichs in Europa aufzuzeigen, werden zusätzlich internationale Vergleiche angestellt.

Im diesem Bericht sind die neuesten Ergebnisse der *Österreichischen Luftschadstoff-Inventur* für das Jahr 2001 (OLI 2002) dargestellt. Er folgt dem Vorjahresbericht "Luftschadstoff-Trends in Österreich 1980-2000". Als einen der Hauptemittenten von Luftschadstoffen sind die öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke des Energieversorgungssektors näher beschrieben.

Es ist zu beachten, dass dieser Bericht nur anthropogene (vom Menschen verursachte) Emissionen behandelt. Nicht-anthropogene Emissionen sind nicht Teil der internationalen Berichtspflichten, weshalb auf diese nicht näher eingegangen wird.

Im Vergleich zum Vorjahresbericht wurden folgende neue Erkenntnisse in die Inventur eingearbeitet:

- STATISTIK AUSTRIA generierte im Jahr 2002 für die gesamte Zeitreihe 1980-2001 eine neue, vollständig überarbeitete Energiebilanz. Diese beeinflusst Österreichs Emissionstrend maßgeblich, da mehr als 80% der Treibhausgasemissionen auf die energetische Nutzung (Verbrennung) von Energieträgern zurück zu führen sind.
- Im Landwirtschaftsbereich wurden die Ergebnisse neuer, vom Umweltbundesamt in Auftrag gegebener Studien, eingearbeitet. Mit Hilfe verbesserter Emissionsfaktoren konnten erstmals die unterschiedlichen Wirtschaftsweisen der österreichischen Bauern (Viehhaltung, Gülle-Management, Düngung,..) bei den Kalkulationen berücksichtigt werden.
- Aufgrund der Ergebnisse einer neuen Studie im Verkehrsbereich (Hausberger 2003), wurden die Emissionsfaktoren des Schwerverkehrs nach oben revidiert (insbesondere bei NO<sub>x</sub>). Weiters wurde den Berechnungen ein neues Fahrleistungs- und Kaltstartmodul sowie eine aktualisierte Flottenzusammensetzung zugrunde gelegt.

---

<sup>1</sup> International Panel on Climate Change

<sup>2</sup> EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook. Third edition. Prepared by the EMEP Task Force on Emission Inventories. October 2002 update. Internet site: <http://reports.eea.eu.int>

**Datengrundlage:**

Das Umweltbundesamt führt jährlich eine Inventur des Ausstoßes von Luftschadstoffen durch, die als Grundlage für die Erfüllung der nationalen und internationalen Berichtspflichten dient. Diese *Österreichische Luftschadstoff-Inventur* (OLI) wird jedenfalls auch für zurückliegende Jahre aktualisiert, um vergleichbare Zahlen zur Verfügung zu haben.

Verschiedene Luftschadstoffemissionen unterliegen verschiedenen internationalen Übereinkommen und damit verschiedenen Berichtspflichten. Im Vorjahr wurde die Verursachereinteilung der UN/ECE<sup>3</sup> - Berichtspflicht (Berichtsformat: NFR<sup>4</sup>) jener der UNFCCC<sup>5</sup> - Berichtspflicht (Berichtsformat: CRF<sup>6</sup>) angepasst. Ein direkter Vergleich der Daten beider Berichtsformate ist somit erstmals möglich.

Im Gegensatz zu den Vorgängerberichten, in welchen die CORINAIR-Systematik der OLI-Datenbank des Umweltbundesamtes die Grundlage der sektoralen Verursachereinteilung darstellte, leitet sich die sektorale Einteilung dieses Berichtes aus der international standardisierten Systematik der UN-Berichtspflichten ab. Dadurch ist eine verbesserte Vergleichbarkeit der Daten mit sämtlichen aktuellen Berichten, sowohl auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene, möglich. Weitere Details zur neuen Verursachereinteilung sind in Kapitel 2.3 angeführt.

Der vorliegende Bericht basiert auf den Ergebnissen der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur 2002 (OLI 2002).

Datenstand: Jänner 2003

---

<sup>3</sup> **United Nations Economic Commission for Europe** (Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen)

<sup>4</sup> **Nomenclature For Reporting**: Berichtsformat der UN/ECE

<sup>5</sup> **United Nations Framework Convention on Climate Change** (Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen)

<sup>6</sup> **Common Reporting Format**: Berichtsformat der UNFCCC

## INHALTSVERZEICHNIS

### VORWORT

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>GRUNDLAGEN DER INVENTUR .....</b>	<b>9</b>
2.1	Methode.....	9
2.2	Schadstoffe.....	10
2.3	Verursachereinteilung .....	13
<b>3</b>	<b>KLIMA .....</b>	<b>15</b>
3.1	Entwicklung der Treibhausgasemissionen von 1990-2001 in Österreich.....	16
3.2	Analyse gesamtwirtschaftlicher Einflussfaktoren .....	17
3.3	Entwicklung nach Sektoren .....	19
3.4	Entwicklung nach Gasen.....	22
3.4.1	Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ).....	24
3.4.2	Methan (CH <sub>4</sub> ) .....	26
3.4.3	Lachgas (N <sub>2</sub> O).....	28
3.4.4	F-Gase (HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> ).....	30
3.5	Aktuelle Entwicklungen im Bereich der Treibhausgase von 2000-2001 .....	31
<b>4</b>	<b>OZONVORLÄUFERSUBSTANZEN.....</b>	<b>32</b>
4.1	Stickoxide (NO <sub>x</sub> ) .....	33
4.2	Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC) .....	35
4.3	Kohlenmonoxid (CO) .....	37
4.4	Methan (CH <sub>4</sub> ).....	38
<b>5</b>	<b>VERSAUERUNG UND EUTROPHIERUNG.....</b>	<b>39</b>
5.1	Entwicklung nach Sektoren .....	39
5.2	Entwicklung nach Gasen.....	41
5.2.1	Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> ) .....	41
5.2.2	Ammoniak (NH <sub>3</sub> ) .....	44
5.2.3	Stickoxide (NO <sub>x</sub> ).....	46
<b>6</b>	<b>STAUB .....</b>	<b>47</b>
6.1	Entwicklung von TSP, PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub> .....	48
6.2	Gesamtstaub (TSP) .....	49
6.3	PM <sub>10</sub> .....	50

6.4	PM <sub>2,5</sub> .....	51
7	<b>SCHWERMETALLE</b> .....	<b>52</b>
7.1	Kadmium (Cd).....	53
7.2	Quecksilber (Hg).....	55
7.3	Blei (Pb).....	56
8	<b>PERSISTENTE ORGANISCHE VERBINDUNGEN</b> .....	<b>58</b>
8.1	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) .....	58
8.2	Dioxine .....	59
8.3	Hexachlorbenzol.....	61
9	<b>VERURSACHERTRENDS</b> .....	<b>63</b>
9.1	<b>Energieversorgung (Schwerpunkt: Strom- und Fernwärmekraftwerke)</b> .....	<b>63</b>
9.1.1	Öffentliche Strom- und Fernwärmekraftwerke.....	65
9.1.2	Brennstoffförderung, Raffinerie und Verteilungskette .....	70
9.2	<b>Verkehr</b> .....	<b>70</b>
9.3	<b>Kleinverbraucher</b> .....	<b>76</b>
9.4	<b>Industrie</b> .....	<b>77</b>
9.5	<b>Landwirtschaft</b> .....	<b>79</b>
9.6	<b>Sonstige</b> .....	<b>82</b>
10	<b>ÖSTERREICHS EMISSIONEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH</b> .....	<b>84</b>
10.1	<b>Treibhausgasemissionen</b> .....	<b>85</b>
10.1.1	Kohlendioxidemissionen (CO <sub>2</sub> ) .....	85
10.1.2	Methanemissionen (CH <sub>4</sub> ) .....	86
10.1.3	Lachgasemissionen (N <sub>2</sub> O) .....	87
10.1.4	Das Kyotoziel .....	88
10.2	<b>Schwefeldioxidemissionen (SO<sub>2</sub>)</b> .....	<b>91</b>
10.3	<b>Stickoxidemissionen (NO<sub>x</sub>)</b> .....	<b>94</b>
10.4	<b>Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC)</b> .....	<b>97</b>
10.5	<b>Ammoniak (NH<sub>3</sub>)</b> .....	<b>100</b>
10.6	<b>Kohlenmonoxid (CO)</b> .....	<b>103</b>
11	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>105</b>
	<b>ANHANG</b> .....	<b>106</b>
	Verursachertabellen	

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Österreich hat sich eine Reihe von Umweltzielen zur Verminderung von Luftemissionen gesetzt. Mit der Unterzeichnung zweier internationaler Verträge der Vereinten Nationen wurden diese Ziele auch nach außen verbindlich festgelegt. Diese Verträge enthalten im wesentlichen Verpflichtungen zur Reduktion von Emissionen bis zu einem bestimmten Stichtag (siehe Kapitel 3 und 4) sowie die Einhaltung detaillierter Regeln bei der Datenermittlung.

Im Folgenden ist ein kurzer Überblick über die Emissionsentwicklung Österreichs sowie die Fortschritte hinsichtlich der Zielerreichung gegeben. Die Reihenfolge der „Smilies“ ist durch die Trendrelevanz der einzelnen Luftschadstoffe bestimmt.

### Klima (Treibhausgase)

Im Kapitel 3 werden die anthropogenen Emissionen der Treibhausgase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und der drei F-Gase entsprechend ihres unterschiedlichen Treibhauspotentials berücksichtigt.

- ☹ Im Jahr 2001 wurden in Österreich um 3,9 Millionen Tonnen mehr Treibhausgase emittiert als im Vorjahr, was einer Steigerung um 4,8% entspricht. Im Vergleich zum Basisjahr 1990 emittierte Österreich 2001 um 7,8 Millionen Tonnen bzw. 10% mehr Treibhausgase (in CO<sub>2</sub> Äquivalenten). Österreich konnte somit dem Kyoto-Ziel einer dreizehn prozentigen Reduktion von treibhauswirksamen Gasen bis 2010 nicht näherkommen.
- ☹ Die CO<sub>2</sub> Emissionen, welche im Jahr 2001 für 80,5% (69,1 Millionen Tonnen) der Treibhausgasemissionen verantwortlich waren, haben sich gegenüber 2000 um 6,5% erhöht. Im Gegensatz zum CO<sub>2</sub>-Stabilisierungsziel bis 2000 auf den Wert von 1990 ist eine erhebliche Steigerung (+15% 1990-2001) zu verzeichnen.
- ☺ Österreichs CH<sub>4</sub> Emissionen sind von 1990 bis 2001 um 15,0% gesunken. Sie betragen im Jahr 2001 9,1 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalente (10,6% der gesamten Treibhausgasemissionen). Im Vergleich zum Jahr 2000 ist mit einer Reduktion von 0,7% ebenfalls eine positive Entwicklung zu verzeichnen.
- ☺ Die Emissionen des Treibhausgases N<sub>2</sub>O sind von 1990 bis 2001 um 2,5% gestiegen und betragen 2001 6,0 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalente. Von 2000 auf 2001 hingegen ist eine Reduktion um 3,3% zu verzeichnen.
- ☺ Die Emissionen der F-Gase hatten im Jahr 2001 annähernd den gleichen Stand wie im Basisjahr (1995) und betragen 1,7 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalente.

In folgender Abbildung ist die Abweichung der österreichischen Treibhausgasemissionen vom Kyotozielpfad dargestellt. Dieser Zielpfad ist eine gerade Linie zwischen dem Basisjahr 1990 und dem Zieljahr 2010. Zum Vergleich ist der CO<sub>2</sub> Trend Österreichs ebenfalls in dieser Graphik dargestellt.

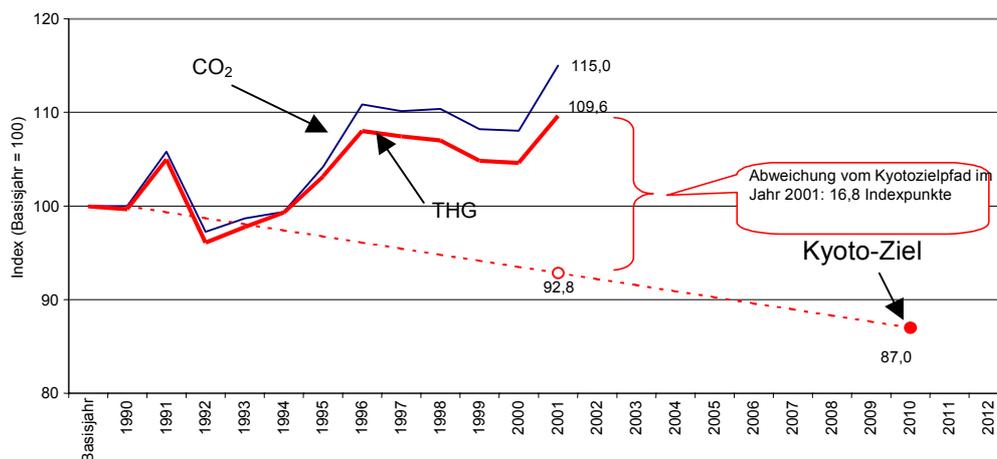


Abbildung 1: Verlauf der österreichischen Treibhausgas- und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Abweichung vom Kyotozielpfad

Quelle: UBA (2002)

Demnach betrug im Jahr 2001 die Abweichung vom Kyotozielpfad +16,8 Indexpunkte. Diese Methode der Fortschrittsbewertung wird auch von der Europäischen Kommission und der Europäischen Umweltagentur angewandt.

### Ozonvorläufersubstanzen

Im Kapitel 4 wird der Trend und das Erreichen internationaler Ziele der Ozonvorläufersubstanzen NMVOC, NO<sub>x</sub> und CO behandelt.

- ☹ Mit einer NO<sub>x</sub> Reduktion von 14% im Zeitraum 1985 bis 2001 wurde das im Ozongesetz festgelegte Ziel einer 60%igen Reduktion bis 31. Dezember 2001 eindeutig verfehlt. Von 1990 bis 2001 konnten die NO<sub>x</sub> Emissionen um nur 2% vermindert werden. Reduktionen wurden vor allem in den Sektoren Industrie und Energieversorgung erzielt, während die Kleinverbraucher ständig steigende Emissionen aufweisen. Die Emissionen des Verkehrssektors verbleiben in der gesamten Zeitreihe auf konstant hohem Niveau. Seit 1999 sind die Stickoxide wieder im Steigen begriffen.

Das in der EG-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe angegebene Ziel von 103.000 Tonnen NO<sub>x</sub> für das Jahr 2010 wurde 2001 mit Emissionen von 199.000 Tonnen noch bei weitem überschritten.

- ☹ Von 1988 (Basisjahr des Ozongesetzes für NMVOC) bis 2001 konnten die NMVOC Emissionen um insgesamt 38% reduziert werden. Das im Ozongesetz festgelegte Reduktionsziel einer 60%igen Reduktion bis 31. Dezember 2001 wurde hiermit eindeutig verfehlt. In den letzten Jahren wurden nur mehr vergleichsweise geringe Reduktionen erreicht, vom Jahr 2000 auf 2001 kam es sogar zu einer geringfügigen Steigerung der Emissionen. Um die weiteren Reduktionsziele des Ozongesetzes sowie das NMVOC Minderungsziel gemäß Göteborg-Protokoll und EG-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für das Jahr 2010 erreichen zu können, werden in Zukunft verstärkte Anstrengungen erforderlich sein.

- ☺ Bei den CO Emissionen ist seit 1990 eine Reduktion um 31% zu verzeichnen.

## Versauerung und Eutrophierung

Im Jahr 2001 setzte sich die Summe der versauernd wirkenden Luftschadstoffe aus 37% NH<sub>3</sub>, 50% NO<sub>x</sub> und 13% SO<sub>2</sub> zusammen (in Versauerungsäquivalenten umgerechnet, vgl. Kapitel 5).

- ☺ Die Gesamtemissionen zur Versauerung sind zwischen 1990 und 2001 um 13% zurückgegangen. Mit -36% wurden im Energieversorgungsbereich die größten Reduktionen erzielt. Kleinverbrauch (-30%), Industrie (-27%) und Sonstige (-21%) trugen ebenfalls entscheidend zum Rückgang bei. Bei den Hauptemittenten Verkehr und Landwirtschaft hingegen blieben die Emissionen der versauernden Schadstoffe seit 1990 relativ konstant.
- ☺ Die NH<sub>3</sub> Emissionen Österreichs liegen im gesamten Verlauf deutlich unter dem Göteborg Ziel 2010 und unter der EG-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe. (selber Grenzwert für beide Ziele: maximal 66.000 Tonnen NH<sub>3</sub>/Jahr ab 2010)
- ☺ Bei den SO<sub>2</sub> Emissionen kam es von 1990 bis 2001 zu einer 53%igen Reduktion. Das im zweiten Schwefelprotokoll für Österreich vorgesehene Ziel für 2000 wurde genauso wie die im Göteborg-Protokoll und der EG-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe für das Jahr 2010 festgelegte Emissionsgrenze von 39.000 Tonnen für SO<sub>2</sub> bereits im Jahr 2001 mit der Emissionsmenge von 36.700 Tonnen erreicht.

## Schwerpunktsthema öffentliche Strom- und Fernwärmekraftwerke

In der Berichtsreihe „Luftschadstoff-Trends in Österreich“ wird jährlich eine Emittentengruppe als Schwerpunktsthema ausgewählt und einer detaillierteren Betrachtung unterzogen. Im diesjährigen Bericht werden die Emissionen der öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke vertiefend behandelt.

Folgende Entwicklungen charakterisieren die Emissionstrends dieser Emittentengruppe:

- ☹ Im Zeitraum 2000 auf 2001 stiegen die Emissionen sämtlicher Luftschadstoffe zum Teil erheblich an. Insbesondere bei den CO<sub>2</sub> Emissionen ist mit einem Zuwachs von 21% ein beachtenswerter Anstieg zu verzeichnen. Die NO<sub>x</sub> Emissionen stiegen um 17%, die SO<sub>2</sub> Emissionen um 14%.
- ☹ Im Zeitraum 1990 bis 2001 stiegen die CO<sub>2</sub> Emissionen der Strom- und Fernwärmekraftwerke um insgesamt 7% an.
- ☺ Bei den Luftschadstoffen NO<sub>x</sub>, und SO<sub>2</sub>, Pb und Hg kam es dagegen seit 1990 zu erheblichen Reduktionen:
  - NO<sub>x</sub>: Mit einer Reduktion um 19% seit 1990 sind die Strom- und Fernwärmekraftwerke maßgeblich für den fallenden Trend bei NO<sub>x</sub> verantwortlich.
  - SO<sub>2</sub>: Mit einer Reduktion um 63% im Zeitraum 1990 bis 2001 trugen die Kraftwerke erheblich zur Erfüllung der Reduktionsziele Österreichs bei.
  - Pb: Seit 1990 konnte eine Reduktion um 10% erreicht werden.
  - Hg: Seit 1990 konnten die Quecksilberemissionen um insgesamt 38% reduziert werden.

### Österreichs Emissionen im internationalen Vergleich

Im Kapitel 10 werden Österreichs anthropogene Emissionen mit jenen der EU-Mitgliedsstaaten sowie den Beitrittskandidatenländern verglichen.

- ☺ Bisher gelang keine Stabilisierung der CO<sub>2</sub> Emissionen. Die CO<sub>2</sub> Emissionen Österreichs pro Kopf liegen zwar etwas unter dem EU-Durchschnitt, haben jedoch leicht zunehmende Tendenz.
- ☹ Trotz erfolgter Reduktionen liegen Österreichs CH<sub>4</sub> Emissionen pro Kopf deutlich über dem EU-Durchschnitt.
- ☺ Trotz eines geringfügigen Anstiegs gehören Österreichs N<sub>2</sub>O Emissionen pro Kopf noch immer zu den niedrigsten Europas.
- ☺ Die NH<sub>3</sub> Emissionen Österreichs pro Kopf konnten seit 1990 verringert werden und liegen im Jahr 2000 unter dem EU-Durchschnitt
- ☺ Österreich hat die niedrigsten SO<sub>2</sub> Emissionen pro Kopf und hat das EU-Ziel 2010 (NEC-Richtlinie) bereits im Jahr 2001 erreicht.
- ☹ Österreichs NO<sub>x</sub> Emissionen pro Kopf sind zwar die zweitniedrigsten in der EU und haben sich auch in den 90er Jahren reduziert, allerdings nicht in ausreichendem Ausmaß. Deshalb ist Österreich deutlich vom Erreichen der NO<sub>x</sub> Ziele 2010 entfernt.
- ☹ Die NMVOC Emissionen pro Kopf liegen zwar noch immer etwas über dem EU-Durchschnitt, weisen aber seit 1990 deutliche Reduktionen auf. Zur Erreichung des Minderungsziels gemäß EG-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für das Jahr 2010 werden in Zukunft noch verstärkte Anstrengungen erforderlich sein.
- ☹ Trotz erfolgter Reduktionen liegen die CO-Emissionen Österreichs pro Kopf immer noch über dem EU-Durchschnitt.

## 2 GRUNDLAGEN DER INVENTUR

Österreich muss verschiedene nationale und internationale Berichtspflichten erfüllen. In der Abteilung „Luftemissionen“ des Umweltbundesamtes wird eine Österreichische Luftschadstoff-Inventur (OLI) erstellt, die all diesen Verpflichtungen nachkommt. Im Folgenden werden die Methodik, die Schadstoffe und die Verursachereinteilung dieser Inventur beschrieben.

### 2.1 Methode

Die Österreichische Luftschadstoff-Inventur (OLI) ermittelt den Ausstoß von Luftschadstoffen für jeweils ein Kalenderjahr für das österreichische Staatsgebiet. Dabei hält sich die OLI an die Berechnungsmethode CORINAIR<sup>7</sup> der Europäischen Umweltagentur.

Bei großen Einzelquellen wird der Ausstoß (Emission) von Luftschadstoffen ganzjährig kontinuierlich gemessen. In Österreich ist dies z.B. bei kalorischen Kraftwerken der Fall, die in der Dampfkessel-Datenbank des Umweltbundesamtes zusammengefasst werden [UBA, 2002]. Da der Aufwand für eine umfassende kontinuierliche Messung für die unzähligen verschiedenen Einzelquellen (Haushalte, Verkehr, ...) zu hoch wäre, greift die OLI deshalb meist auf verallgemeinerte Ergebnisse von Einzelmessungen (Emissionsfaktoren) zurück. Mit deren Hilfe sowie mit Rechenmodellen und statistischen Hilfsgrößen wird auf jährliche Emissionen umgerechnet. Bei den statistischen Hilfsgrößen handelt es sich dabei meist um Energieverbrauch, welcher in der Energiebilanz als energetischer Endverbrauch bezeichnet wird (z.B. Benzinverbrauch). In allgemeingültiger Form werden diese Daten als 'Aktivitäten' bezeichnet.

Emissionsfaktoren sowie Aktivitäten und Rechenmodelle sind einem ständigen Prozess der Verbesserung und Aktualisierung unterworfen.

Aus Gründen der Transparenz wird für die Emissionsberechnungen im Rahmen der OLI auf publizierte Werte von Emissionsfaktoren und Aktivitäten zurückgegriffen. Falls solche Werte für bestimmte Emissionsfaktoren in Österreich nicht zur Verfügung stehen, wird auf international übliche Werte aus den Kompendien der Berechnungsvorschriften [EMEP TASK FORCE ON EMISSION INVENTORIES, 1999], [INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1997] zurückgegriffen.

Der vorliegende Bericht repräsentiert den Stand der Emissionsberechnungen vom Jänner 2003. Abweichungen zu bereits in den Vorjahren berichteten Emissionsdaten entstehen durch den kontinuierlichen Verbesserungsprozess der Inventur. Insbesondere die Generierung einer neuen Österreichischen Energiebilanz durch die STATISTIK AUSTRIA 2002 sowie die Einarbeitung neuer Kenntnisse im Landwirtschaftsbereich führten im Vergleich zur letzten Inventur zu größeren Änderungen.

Das Umweltbundesamt bereitet sich momentan auf zukünftige Anforderungen an die OLI, die sich aus der Klimarahmenkonvention und dem Kyoto-Protokoll ergeben, vor. Es wurde ein Gesamtkonzept für das Nationale Inventur System (NISA) entwickelt, das auf der OLI als zentralem Kern aufbaut (vgl. Abbildung 2). Künftige Anforderungen betreffen insbesondere die Gewährleistung von Transparenz, Konsistenz, Vergleichbarkeit, Vollständigkeit und Genauigkeit der Inventur.

---

<sup>7</sup> Core Inventory Air

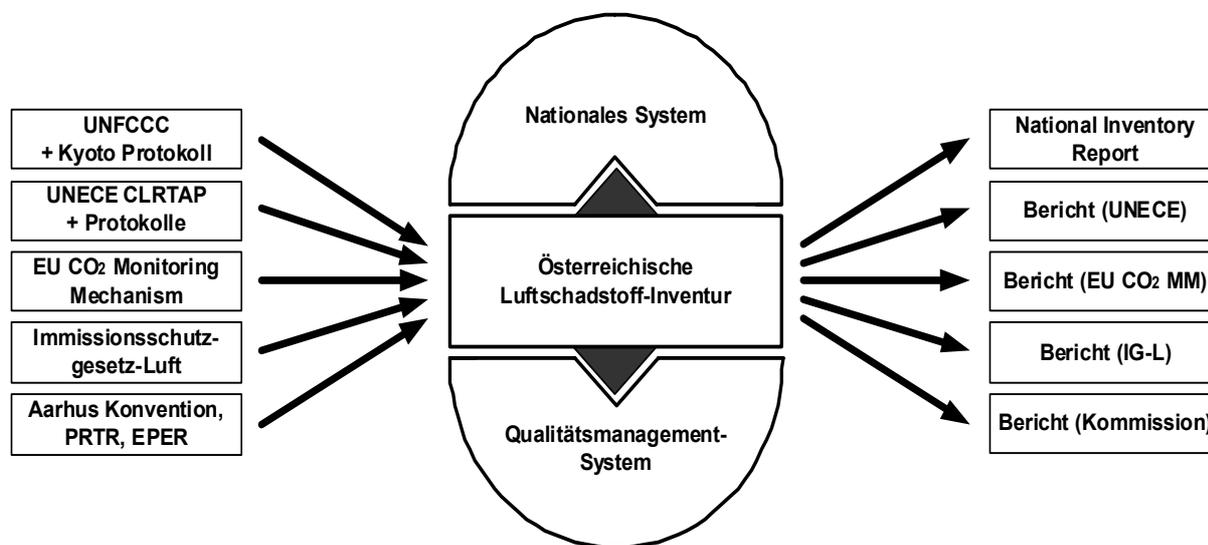


Abbildung 2: Gesamtkonzept der Berichterstattung über österreichische Luftemissionen

Entsprechend Artikel 5.1 des Kyoto-Protokolls hat das Umweltbundesamt im Vorjahr ein Nationales System eingerichtet. Die Installation eines Experten-Netzwerkes zielt auf einen verbesserten Informationsaustausch zwischen sämtlichen Organisationen ab, deren Daten signifikanten Einfluss auf die Emissionsinventur haben.

Weiters baut das Umweltbundesamt derzeit ein Qualitätsmanagementsystem entsprechend der Norm EN 45004 auf und plant die Akkreditierung zur Überwachungsstelle. Vorrangiges Ziel der Akkreditierung ist es, einen formalen Rahmen zu schaffen, um Nachvollziehbarkeit und Vergleichbarkeit der Inventur zu gewährleisten sowie zukünftig erhöhten Qualitätsanforderungen internationaler Berichtspflichten (insbesondere im Rahmen der UNFCCC) entsprechen zu können.

## 2.2 Schadstoffe

Verschiedene Schadstoffe stehen mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die Umwelt in Zusammenhang. Die folgende Tabelle zeigt, bei welchen Umweltproblemen die in diesem Bericht behandelten Schadstoffe beteiligt sind.

Die wesentlichen Problembereiche sind hierbei

- direkte negative Auswirkungen erhöhter Emissionen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt sowie Sach- und Kulturgüter
- Klimaerwärmung: Treibhauseffekt (verursacht durch Treibhausgase)
- die Bildung von bodennahem Ozon (aus Ozonvorläufersubstanzen)
- die Deposition von versauernd wirkenden Substanzen
- die Deposition von überdüngend (,eutrophierend‘) wirkenden Substanzen

- 
- der Beitrag zur Belastung durch Schwebstaub (entweder durch direkte Staubemissionen oder durch die Emission von Gasen, aus denen in der Atmosphäre Aerosole<sup>8</sup> entstehen können)

---

<sup>8</sup> Unter dem Aerosol versteht man die in der Luft schwebenden festen oder flüssigen Teilchen. Sichtbar wird das Aerosol als Dunst, der die Atmosphäre trübt. Die Konzentration des Aerosols nimmt mit der Höhe stark ab, in 10 km Höhe findet man nur noch einen Zehntausendstel des Bodenwertes.

Tabelle 1: In der OLI erfasste Schadstoffe und deren Zuordnung zu verschiedenen Umweltproblemen

Schadstoffe	Bezeichnung	Direkte Auswirkungen	Treibhauseffekt	Ozonvorläufer-substanzen	Versauerung	Eutrophierung	Schwebestaub
SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> und SO <sub>3</sub> angegeben als SO <sub>2</sub>	X			X		X
NO <sub>x</sub>	Stickstoffoxide (NO und NO <sub>2</sub> ) angegeben als NO <sub>2</sub>	X		X	X	X	X
NMVOC	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan und ohne Substanzen, die im Montreal Protokoll geregelt werden	* X		X			X
CH <sub>4</sub>	Methan		X	X			
CO	Kohlenmonoxid	X		X			
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid		X				
N <sub>2</sub> O	Distickstoffmonoxid (Lachgas)		X				
NH <sub>3</sub>	Ammoniak	(X)			X	X	X
Cd	Kadmium	X					
Hg	Quecksilber	X					
Pb	Blei	X					
PAH	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	X					
Dioxine	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD)	X					
HFC	Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe		X				
PFC	Perfluorierte Kohlenwasserstoffe		X				
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid		X				
Staub	Staub	X					X
HCB	Hexachlorbenzol	X					

\*: Nur bestimmte Substanzen dieser Gruppe, z.B. Benzol

## 2.3 Verursachereinteilung

Im Vorjahr kam es zu einer Vereinheitlichung der internationalen Berichtsformate<sup>9</sup>. Die Darstellung der im Rahmen des *Übereinkommens über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigungen* der UN/ECE zu berichtenden Luftschadstoffemissionen (UN-Berichtspflicht „klassischer“ Luftschadstoffe) wurde an jene des UN-Rahmenübereinkommens über Klimaänderungen (UN-Berichtspflicht über Treibhausgasemissionen) angeglichen.

In diesem Bericht wurde die Sektoreinteilung entsprechend angepasst, um zu vermeiden, dass in verschiedenen Berichten unter der gleichen Sektorbezeichnung jeweils unterschiedliche Emissionsquellen zusammengefasst werden. Die Darstellung der österreichischen Emissionen wurde in 6 Verursachergruppen (basierend auf die internationale NFR<sup>10</sup>/CRF<sup>11</sup>-Systematik) aufsummiert:

### 1.Sektor: Energieversorgung

Strom- und Fernwärmekraftwerke (inkl. energetischer Verwertung von Abfall)  
Raffinerie  
Kohle-, Erdgas- und Erdölförderung  
flüchtige Emissionen von Treibstoffen

### 2.Sektor: Kleinverbraucher

Heizungsanlagen privater Haushalte, privater und öffentlicher Dienstleister, Gewerbe und Landwirtschaft  
Off-Road Geräte für Haushalte, Gewerbe, Dienstleister und Landwirtschaft (beinhaltet z.B. landwirtschaftliche Geräte, Traktoren, Kleingeräte wie z.B. Rasenmäher, Motorsägen,....)

### 3.Sektor: Industrie

Prozess- und pyrogene Emissionen der Industrie  
Off-Road Geräte der Industrie (selbstfahrende Baumaschinen etc.)

### 4.Sektor: Verkehr

Straßenverkehr, Bahnverkehr, Schifffahrt, nationaler Flugverkehr

### 5.Sektor: Landwirtschaft

Nutztierhaltung, Ackerbau, Grünlandwirtschaft

### 6. Sektor: Sonstige

Emissionen aus Mülldeponien  
Müllverbrennung ohne energetische Verwertung (ist von verhältnismäßig geringer Bedeutung, da Müllverbrennung zumeist mit Kraft-Wärme-Koppelung verbunden ist und daher größtenteils dem Sektor 1 zugeordnet ist)  
Lösemittlemissionen

---

<sup>9</sup> Unter einem Berichtsformat versteht man die in der jeweiligen Berichtspflicht festgesetzte Darstellung und Aufbereitung von Emissionsdaten (Verursachersystematik und Zuordnung von Emittenten, Art und Weise der Darstellung von Hintergrundinformationen etc.)

<sup>10</sup> **Nomenclature For Reporting**: Berichtsformat der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen (UN/ECE)

<sup>11</sup> **Common Reporting Format**: Berichtsformat des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC)

Bei allen Emissionswerten ist grundsätzlich zu beachten, dass stets nur anthropogene (vom Menschen verursachte) Emissionen diskutiert werden. Die nicht anthropogenen Emissionen (Natur) sind nicht Teil der internationalen Berichtspflichten. Es wird daher in diesem Bericht auf diese nicht mehr näher eingegangen.

Ebensowenig werden in diesem Bericht die Emissionen aus dem internationalen Flugverkehr betrachtet; diese Emissionen werden zwar in den internationalen Konventionen angeführt, sind aber nicht in den nationalen Gesamtemissionen inkludiert.

### 3 KLIMA

Die Änderungen wesentlicher klimatologischer Größen sind vor allem auf die vom Menschen verursachten Emissionen der Treibhausgase zurückzuführen. Diese beeinflussen die Energieflüsse in der Atmosphäre durch die Absorption von Infrarot-Strahlung. Die wichtigsten anthropogenen Treibhausgasemissionen sind Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O).

Vermeehrt auftretende Wetteranomalien und Extremwetterereignisse werden heute von der überwiegenden Mehrzahl von Wissenschaftlern aus aller Welt auf den laufenden Klimawandel zurückgeführt. Nicht zuletzt die Folgen des Jahrhunderthochwassers im August 2002 veranschaulichen mehr denn je die Bedeutung nachhaltigen Wirtschaftens als Konzept zur Sicherung der Zukunft Österreichs.

#### Das Rahmenübereinkommen über Klimaänderungen

Am 9.5.1992 wurde das Rahmenübereinkommen über Klimaänderungen (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change) in New York beschlossen und im Juni 1992 am Weltgipfel in Rio de Janeiro zur Unterzeichnung aufgelegt. Bis 17.2.2003 wurde es von 188 Staaten ratifiziert (Österreich: 28.2.1994). Es trat am 21. März 1994 in Kraft.

Nach Artikel 7 des Rahmenübereinkommens wird die Konferenz der Vertragsparteien (COP, Conference of the Parties) als oberstes Organ des Übereinkommens eingesetzt.

Am 11.12.1997 wurde bei COP-3 in Kyoto, Japan, das Kyoto-Protokoll beschlossen (Decision 1/CP.3, Adoption of the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change). Es wurde bis zum 24.2.2003 von 105 Staaten ratifiziert, darunter die EU und alle Mitgliedsstaaten.

Durch das Kyoto-Protokoll wurden erstmals verbindliche Treibhausgas-Reduktionsziele für die Industriestaaten festgelegt. Die in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien<sup>12</sup> sollen nach Artikel 3 ihre gesamten Emissionen von Treibhausgasen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>) bis zur Periode 2008-2012 um zumindest 5%, bezogen auf die Emissionen des Basisjahres, reduzieren. Basisjahr ist für die Treibhausgase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O 1990, für HFC, PFC und SF<sub>6</sub> kann 1990 oder 1995 gewählt werden. Die Europäische Union verpflichtete sich dabei, ihre Treibhausgasemissionen um 8% zu reduzieren, wobei Österreichs Verpflichtung innerhalb der europäischen "Glockenlösung" 13% beträgt. Im Kapitel 10 werden Österreichs Treibhausgasemissionen einem europäischen Vergleich unterzogen.

Nach der Unterzeichnung der UNFCCC hat die Europäische Gemeinschaft als Vertragspartei im Jahr 1993 ein *System zur Beobachtung der Emissionen von CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen in der Gemeinschaft* (Entscheidung 93/389/EWG) beschlossen. Dieses System diente dazu, die Fortschritte bei der Stabilisierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen auf dem Gebiet der EU auf dem Niveau von 1990 bis zum Jahr 2000 zu kontrollieren. Mit dem Abschluss des Kyoto-Protokolls wurde der Monitoring Mechanism den neuen Bestimmungen angepasst (Entscheidung 99/296/EG). Neben dem CO<sub>2</sub>-Stabilisierungsziel bis zum Jahr 2000 wurden die Emissionsbegrenzungen bzw. -reduktionen aller im Kyoto-Protokoll vorgesehener Treibhausgase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>) in den Monitoring Mechanism aufgenommen.

---

<sup>12</sup> „In Anlage I aufgeführte Vertragspartei“ bedeutet eine Vertragspartei, die in Anlage I des Übereinkommens in seiner jeweils geänderten Fassung aufgeführt ist, oder eine Vertragspartei, die eine Notifikation nach Artikel 4 Absatz 2 Buchstabe g des Übereinkommens übermittelt hat.

### 3.1 Entwicklung der Treibhausgasemissionen von 1990-2001 in Österreich

In folgender Tabelle wurden die anthropogenen Emissionen der Treibhausgase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und der drei F-Gase<sup>13</sup> entsprechend ihrem unterschiedlichen Treibhauspotential ("global warming potential – GWP") berücksichtigt.

Tabelle 2: Treibhausgasemissionen in Österreich (Mio Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalente) – auf zwei Kommastellen gerundete Werte

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	F-Gase gesamt	Gesamt
Basisjahr <sup>14</sup>	60,11	10,67	5,80	1,74	78,32
1990	60,11	10,67	5,80	1,48	78,07
1991	63,59	10,55	6,43	1,66	82,24,
1992	58,45	10,28	5,25	1,31	75,29
1993	59,31	10,32	6,07	0,88	76,58
1994	59,74	10,17	6,75	1,10	77,77
1995	62,63	10,07	6,36	1,74	80,80
1996	66,63	9,96	6,15	1,89	84,62
1997	66,21	9,61	6,44	1,88	84,15
1998	66,33	9,44	6,25	1,79	83,82
1999	65,02	9,30	6,18	1,63	82,12
2000	64,93	9,13	6,15	1,74	81,95
2001	69,12	9,07	5,95	1,74	85,88
Differenz (%) Basisjahr-2001	15%	-15%	2,5%	-0,1%	9,6%
Anteile 2001	80,5%	10,6%	6,9%	2,0%	100,0%

Österreich ist dem Ziel einer dreizehn prozentigen Reduktion von treibhauswirksamen Gasen bis 2010 nicht nähergekommen (siehe Abbildung 3). Seit dem Basisjahr sind die Treibhausgasemissionen um 9,6% (2001) gestiegen.

Der Grund liegt im Wesentlichen beim steigenden fossilen Brennstoffeinsatz und den damit zunehmenden CO<sub>2</sub> 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 Brennstoffeinsätze zur Wärme- und Stromgewinnung, insbesondere in den Bereichen Kleinverbraucher und Energieversorgung verursacht.

Auch im Jahr 2001 kam es zu einer erheblichen Steigerung (+4,8%) der Treibhausgasemissionen auf nunmehr 85,88 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalente. Dies lässt sich

<sup>13</sup> HFCs (Hydrofluorocarbons), PFCs (Perfluorocarbons), SF<sub>6</sub> (Sulphur hexafluoride)

<sup>14</sup> Basisjahr für CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O: 1990; für F-Gase: 1995

einerseits auf erhöhte Brennstoffverbräuche bedingt durch den kalten Winter 2001, andererseits durch die vermehrte Beschickung von Strom- und Fernwärme Kraftwerken mit emissionsintensiver Braun- und Steinkohle erklären. Der Sektor „Energieversorgung“ wird in diesem Bericht als Schwerpunktthema noch genauer behandelt.

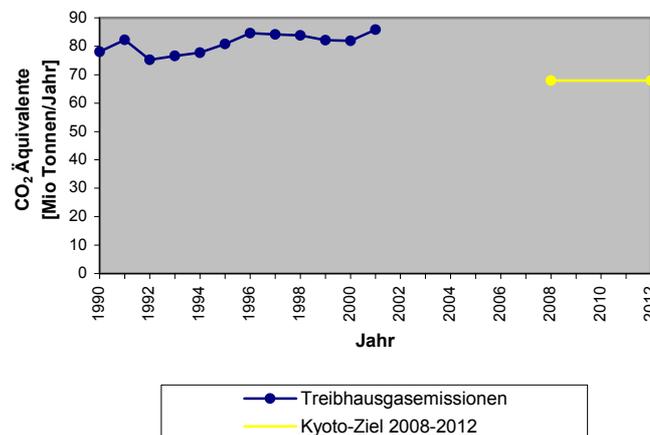


Abbildung 3: Treibhausgas-Trend 1990 bis 2001 und Kyoto-Ziel 2008-2012

Kohlendioxid war im Jahr 2001 mit einem Anteil von 80,5% hauptverantwortlich für die hohe Summe der Treibhausgase. Methan trug im selben Jahr 10,6% bei, gefolgt von Lachgas mit 6,9% und den drei F-Gasen mit insgesamt 2%.

Die CH<sub>4</sub> Emissionen sind gegenüber dem Basisjahr um 15,0% gesunken und betragen 2001 9,1 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalente. Demgegenüber sind die N<sub>2</sub>O Emissionen um 2,5% auf 6,0 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalente gestiegen. Die Emissionen der F-Gase hatten im Jahr 2001 den gleichen Stand wie im Basisjahr und betragen 1,7 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalente.

### 3.2 Analyse gesamtwirtschaftlicher Einflussfaktoren

Der Verlauf der Treibhausgasemissionen hängt grundsätzlich von vielen Faktoren ab. Da rund zwei Drittel der Treibhausgasemissionen energiebedingt sind, ist der wichtigste Parameter für die Treibhausgasemissionen die Entwicklung des Energieverbrauchs und des Energieträgermixes. Folgende Faktoren beeinflussen die Treibhausgasemissionen maßgeblich:

- Bevölkerungswachstum
- Wirtschaftswachstum
- Temperaturverlauf und der damit verbundene Heizaufwand
- Steigerungen der Energieeffizienz
- 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 CO<sub>2</sub> als bei der Verbrennung von Kohle)

- Struktur- und Preiseffekte der Liberalisierung der Energiemärkte
- Weltmarktpreise für Energie
- Strukturveränderungen in der Wirtschaft und im Konsumverhalten

In Tabelle 3 sind die relativen Veränderungen der fünf wesentlichen Einflussfaktoren dargestellt.

Tabelle 3: Veränderung gesamtwirtschaftlicher Einflussfaktoren

	Veränderung zum Vorjahr	Veränderung zu 1990
Bevölkerung	-0,6 %	+4,3 %
Bruttoinlandsprodukt	+0,7 %	+27,6 %
Energieverbrauch	+6,7 %	+22,3 %
Verbrauch fossiler Energieträger	+6,9 %	+19,5 %
Heizgradtage	+13,5 %	+3,4 %

In Abbildung 4 ist die Veränderung dieser Einflussfaktoren sowie des Treibhausgas-Ausstoßes Österreichs als Index (d.h. relativ zu 1990) graphisch dargestellt:

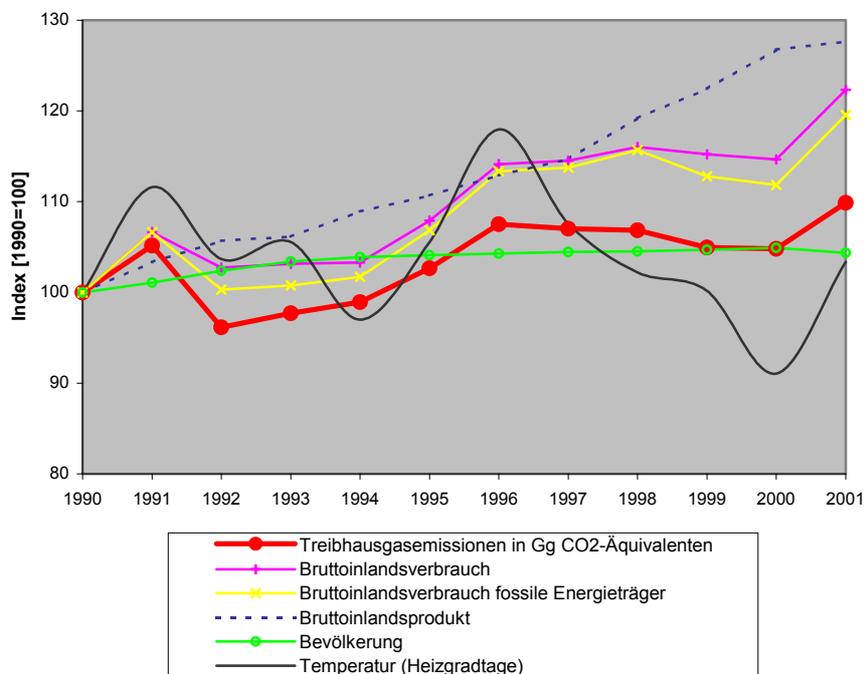


Abbildung 4: Treibhausgasemissionen und treibende Kräfte 1990 bis 2001

Die Treibhausgasemissionen haben sich seit 1990 um rund 10% erhöht, während die Bevölkerung um bloß 4% gestiegen ist. Allerdings ist eine Entkoppelung des Treibhausgas-Trends vom Bruttoinlandsprodukt zu verzeichnen. Dies ist vor allem auf

Effizienzsteigerungen bei industriellen Prozessen, dem geringeren Einsatz fester Brennstoffe (insbesondere Kohle) und dem wirtschaftlichen Strukturwandel zurückzuführen.

In den 90er Jahren erhöhte sich der Energieverbrauch um 22%, wogegen das BIP um 28% stieg. Dadurch fiel die Treibhausgasintensität des Energieverbrauchs um 8% und jene des BIP um 17% (Kyoto-Fortschrittsbericht, UBA 2003).

### 3.3 Entwicklung nach Sektoren

In folgender Abbildung sind die Anteile der sechs Hauptverursacherguppen an den Treibhausgasemissionen Österreichs für das Jahr 2001 dargestellt:

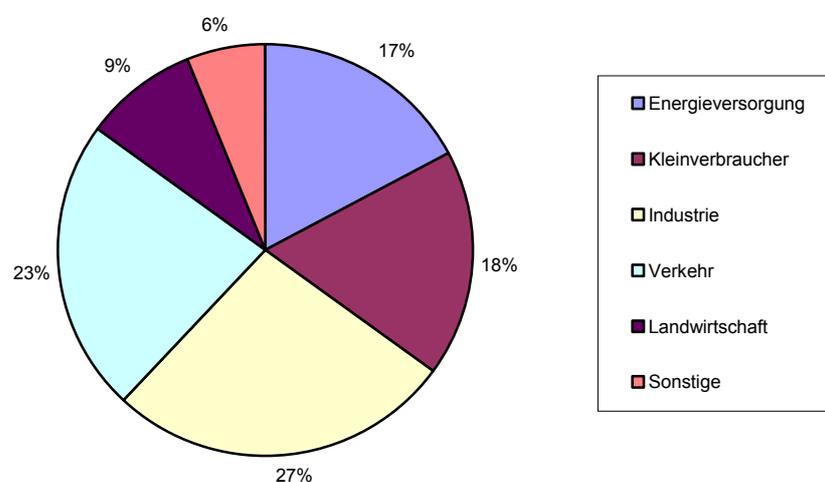


Abbildung 5: Anteile der Hauptverursacher an den Treibhausgasemissionen 2001

#### Hauptverursacher

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.

Abbildung 6 gibt die Trends der einzelnen Emittentengruppen in CO<sub>2</sub> Äquivalenten wieder.

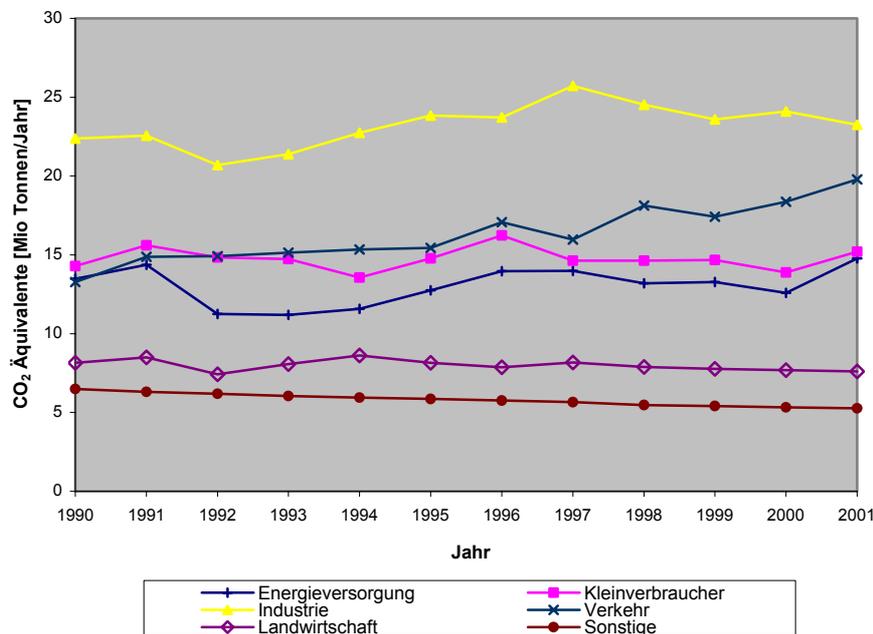


Abbildung 6: Treibhausgasemissionen nach Sektoren 1990-2001

### Trends

Die Treibhausgasemissionen des Sektors Verkehr sind zwischen 1990 und 2001 am meisten, nämlich um 49% auf 19,8 Mio Tonnen angestiegen. 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 CO<sub>2</sub> Äquivalente. Die Kleinverbraucher steigerten ihre Treibhausgasemissionen um 6%. Die Spitze im Jahr 1996 weist auf den vermehrten Heizungseinsatz aufgrund des kalten Winters 1996 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 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 CO<sub>2</sub>-Äquivalente gesunken.

In Abbildung 7 ist die absolute und relative Veränderung des Treibhausgasausstoßes der sechs Sektoren von 1990 bis 2001 dargestellt:

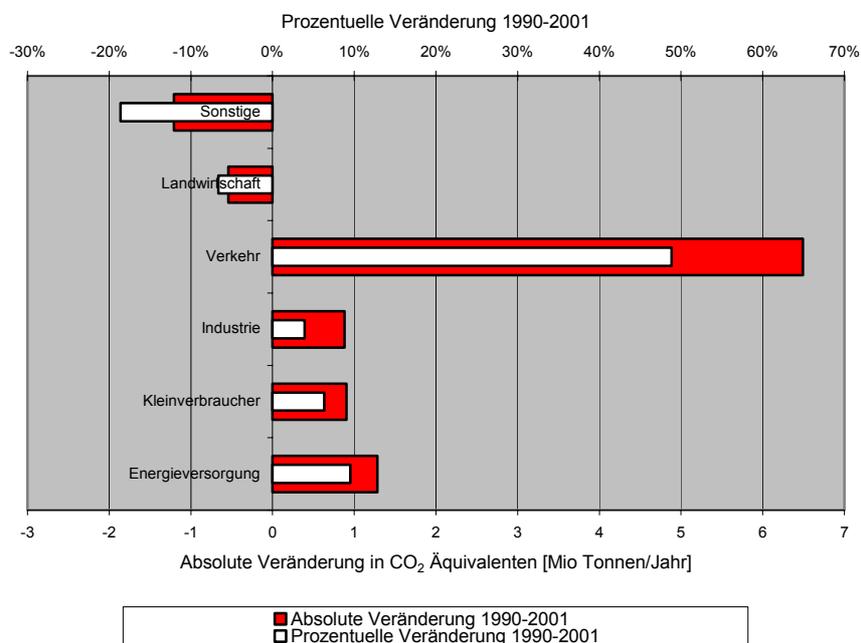


Abbildung 7: Veränderung des Treibhausgasausstoßes der sechs Hauptverursachergruppen von 1990 bis 2001 (absolut in Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente und in Prozent)

### Ursachen

Die Treibhausgasemissionen der Energieversorgung bestehen zu 99% aus CO<sub>2</sub> und zu 1% aus Methan und stiegen im Zeitraum 1990 bis 2001 um 9,5%. Insbesondere 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 (vgl. auch Kapitel 9.1). 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 besteht aus CO<sub>2</sub>, bei welchem seit 1990 ein Anstieg um 7,5% zu verzeichnen ist. Die Gewinnung von Raumwärme trug den Großteil, nämlich 88% (2001) der CO<sub>2</sub> Emissionen bei. Die restlichen 12% bewirkte der Einsatz von Off-Road Geräten bei der Land- und Forstwirtschaft. Die N<sub>2</sub>O Emissionen stiegen um 20% an, im Gegensatz dazu konnten die Methanemissionen um 44% reduziert werden. Ihr Anteil an den Treibhausgasemissionen verringerte sich von 2,7% auf 1,4%. Etwa die Hälfte der N<sub>2</sub>O Emissionen des Kleinverbrauchs stammt aus Off-Road Geräten der Land- und Forstwirtschaft, bei den CH<sub>4</sub> Emissionen stammen hingegen nur 5% von Off-Road Geräten.

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%. Die Treibhausgase der Industrie bestehen zu etwa 89% aus CO<sub>2</sub>, zu 7% aus F-Gasen und zu 4% aus N<sub>2</sub>O (2001). Die CO<sub>2</sub> Emissionen der Industrie stiegen seit 1990 um 4%, die F-Gas Emissionen sogar um 17%. Nur bei den N<sub>2</sub>O Emissionen ist eine Reduktion um 11% zu

verzeichnen. Diese Reduktion lässt sich auf Bemühungen der chemischen Industrie zurückführen, den N<sub>2</sub>O Ausstoß bei der Salpetersäureproduktion durch Einbau eines Katalysators zu verringern.

Die Treibhausgase des Verkehrssektors 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%. 96% der Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors nimmt das bei der Verbrennung von Treibstoffen freigesetzte CO<sub>2</sub> ein (2001), der Rest ist zum überwiegendem Teil N<sub>2</sub>O (vgl. Kapitel 9.2). Methan spielt bei den Emissionen des Verkehrssektors kaum eine Rolle.

Die Treibhausgasemissionen des Landwirtschaftsbereiches bestanden im Jahr 2001 zu 53% aus CH<sub>4</sub> und zu 47% aus N<sub>2</sub>O Emissionen (in THG-Äquivalenten). Variierende Viehbestandszahlen, der (damit einhergehende) unterschiedlich hohe Anfall von organischem Dünger, die Art und Weise des Düngemanagements und der Viehhaltung sowie die Düngeintensität sind die wesentlichsten Einflussgrößen der Emissionsentwicklung (vgl. Kapitel 9.5). 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 CO<sub>2</sub> und zu 5% aus N<sub>2</sub>O zusammen. 88% dieser Treibhausgase entstammt der Abfallbehandlung (excl. Müllverbrennung mit energetischer Nutzung, vgl. Kapitel 2.3). Dabei handelt es sich fast ausschließlich (zu 99%) um Methan. Etwa 83% davon wird in Mülldeponien freigesetzt, etwa 17% entweicht bei Abwasser- und Klärschlammbehandlung sowie Kompostierung. Die laufend steigende Gas erfassungsrate bei Deponien stellt die bedeutendste Reduktionsmaßnahme in diesem Bereich dar (vgl. Kapitel 3.4.2 und 9.6). Die restlichen Treibhausgasemissionen der „Sonstigen“ sind die CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O Emissionen des Lösungsmittelsektors und zu einem geringen Teil der Müllverbrennung (ohne energetische Nutzung).

### 3.4 Entwicklung nach Gasen

Abbildung 8 gibt die Emissionstrends der einzelnen Treibhausgase an den gesamten Treibhausgasemissionen in CO<sub>2</sub> Äquivalenten wieder.

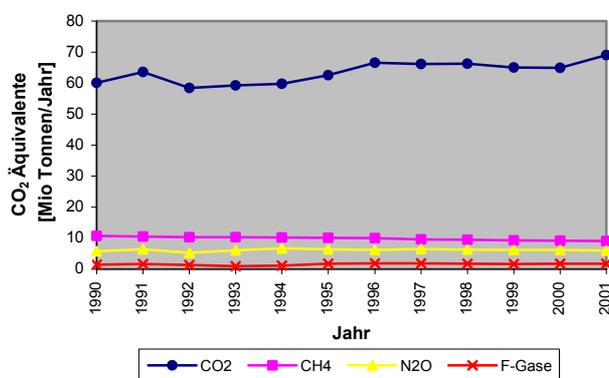


Abbildung 8: Treibhausgasemissionen nach Gasen 1990 bis 2001

**CO<sub>2</sub> Emissionen:** Sie sind Hauptverursacher des Treibhauseffektes und daher Trend bestimmend. Die anthropogenen CO<sub>2</sub> Emissionen stiegen zwischen 1990 und 2001 um 9 Mio Tonnen (+15%) an und machten 2001 80,5% aller Treibhausgasemissionen aus. Die wichtigste Emissionsquelle stellt die energetische Nutzung fossiler Energieträger (Verbrennung) dar.

Der Verlauf der CO<sub>2</sub> Emissionen hängt von folgenden Faktoren ab:

- Wirtschaftswachstum
- Temperaturverlauf und dem damit verbundenen Heizaufwand
- Stromproduktion in Wasserkraftwerken (sie beeinflusst den notwendigen Ausgleich aus kalorischen Kraftwerken)
- Energiemix der kalorischen Kraftwerke, da etwa bei der Verbrennung von Erdgas pro Energieeinheit rund 40% weniger CO<sub>2</sub> emittiert wird als bei der Verbrennung von Kohle
- Steigerungen der Energieeffizienz
- Umstrukturierung der Wirtschaft

In Abbildung 9 ist zu erkennen, dass das CO<sub>2</sub> Stabilisierungsziel 2000 nicht erreicht wurde. Die 15%ige Zunahme von CO<sub>2</sub> seit dem Basisjahr 1990 (Stand 2001) ist Hauptursache für den derzeitigen Treibhausgas-Trend von +9,6%.

**CH<sub>4</sub> Emissionen:** Die CH<sub>4</sub> Emissionen sind zwischen 1990 und 2001 um 1,6 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalente (-15%) gesunken. Damit hatten sie 2001 einen Anteil von 10,6% der Treibhausgasemissionen. Hauptverantwortlich für diesen Trend sind zum überwiegenden Teil der steigende Methan-Erfassungsgrad bei Mülldeponien sowie die rückläufigen Rinderzahlen im Landwirtschaftssektor.

**N<sub>2</sub>O Emissionen:** Die N<sub>2</sub>O Emissionen stiegen vor allem Anfang der 1990er Jahre an, haben aber seit 1994 wieder fallende Tendenz. 2001 lagen sie um 2,5% über dem Wert von 1990 und machten 6,9% aller Treibhausgasemissionen aus. Der Landwirtschaftsbereich ist mit annähernd 60% im Jahr 2001 der Hauptemittent der Lachgasemissionen. Weiters prägen die Emissionen des Verkehrssektors den Trend. Nach dem hohen Anstieg bis Mitte der 1990er Jahre bedingt durch die Einführung des Katalysators benzinbetriebener Kfz, haben sich die N<sub>2</sub>O Emissionen des Verkehrs zuletzt wieder (auf vergleichsweise hohem Niveau) stabilisiert. Bei weiterhin steigendem Verkehrsaufkommen ist als Begründung für diese Entwicklung der starke Trend zu Dieselfahrzeugen zu nennen. Die chemische Industrie konnte ihre N<sub>2</sub>O Emissionen durch die Anwendung eines neuen Verfahrens in der Salpetersäureproduktion deutlich reduzieren.

**F-Gase:** Seit dem Basisjahr 1995 ist für der Summe der F-Gase (HCFs, SF<sub>6</sub> und PFC) kaum eine Veränderung zu verzeichnen. Die Reduktion betrug lediglich 0,1%. Im Jahr 2001 hatten sie einen Anteil von 2% an den gesamten Treibhausgasemissionen. Der Trend der einzelnen Substanzen (SF<sub>6</sub>) bzw. Substanzgruppen (HFCs, PFCs) ist sehr unterschiedlich. So entwickelten sich seit 1990 die HFC und PFC Emissionen gegenläufig: die Emissionen von HFCs sind bis 2001 auf ein 258-faches ihres Wertes im Jahr 1990 angestiegen, in der gleichen Zeitspanne sind PFC Emissionen auf ein 39igstel gesunken (vgl. Abbildung 15). Die Emissionen von Schwefelhexafluorid haben ein Maximum im Jahr 1996 durchlaufen. SF<sub>6</sub> ist das Treibhausgas mit dem höchsten Treibhausgaspotential, eine Tonne SF<sub>6</sub> besitzt das Treibhausgaspotential von 23.900 Tonnen CO<sub>2</sub>.

Die wichtigsten Einsatzgebiete für HFCs sind die Kühl- und Kältemittelindustrie und die Schaumstoffherstellung, in der HFCs als Ersatzstoffe für die ozonschichtzerstörenden FCKWs eingesetzt werden. PFCs sind zu Beginn der 90iger Jahre noch in großen Mengen bei der Aluminiumproduktion angefallen, seit dem Stopp der Primäraluminiumproduktion in Österreich ist die Halbleiterindustrie größter PFC Emittent. Die Halbleiterherstellung ist neben der Verwendung von SF<sub>6</sub> als Füllgas für Schallschutzfenster auch die wichtigste SF<sub>6</sub> Quelle.

In den nächsten Jahren ist mit einer starken Reduktion der F-Gas Emissionen zu rechnen, da mit der sogenannten „HFKW-FKW-SF<sub>6</sub>-Verordnung“ (BGBl. II Nr. 447/2002) die Verwendung der F-Gase ab 2003 reguliert und schrittweise weitestgehend verboten wird.

### 3.4.1 Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

CO<sub>2</sub> entsteht überwiegend durch Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Erdgas, Erdöl und Kohle. Im Jahr 2001 wurden in Österreich 69 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> emittiert und damit um 9 Millionen Tonnen (+15%) mehr als im Kyoto-Basisjahr 1990.

Im Gegensatz zu anderen Luftemissionen, bei welchen bei der Emissionsermittlung technologische Aspekte der Verbrennung eine wesentliche Rolle spielen, sind die CO<sub>2</sub> Emissionen primär vom Brennstoffeinsatz (Brennstoffart und Brennstoffmenge) abhängig. Überarbeitete Energiebilanzen der STATISTIK AUSTRIA wirken sich daher deutlich auf die entsprechenden CO<sub>2</sub> Emissionen aus.

In folgender Abbildung ist der CO<sub>2</sub> Trend Österreichs sowie das Stabilisierungsziel 2000 dargestellt.

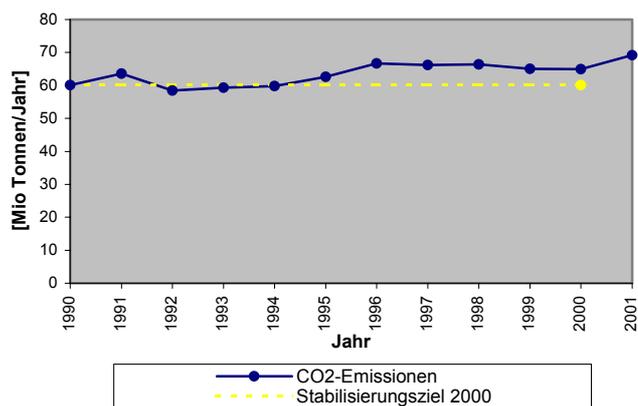


Abbildung 9: CO<sub>2</sub> Emissionen 1990 bis 2001 und Stabilisierungsziel für das Jahr 2000

#### Trend

Der Trendverlauf im Zeitraum von 1990 bis 2001 kann als uneinheitlich steigend bezeichnet werden. Nach einer Spitze im Jahr 1991, bedingt durch die gute Konjunktur und einen kalten Winter, kam es zu einem Tief 1992 infolge einer geringeren Industrieproduktion und einem rückläufigen Stromverbrauch in Kombination mit einer erhöhten Wasserkraftproduktion. Danach stiegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen stetig bis 1996 an. Die Spitze 1996 resultiert ebenfalls aus der guten Konjunkturlage (insbesondere der Eisen- und Stahlindustrie) sowie dem erhöhten Brennstoffeinsatz aufgrund des kalten Winters 1996. Nach leichten Reduktionen bis zum Jahr 2000 kam es 2001 erneut zu einem beachtlichen Zuwachs von 6,5%. Die Hauptverursacher sind diesmal die öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke, welche durch den vermehrten Brennstoffeinsatz (insbesondere von Kohle) im Vergleich zu 2000 um 2,2 Mio Tonnen mehr CO<sub>2</sub> emittierten. Die mit Abstand größten Zuwachsraten im gesamten Berichtszeitraum sind im Verkehrssektor zu verzeichnen.

## Ziel

Bisher konnten die CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht stabilisiert werden, das Stabilisierungsziel der CO<sub>2</sub> Emissionen gemäß dem Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) im Jahr 2000 auf die Höhe von 1990 wurde eindeutig verfehlt (vgl. Abbildung 9).

In folgender Abbildung sind die CO<sub>2</sub>-Trends nach Hauptverursachern aufgegliedert dargestellt:

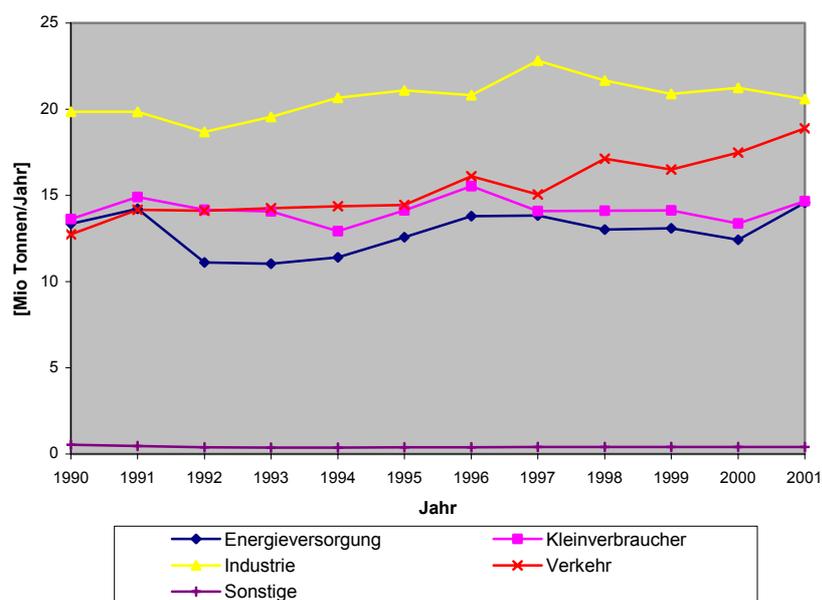


Abbildung 10: CO<sub>2</sub> Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

## Hauptverursacher und Trends

2001 lagen die Anteile der einzelnen Emittentengruppen an den gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen für den Sektor Industrie bei 30%, für den Verkehr bei 27%, für die Kleinverbraucher bei 21% und für die Energieversorgung ebenfalls bei 21%. Der Sektor Landwirtschaft verursacht keine anthropogenen CO<sub>2</sub> Emissionen, da der Betrieb von Geräten und Raumheizung im Sektor Kleinverbrauch enthalten sind.

Die CO<sub>2</sub> Emissionen des Sektors Verkehr sind zwischen 1990 und 2001 um insgesamt 48% angestiegen. Dieser Sektor besitzt eine außerordentliche Dynamik, denn stiegen die CO<sub>2</sub> Emissionen von 1990 bis 1995 um 13%, so verdoppelte sich der Anstieg im Zeitraum 1995 bis 2001 auf 31%. Die CO<sub>2</sub> Emissionen aus dem Sektor Energieversorgung stiegen um insgesamt 9%, wobei 2000 auf 2001 ein Anstieg um 17% zu verzeichnen ist. Der Kleinverbrauch trug mit 7% Steigerung, die Industrie mit 4% Steigerung zum Trend bei. Als einzige Emittentengruppe ist bei den Sonstigen einer Reduktion um 25% zu verzeichnen. Deren CO<sub>2</sub> Emissionen nahmen jedoch im Jahr 2001 nicht einmal 1% der CO<sub>2</sub> Gesamtemissionen ein, weshalb sie von nur sehr untergeordneter Bedeutung sind.

### Ursachen

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen Österreichs entwickeln sich in etwa parallel zum Einsatz fossiler Energieträger (vgl. Abbildung 4), da die Verbrennung von Biomasse nicht zu den anthropogenen CO<sub>2</sub> Emissionen gerechnet wird. CO<sub>2</sub> Emissionen aus nachwachsenden Rohstoffen werden also nicht den Gesamtemissionen zugerechnet sondern gelten als "CO<sub>2</sub>-neutral", da diese Emissionen direkt bei der Waldbestandsänderung eingerechnet werden.

Zu beachten ist, dass für die Trendbetrachtung CO<sub>2</sub>-Senken nicht berücksichtigt werden. Diese können aus Tabelle 1 im Anhang entnommen werden. Zu den Senken trägt vor allem die Netto-Aufnahme von CO<sub>2</sub> durch den österreichischen Waldbestand bei (CO<sub>2</sub> Aufnahme abzüglich Holzernte). Der österreichische Waldbestand hat laut der wiederkehrenden österreichischen Forstinventur im betrachteten Zeitraum zwar zugenommen, die Zunahme zeigt aber seit 1990 eher fallende Tendenz.

### 3.4.2 Methan (CH<sub>4</sub>)

Methan entsteht hauptsächlich bei der Verdauung von Pflanzenfressern (in Österreich primär von Kühen), dem Gülle-Management und beim Abbauprozess in Deponien. Hauptverantwortliche Emissionssektoren sind damit die Landwirtschaft und die der Verursacherguppe der „Sonstigen“ zugeordneten Mülldeponien.

Die in diesem Bericht ebenfalls der Verursacherguppe der Sonstigen zugeordneten Lösemittel besitzen keine Methanemissionen. Die Methanemissionen der Gruppe der Sonstigen werden ausschließlich bei der Abfallbehandlung emittiert. Im Jahr 2001 stammten diese zu 83% aus Mülldeponien und zu 17% aus der Behandlung von Abwasser und Klärschlamm sowie der Kompostierung.

In folgender Abbildung ist der CH<sub>4</sub>-Trend Österreichs von 1990 bis 2001 dargestellt:

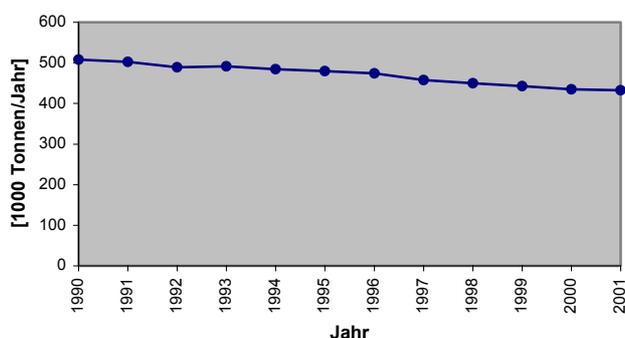


Abbildung 11: CH<sub>4</sub> Trend 1990 bis 2001

### Trend

Der CH<sub>4</sub> Emissionstrend besitzt durchwegs fallende Tendenz. Im Jahr 2001 wurden in Österreich 432.000 Tonnen CH<sub>4</sub> emittiert und damit um 76.000 Tonnen (-15%) weniger als im Kyoto-Basisjahr 1990.

In folgender Abbildung sind die CH<sub>4</sub>-Trends nach Hauptverursachern aufgegliedert dargestellt.

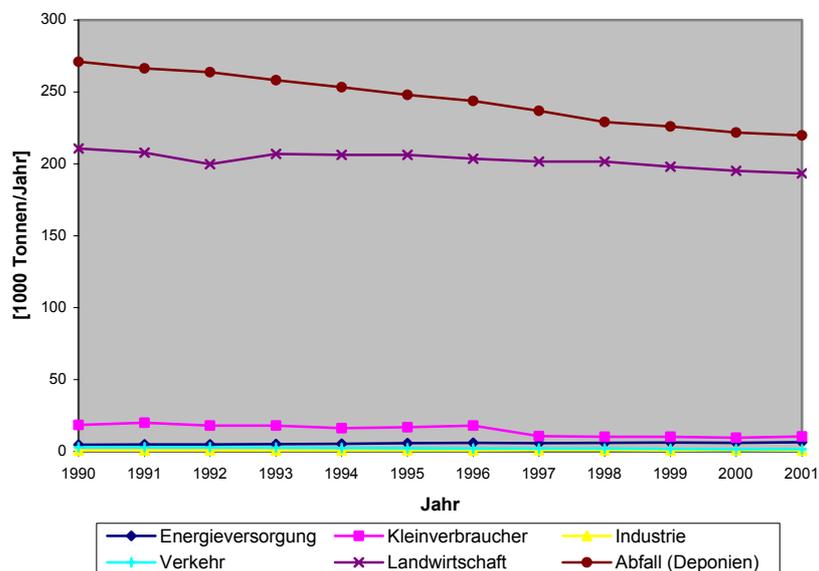


Abbildung 12: CH<sub>4</sub> Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

Der Bereich Abfall (Deponien) verursachte im Jahr 2001 51% der österreichischen CH<sub>4</sub> Emissionen. Von 1990 bis 2001 kam es zu einer Abnahme von 19% in diesem Sektor.

Seit 1998 sind die Betreiber von Mülldeponien verpflichtet, die deponierte Abfallmenge und Abfallart jährlich zu melden. Diese Daten werden in der Deponieverordnungsdatenbank des Umweltbundesamtes erfasst, wodurch seit 1998 für die Erhebungen wesentlich genauere Aktivitätsdaten zur Verfügung stehen. Methodische Verbesserungen bei der Berechnung der Abfallemissionen ergaben außerdem für die gesamte Zeitreihe um etwa 9% niedrigere Emissionswerte im Vergleich zur Vorjahresinventur.

Die Landwirtschaft hatte 2001 einen Anteil von 45% an den gesamten CH<sub>4</sub> Emissionen. Sie sind zum größten Teil der Viehhaltung zuzuordnen und hier wiederum den stoffwechselbedingten Emissionen der Rinderhaltung. Die Reduktion von 8% (1990-2001) resultiert vorwiegend aus rückläufigen Rinderstückzahlen.

Der Energieversorgungssektor war im Jahr 2001 für gut 1% der Methanemissionen verantwortlich, wobei dieses fast ausschließlich aus Leitungsverlusten nationaler und internationaler Erdgasleitungen stammt. Die Kleinverbraucher verursachten 2001 etwa 2% der Methanemissionen. Dabei handelt es sich überwiegend um Emissionen aus Raumheizungsanlagen. Die Sektoren Verkehr und Industrie verursachen mit weniger als 1% der gesamten CH<sub>4</sub> Emissionen die geringsten Anteile.

### Ursachen

Die laufend steigende Gaseraffassungsrate bei Deponien stellt die quantitativ bedeutendste Reduktionsmaßnahme von Methanemissionen dar.

Die Methanemissionen im Bereich der Landwirtschaft korrelieren nach wie vor zu einem hohen Grad am Viehbestand (insbesondere der Rinder). Die Möglichkeiten einer

energetischen Verwertung durch Biomethanisierung von Gülle und Mist in Biogasanlagen beinhalten jedoch ein erhebliches Reduktionspotential.

### 3.4.3 Lachgas (N<sub>2</sub>O)

N<sub>2</sub>O, das auch unter dem Begriff „Lachgas“ bekannt ist, entsteht vorwiegend durch Abbauprozesse von stickstoffhaltigem Dünger. Auch im Bereich des Güllemanagements sind beachtliche Emissionen zu verzeichnen, weshalb die Landwirtschaft eindeutig Hauptverursacher der anthropogenen N<sub>2</sub>O Emissionen ist.

Emittiertes Lachgas verbleibt etwa 100 Jahre in der Atmosphäre und trägt dort zur Verstärkung des Treibhauseffektes bei.

Bei der Ermittlung der Lachgasemissionen aus dem Landwirtschaftssektor konnten erstmals die Erkenntnisse neuer Studien, welche im Auftrag des Umweltbundesamtes vom Institut für Land-, Umwelt- und Energietechnik der Universität für Bodenkultur Wien in Zusammenarbeit mit dem ARC Seibersdorf speziell für die Österreichische Luftschadstoff-Inventur erstellt wurden, eingearbeitet werden (vgl. Kapitel 9.5). Dies führte im Vergleich zur Vorjahresinventur zu erheblichen Revisionen der Werte nach oben.

Folgende Abbildung zeigt den N<sub>2</sub>O Trend Österreichs von 1990 bis 2001:

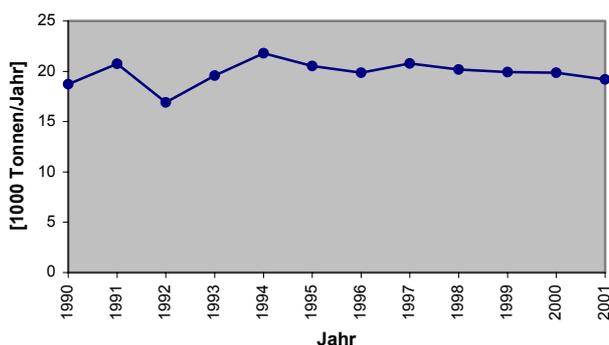


Abbildung 13: N<sub>2</sub>O Trend 1990 bis 2001

#### **Trend**

Die N<sub>2</sub>O Emissionen Österreichs sind im Zeitraum 1990 bis 2001 um 2,5% gestiegen. Im Jahr 2001 wurden in Österreich etwa 19.000 Tonnen N<sub>2</sub>O emittiert.

Lachgas wird auch bei den Prozessen der Denitrifikation und Nitrifikation durch Mikroorganismen in Böden und Gewässern freigesetzt. Es ist hier oft schwierig, natürliche von anthropogenen Emissionen zu unterscheiden. Nur jene, durch landwirtschaftliche Stickstoffeinträge zusätzlich verursachten Emissionen werden als anthropogen betrachtet.

In folgender Abbildung ist die Entwicklung der N<sub>2</sub>O Emissionen von 1990 bis 2001 für jede Verursachergruppe abgebildet:

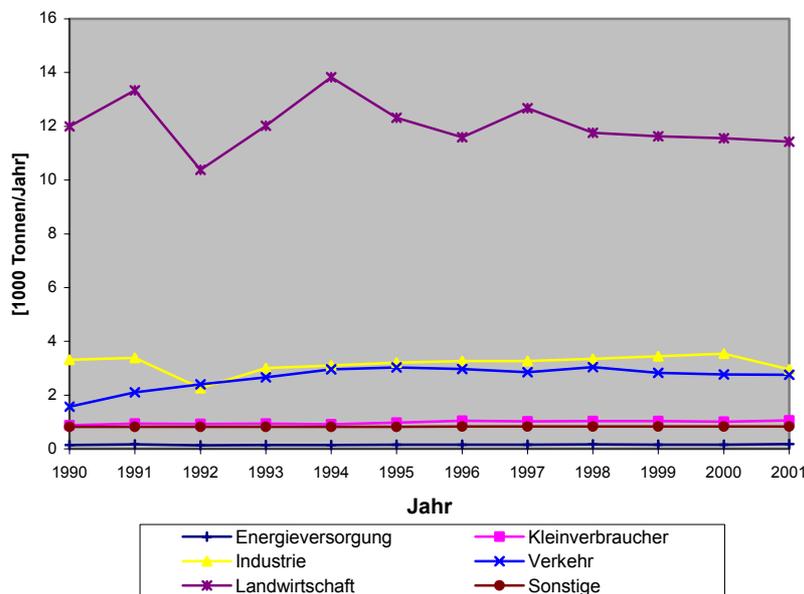


Abbildung 14: N<sub>2</sub>O Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

Im Jahr 2001 wurden 60% der N<sub>2</sub>O Emissionen vom Landwirtschaftsbereich emittiert, wobei annähernd vier Fünftel der Emissionen dieses Sektors durch Düngung landwirtschaftlicher Flächen und der Rest größtenteils aus dem Güllemanagement hervorgeht.

Einen Anteil von 15% der Gesamt N<sub>2</sub>O Emissionen verursachte im Jahr 2001 die Industrie, 14% der Verkehr, 6% stammen von den Kleinverbrauchern, zu 4% ist der Sektor Sonstige und zu 1% der Sektor Energieversorgung verantwortlich.

Der massivste Anstieg an N<sub>2</sub>O Emissionen ist im Verkehrsbereich mit +76% zu verzeichnen. Die Emissionen der Energieversorgung stiegen um 22%, jene des Kleinverbrauches um 20%. Das von der Gruppe der Sonstigen emittierte N<sub>2</sub>O nahm um knapp 1% zu.

Die Emissionen des Sektors Industrie sind von 1990 bis 2001 um 11% gesunken und die Emissionen der Landwirtschaft um 5%.

### Ursachen

Die N<sub>2</sub>O Emissionen des Verkehrs haben seit Ende der 80er Jahre signifikant zugenommen (vgl. Anhang Tabelle 3). Der massive Zuwachs (1990 bis 2001: +76%) hängt mit der Einführung des Katalysators für benzinbetriebene Kraftfahrzeuge zusammen, denn N<sub>2</sub>O entsteht beim Gebrauch von Fahrzeugen mit Katalysatoren als ein Nebenprodukt der Reduktion von NO<sub>x</sub>. Seit 1999 haben die N<sub>2</sub>O Emissionen des Verkehrssektors trotz steigendem Verkehrsaufkommens eine leicht fallende Tendenz. Dies ist auf den starken Trend zu Diesel-Kfz zurückzuführen. Die Ursache für die Abnahme der Emissionen von Lachgas im Industriesektor liegt in der Einführung von Katalysatoren zur Reduktion der Lachgasemissionen bei der Salpetersäureherstellung.

### 3.4.4 F-Gase (HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>)

Im Format der UNFCCC gibt es keine Sektoreneinteilung der F-Gase. Es werden definitionsgemäß alle F-Gase dem Sektor Industrie zugeordnet. Diese Luftschadstoffe werden werden auch Industriegase genannt.

Abbildung 15 zeigt die Zusammensetzung der F-Gase in CO<sub>2</sub> Äquivalenten. Diese Gase umfassen die Gruppen der HFCs und PFCs sowie das Gas SF<sub>6</sub>.

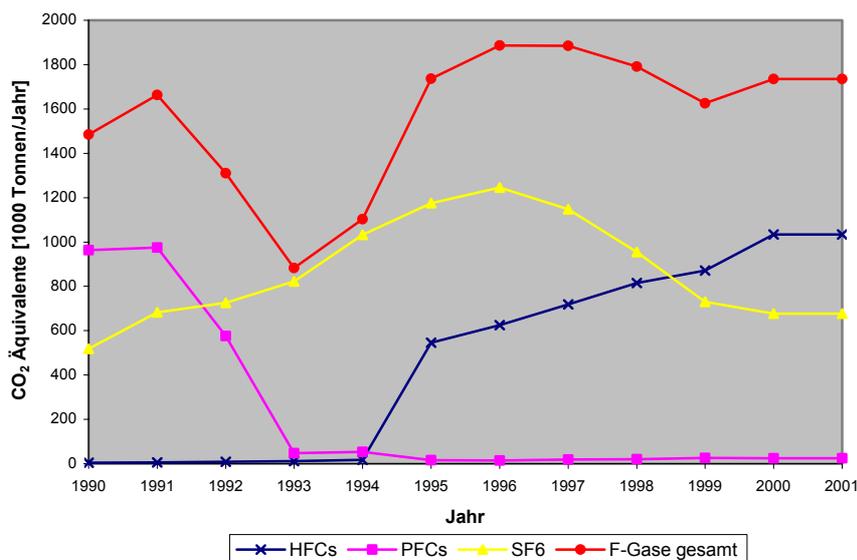


Abbildung 15: Zusammensetzung der F-Gase, Trend 1990 bis 2001

#### Trends

Die Emissionen der verschiedenen F-Gase zeigen im Zeitraum 1990 bis 2001 stark unterschiedliche Trends. Während Anfang der 1990er Jahre der Ausstoß von perfluorierten Kohlenwasserstoffen (PFCs) stark reduziert wurde, stiegen die wasserstoffhaltigen Fluorkohlenwasserstoffe (HFCs) seit 1994 massiv an (+89% seit dem Basisjahr 1995). Der Ausstoß von Schwefelhexafluorid hat nach einer Spitze 1996 wieder rückläufige Tendenz (minus 42% seit dem Basisjahr). Insgesamt stiegen die F-Gas Emissionen seit 1990 um 17% an. Seit dem Basisjahr 1995 blieben sie in etwa konstant.

Im Jahr 2001 belegten die HFCs mit 60% den größten Anteil der F-Gas Emissionen, es folgten SF<sub>6</sub> mit 39% und die PFCs mit einem nur noch geringen Anteil von 1,4% der Gesamtemissionen.

#### Ursachen

Die stark schwankende Entwicklung der F-Gase ist das Resultat gegenläufiger Entwicklungen: Zunächst gingen die PFC-Emissionen Anfang der 1990er Jahre rasch zurück, was vor allem auf die Einstellung der Primäraluminiumproduktion zurückzuführen ist. Seit 1994/1995 finden HFCs vor allem als Ersatzstoffe für FCKW und H-FCKW in Schaumstoffprodukten sowie in Kühl- und Klimageräten Verwendung und es ist daher eine stark zunehmende Tendenz zu verzeichnen. Der starke Anstieg 1999/2000 ist bedingt durch den zusätzlichen Einsatz von wasserstoffhaltigen Fluorkohlenwasserstoffen (HFCs) als Schäumungsmittel für XPS/PU-Platten ab dem Jahr 2000. Im Gegensatz dazu geht seit 1996

die Verwendung von SF<sub>6</sub> als Schutzgas in der Magnesiumproduktion schrittweise zurück, im Jahr 2000 wurde kein SF<sub>6</sub> mehr in diesem Bereich eingesetzt. Die wichtigste SF<sub>6</sub> Quelle im Jahr 2000 war die Halbleiterherstellung.

In den nächsten Jahren ist mit einer starken Reduktion der F-Gas Emissionen zu rechnen, da mit der sogenannten „HFKW-FKW-SF<sub>6</sub>-Verordnung“ (BGBl. II Nr. 447/2002) die Verwendung der F-Gase ab 2003 reguliert und schrittweise weitestgehend verboten wird. In dieser Verordnung sind Betriebe, die F-Gase verwenden, dazu verpflichtet, Art und Menge der eingesetzten Stoffe jährlich zu melden. Die ersten Meldungen über den Berichtszeitraum 2003 müssen bis Ende März 2004 eingebracht werden. Diese Daten werden in weiterer Folge in die Österreichische Luftschadstoffinventur einfließen, mit einem Update der Inventur für die F-Gase ist demnach erst 2004 zu rechnen, die Ergebnisse werden im Trendbericht 2005 präsentiert.

### **3.5 Aktuelle Entwicklungen im Bereich der Treibhausgase von 2000-2001**

#### ***Entwicklung nach Gasen***

Die Treibhausgasemissionen Österreichs betragen im Jahr 2001 85,9 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> Äquivalente und sind somit um 4,8% gegenüber dem Vorjahr gestiegen. Hauptverantwortlich für diese Entwicklung sind die CO<sub>2</sub> Emissionen, welche sich um 6,5% erhöht haben.

Im Vergleich zum Jahr 2000 gingen die Methanemissionen um 0,7% und die Lachgasemissionen sogar um 3,3% zurück.

Da es im Bereich der F-Gase keine neueren Erhebungen gibt, wurden die Emissionen von F-Gasen "fortgeschrieben", d.h. die Zahlen für 2000 auch für das Inventurjahr 2001 verwendet. Mit Hilfe der im Rahmen der „HFKW-FKW-SF<sub>6</sub>-Verordnung“ enthaltenen Meldepflicht für Betriebe, welche F-Gase einsetzen (siehe auch Kapitel 3.4.4), ist eine Aktualisierung der Zahlen für die Inventur 2004 geplant. Die Ergebnisse werden im Luftschadstoff-Trendbericht 2005 präsentiert.

#### ***Entwicklung nach Sektoren***

Im Bereich der Industrie kam es von 2000 bis 2001 zu einer Reduktion von 3,5%, die Landwirtschaft konnte ihre Treibhausgasemissionen um 1,0% verringern. Die Treibhausgasemissionen der Gruppe der Sonstigen (bei den Treibhausgasen zu etwa 88% verursacht durch Abfallbehandlung/Mülldeponien, vgl. Kapitel 3.3) verringerten sich um 0,8%.

Im Bereich der Energieversorgung kam es von 2000 bis 2001 zu einer massiven Steigerung der Treibhausgase um 17,3%, bei den Kleinverbrauchern sind diese ebenfalls beachtlich, nämlich um 9,5% gestiegen. Im Verkehrssektor sind für diesen Zeitraum um 7,6% höhere Emissionen zu verzeichnen.

## 4 OZONVORLÄUFERSUBSTANZEN

Ozon (O<sub>3</sub>) wird in bodennahen Luftschichten durch die Einwirkung von Sonnenlicht aus den Ozonvorläufersubstanzen gebildet. Zu diesen Substanzen zählen vor allem flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>). Darüber hinaus tragen großräumig auch die Schadstoffe Kohlenmonoxid (CO) und Methan (CH<sub>4</sub>) zur Ozonbildung bei. Emissionsreduktionen dieser Luftschadstoffe führen somit zu einer Verminderung der Ozonbelastung.

### Das Protokoll zur Verminderung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon der UNECE (Göteborg 1999)

Im Jahr 1979 unterzeichneten 33 Staaten sowie die Europäische Gemeinschaft im Rahmen der United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) in dem Bestreben negative Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit durch Emissionen von Luftschadstoffen zu minimieren bzw. zu verhindern, das *Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (UNECE/Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, UNECE/CLRTAP)*<sup>15</sup>. Von den 55 UNECE-Staaten sind derzeit 49 Vertragsparteien der CLRTAP (Stand: 3. Jänner 2003), darunter neben allen EU Mitgliedstaaten auch Kanada, die USA und Russland. Weiters ist neben den EU-Mitgliedstaaten auch die Europäische Gemeinschaft Vertragspartei der UNECE/CLRTAP.

Um die Ziele des Übereinkommens zu erreichen, haben die Vertragsparteien ergänzende Protokolle abgeschlossen. Am 1. Dezember 1999 wurde das *Protokoll zur Verminderung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon* (Göteborg, 1999) von Österreich unterzeichnet. Das Protokoll legt erstmals absolute Emissionsgrenzen für die jährlichen anthropogenen Emissionen der Vertragsstaaten fest, diese sind bis zum Jahr 2010 zu erreichen. Für Österreich wurden folgende Obergrenzen vereinbart:

- SO<sub>2</sub>: 39.000 Tonnen/a (entspricht einer 50%igen Reduktion gegenüber 1990)
- NO<sub>x</sub>: 107.000 Tonnen/a (entspricht einer 48%igen Reduktion gegenüber 1990)
- NH<sub>3</sub>: 66.000 Tonnen/a (mit einem Ausstoß von 53.700 Tonnen 2001 Ziel bereits erfüllt)
- NMVOC: 159.000 Tonnen/a (entspricht einer 54%igen Reduktion gegenüber 1990)

Das Protokoll wird 90 Tage nach der Ratifikation von 16 Ländern in Kraft treten. Von 31 unterzeichnenden Parteien wurde es bisher (Stand: 3. Jänner 2003) nur von 4 Staaten ratifiziert (Dänemark, Luxemburg, Norwegen, Schweden).

### EG-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe<sup>16</sup>

Für die Schadstoffe SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, und NH<sub>3</sub>, die für die Versauerung, die Entstehung von bodennahem Ozon und die Eutrophierung verantwortlich sind, wurden ebenfalls Grenzwerte festgelegt, die spätestens bis zum Jahr 2010 erreicht werden müssen. Gemäß dieser Richtlinie sind für Österreich folgende Höchstwerte einzuhalten:

NO <sub>x</sub> : 103.000 Tonnen/a	NH <sub>3</sub> : 66.000 Tonnen/a
VOC: 159.000 Tonnen/a	SO <sub>2</sub> : 39.000 Tonnen/a

<sup>15</sup> BGBl. Nr. 158/1983

<sup>16</sup> Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L309/22 vom 27.11.2001

## Das Ozongesetz<sup>17</sup>

Das Ozongesetz regelt die Information der Bevölkerung über das Auftreten kurzzeitig erhöhter Ozonbelastungen, die akute gesundheitliche Auswirkungen haben können.

In diesem Gesetz sind für die für bodennahes Ozon verantwortlichen Luftschadstoffe  $\text{NO}_x$  und NMVOC Reduktionsziele angegeben. Für  $\text{NO}_x$ -Emissionen ist eine etappenweise Reduktion der gesamtösterreichischen Emissionen um 40% bis 1996, um 60% bis 2001 und um 70% bis 2006 vorgesehen, jeweils bezogen auf die Emissionen des Jahres 1985 (vgl. Abbildung 16).

Für die NMVOC Emissionen ist ebenfalls eine Reduktion um 40% bis 1996, um 60% bis 2001 und um 70% bis 2006 vorgesehen, allerdings jeweils bezogen auf die Emissionen des Jahres 1988 (vgl. Abbildung 18).

### 4.1 Stickoxide ( $\text{NO}_x$ )

$\text{NO}_x$  entsteht überwiegend als unerwünschtes Nebenprodukt durch die Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen bei hoher Temperatur. Der mit Abstand größte Verursacher ist der Verkehr.

In folgender Abbildung sind der  $\text{NO}_x$  Trend Österreichs vom Basisjahr 1985 (gemäß Ozongesetz) bis 2001 sowie die Reduktionsziele dargestellt:

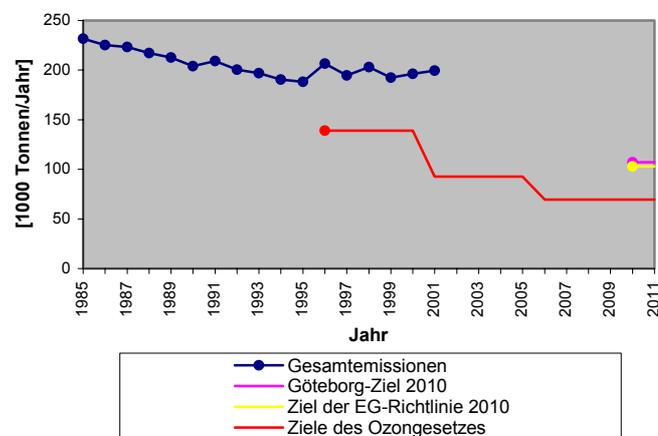


Abbildung 16:  $\text{NO}_x$  Trend 1985 bis 2001 und Ziele

### Trend

Seit dem Basisjahr 1985 ist eine Reduktion der  $\text{NO}_x$ -Emissionen Österreichs um 14% zu verzeichnen. Seit 1990 konnten jedoch nurmehr geringe Reduktionen (-2%) erreicht werden. Seit 1999 sind die Stickoxide wieder im Steigen begriffen. Im Jahr 2001 wurden in Österreich etwa 199.000 Tonnen  $\text{NO}_x$  emittiert.

<sup>17</sup> Bundesgesetz über Maßnahmen zur Abwehr der Ozonbelastung und die Information der Bevölkerung über hohe Ozonbelastungen, mit dem das Smogalarmgesetz, BGBl. Nr. 38/1989, geändert wird, BGBl. Nr. 210/1992 i. d. F.: BGBl. I Nr. 115/1997.

## Ziele

Das Göteborg-Ziel von 107.000 Tonnen/a (bis 2010) wird zur Zeit noch bei weitem überschritten, das gleiche gilt für das in der EG-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe angegebene Ziel von 103.000 Tonnen NO<sub>x</sub> für das Jahr 2010.

Das Ozongesetz (BGBl. 210/92) sieht eine Reduktion der NO<sub>x</sub> Emissionen um 40% bis 1996, um 60% bis 2001 und um 70% bis 2006 vor, jeweils bezogen auf die Emissionen des Jahres 1985. Das für 1996 vorgesehene Ziel von 139.000 Tonnen wurde mit Emissionen in der Höhe von 207.000 Tonnen deutlich verfehlt. Das Ziel für 2001 mit einem NO<sub>x</sub> Ausstoß von höchstens 93.000 Tonnen wurde mit tatsächlichen Emissionen von 199.000 Tonnen ebenfalls nicht erreicht (vgl. Abbildung 16).

In folgender Abbildung sind die NO<sub>x</sub> Trends der Hauptverursacher vom Basisjahr 1985 (gemäß Ozongesetz) bis 2001 dargestellt:

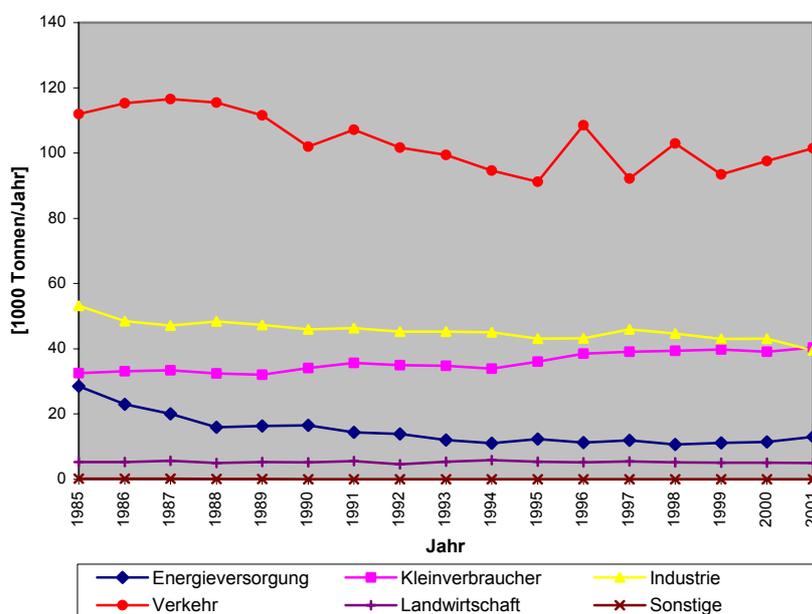


Abbildung 17: NO<sub>x</sub> Trend nach Sektoren 1985 bis 2001

## Hauptverursacher und Trends

Der Verkehr ist mit einem Anteil von 51% (2001) an den gesamten NO<sub>x</sub> Emissionen der mit Abstand größte Emittent. Es folgen Kleinverbraucher und Industrie mit je 20%, die Energieversorgung mit 6,5% und die Landwirtschaft mit 2,5%.

Energieversorgung (-54%) und Industrie (-26%) trugen am stärksten zum sinkenden Trend von 1985 bis 2001 bei. Die Emissionen des Verkehrssektors konnten seit 1985 um 9% reduziert werden, die NO<sub>x</sub>-Emissionen der Landwirtschaft nahmen mit -5% nur verhältnismäßig leicht ab. Die NO<sub>x</sub> Emissionen der Gruppe der Sonstigen sind von untergeordneter Bedeutung.

### Ursachen

Die Einführung des Katalysators für benzinbetriebene PKW bewirkte Ende der 80er Jahre beachtliche Reduktionen der  $\text{NO}_x$  Emissionen des Verkehrssektors. Betrachtet man den Zeitraum 1990 bis 2001, so ist nurmehr eine Reduktion von lediglich  $-0,5\%$  zu verzeichnen. Seit 1995 besitzen die  $\text{NO}_x$  Emissionen des Verkehrssektors wieder steigende Tendenz.

Der Grund für diese Entwicklung liegt einerseits im stetigen Zunehmen der Verkehrsaktivität (gemessen in Personen- und Tonnenkilometern) sowie im Trend zu schwereren Nutzfahrzeugen, der die Einsparung gemessen an den Emissionen pro verbrauchtem Treibstoff (= Emissionsfaktor) durch höhere Verbräuche wieder aufwiegt, andererseits generell im verstärkten Einsatz von Dieselkraftstoff, da dieselbetriebene Fahrzeuge nicht über ähnlich effiziente Katalysatoren wie Benzinfahrzeuge verfügen.

Bei Industrie und Kraftwerken sind neben Effizienzsteigerungen der Einbau von Entstickungsanlagen und stickstoffarmen ( $\text{Low-NO}_x$ ) Brennern als Gründe für eine Reduktion der Emissionen zu nennen.

## 4.2 Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC)

NMVOCs entstehen größtenteils beim Verdunsten von Lösemitteln und Treibstoffen sowie durch unvollständige Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen. Hauptverursacher ist die Gruppe der Sonstigen.

Da die, in diesem Bericht ebenfalls der Verursacherguppe der Sonstigen zugeordneten, Emissionen aus Abfallbehandlung keine nennenswerten NMVOC Emissionen besitzen, wird der Klarheit wegen bei den NMVOC-Emissionen die Gruppe der Sonstigen direkt als „Lösemittelgruppe“ bezeichnet.

In folgender Abbildung sind der NMVOC Trend Österreichs vom Basisjahr 1988 (gemäß Ozongesetz) bis 2001 sowie die Reduktionsziele dargestellt:

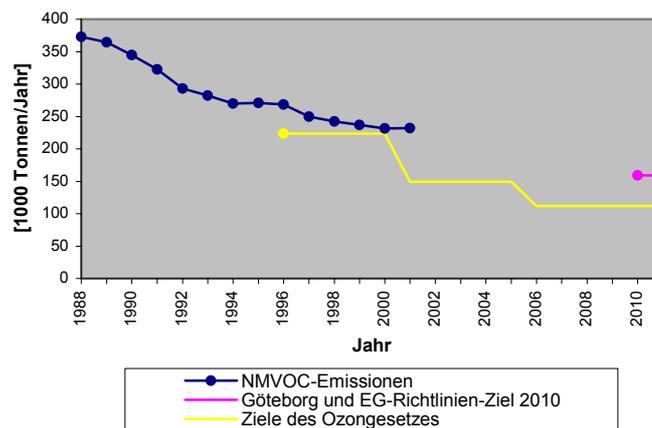


Abbildung 18: NMVOC Trend 1988 bis 2001 und Ziele

### Trend

Eine deutliche Abnahme der NMVOC Emissionen gab es in der ersten Hälfte der 90er Jahre. Zwischen 1988 und 2001 verringerten sie sich von 373.000 Tonnen auf 232.000 Tonnen, was einem Rückgang von 38% entspricht.

### Ziele

Um das Minderungsziel gemäß Göteborg-Protokoll und gemäß der EG-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen von 159.000 Tonnen für das Jahr 2010 erreichen zu können, werden noch verstärkte Anstrengungen erforderlich sein, denn seit Mitte der 1990er Jahre wurden vergleichsweise geringe Reduktionen erreicht.

Das Ozongesetz (BGBl. 210/92) sieht eine Reduktion der NMVOC Emissionen um 40% bis 1996, um 60% bis 2001 und um 70% bis 2006 vor, jeweils bezogen auf die Emissionen des Jahres 1988. Das für 1996 vorgesehene Ziel von 224.000 Tonnen wurde mit tatsächlichen Emissionen in der Höhe von 269.000 Tonnen verfehlt. Das Reduktionsziel 2001 (maximal 149.000 Tonnen NMVOC) wurde um 83.000 Tonnen überschritten.

In folgender Abbildung sind die NMVOC-Trends der einzelnen Sektoren vom Basisjahr 1988 (gemäß Ozongesetz) bis 2001 dargestellt:

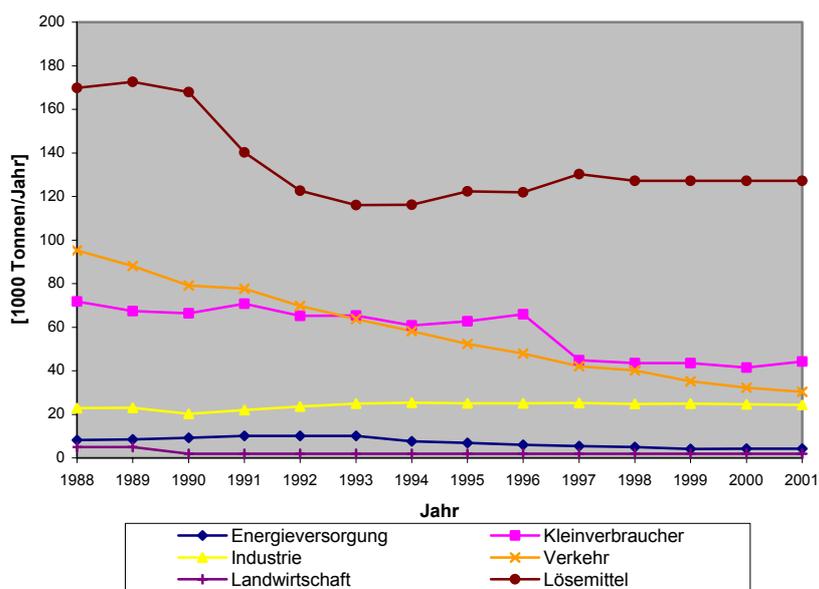


Abbildung 19: NMVOC Trend nach Sektoren 1988 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

Mit einem Anteil von 55% stammte im Jahre 2001 der überwiegende Teil der NMVOC Emissionen aus dem Lösemittelleinsatz. Der Kleinverbrauch trug 19%, der Verkehr 13%, die Industrie 10%, die Energieversorgung 2% und Landwirtschaft 1% bei.

Am stärksten verringerten sich die NMVOC Emissionen des Verkehrssektors mit -68%. Beachtliche Reduktionen sind auch beim Lösemittelgebrauch (-25%) und den Kleinverbrauchern (-38%) zu verzeichnen. Die markante Abnahme von 1996 auf 1997 ist mit der Anwendung verbesserter Emissionsfaktoren bei den Kleinverbrauchern ab 1997 zu erklären. Die NMVOC Emissionen der Industrie stiegen von 1988 bis 2001 um 7%.

### Ursachen

Die Reduktion der NMVOC-Emissionen ist hauptsächlich auf die Einführung strengerer Abgasgrenzwerte für PKW gemäß dem Stand der Technik (geregelter Katalysator), sowie auf den verstärkten Einsatz von Diesel-Kfz im PKW-Sektor zurückzuführen. Außerdem hat vor allem in den letzten Jahren auch die Einführung von Aktivkohlekanistern und Gaspenseleinrichtungen bei Tankstellen zur Verringerung der Treibstoff-Verdunstungsverluste im Bereich des Verkehrs geführt (Kraftstoffbehälter-Verordnung, BGBl. 558/91).

Im Lösungsmittelbereich, dem Hauptverursacher der NMVOC Emissionen, kam es zur Verringerung des Einsatzes von Lösungsmitteln durch die Verwendung von lösungsmittelarmen Produkten (Lösungsmittel- und Lackieranlagenverordnung, BGBl. 872/95). Der konstante Verlauf ab 1996 erklärt sich aus der Fortschreibung der Emissionszahlen von 1996. Die Ergebnisse einer neuen Studie werden voraussichtlich in die nächste Inventur eingearbeitet.

Im Bereich der Haushalte tragen veraltete Holzfeuerungsanlagen zu den noch immer relativ hohen NMVOC-Emissionen bei. Die im Landwirtschaftsbereich erzielten Reduktionen Ende der 1980er Jahre sind auf das Verbot des Abbrennens von Stoppelfeldern zurückzuführen.

### 4.3 Kohlenmonoxid (CO)

CO entsteht hauptsächlich bei der unvollständigen Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen. Hauptquellen sind die Kleinverbraucher, der Verkehr und die Industrie.

In folgender Abbildung ist der CO Trend Österreichs 1990 bis 2001 dargestellt:

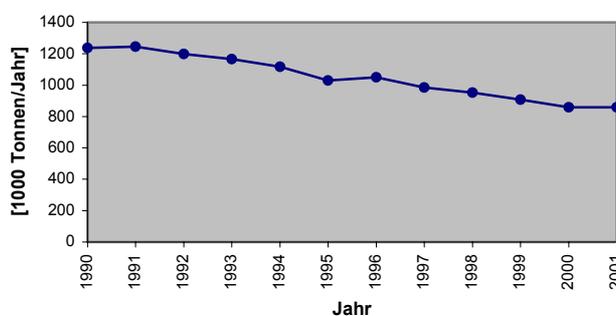


Abbildung 20: CO Trend 1990 bis 2001

#### Trend

Der Gesamttrend zeigt eine stetige Verringerung der österreichischen CO Emissionen. Mit einem Ausstoß von 860.000 Tonnen im Jahr 2001 wurden um 378.000 Tonnen weniger als 1990 emittiert, was einer Reduktion um 31% entspricht.

Folgende Abbildung zeigt die Einzeltrends der sechs Hauptverursacher:

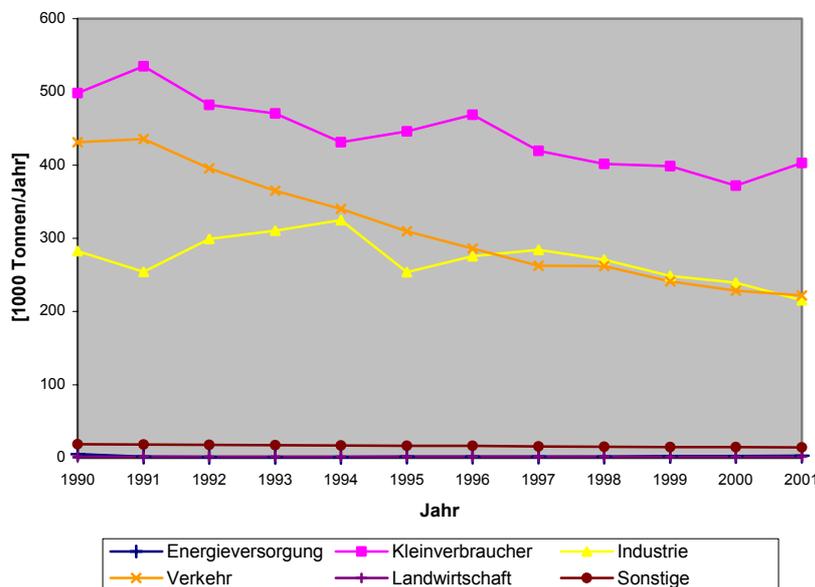


Abbildung 21: CO Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

Im Jahr 2001 verursachten die Kleinverbraucher 47%, der Verkehr 26% und die Industrie 25% der gesamten CO Emissionen. Einen Anteil von 2% verursachte die Gruppe der Sonstigen (hier überwiegend Emissionen aus Abfallbehandlung in Deponien). Die CO Emissionen des Energieversorgungssektors und der Landwirtschaft sind von untergeordneter Bedeutung.

Besonders stark ist der Rückgang im Verkehrsbereich (-49%), im Sektor Industrie (-24%) und bei den Kleinverbrauchern (-19%). Die CO Emissionen der übrigen Sektoren weisen ebenfalls abnehmende Tendenzen auf, sind jedoch von vergleichsweise geringer Bedeutung.

### Ursachen

Optimierte Verbrennung und die Einführung des Katalysators haben zur Reduktion der CO Emissionen des Sektors Verkehr beigetragen. Die CO Emissionen des Industriebereichs werden durch die Emissionen der Eisen- und Stahlindustrie dominiert, welche in den letzten Jahren beträchtlich gesunken sind. Im Bereich der Haushalte (Kleinverbraucher) sind die schlechten Verbrennungsvorgänge in veralteten Heizungsanlagen, insbesondere Holzöfen, für die relativ hohen CO Emissionen verantwortlich.

## 4.4 Methan (CH<sub>4</sub>)

Der Luftschadstoff Methan ist auch ein Treibhausgas und wurde daher bereits in Kapitel 3.4.2 diskutiert.

## 5 VERSAUERUNG UND EUTROPHIERUNG

Bei der Versauerung durch säurebildende Luftschadstoffe kommt es zu einer Herabsetzung des pH-Wertes von Böden und Gewässern. Die Versauerung wird somit maßgeblich durch Niederschlag sowie trockene Deposition der Luftschadstoffe SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> bewirkt. In diesem Bericht werden diese Luftschadstoffe entsprechend ihrer Versauerungsäquivalente (Aeq)<sup>18</sup> berücksichtigt.

Eutrophierung nennt man die Anreicherung eines Lebensraumes durch Stickstoffeintrag, wodurch ein Düngeneffekt entsteht. Eutrophierung kann durch die Luftschadstoffe NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> verursacht werden. Diese Stickstoffverbindungen sind normalerweise als Nährstoffe für Pflanzen unerlässlich. Bei stark erhöhtem (anthropogenem) Eintrag kann es jedoch zu schädigenden Wirkungen auf die Vegetation kommen. Der Luftschadstoff SO<sub>2</sub> spielt bei der Eutrophierung keine Rolle.

Zu beachten ist, dass die nachfolgenden Darstellungen nur die in Österreich entstehenden Emissionen berücksichtigen. Diese werden zu einem wesentlichen Teil ins Ausland transportiert, andererseits stammt ein großer Anteil der in Österreich deponierten Stickstoff- und Schwefelverbindungen aus dem Ausland.

### 5.1 Entwicklung nach Sektoren

In diesem Kapitel werden die Anteile der einzelnen Emittentengruppen an der Versauerung aufgezeigt. Dabei wurden die Emissionen von SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> entsprechend ihrer Versauerungsäquivalente (Aeq) berücksichtigt.

In folgender Abbildung ist der Trend der versauernden Emissionen Österreichs dargestellt:

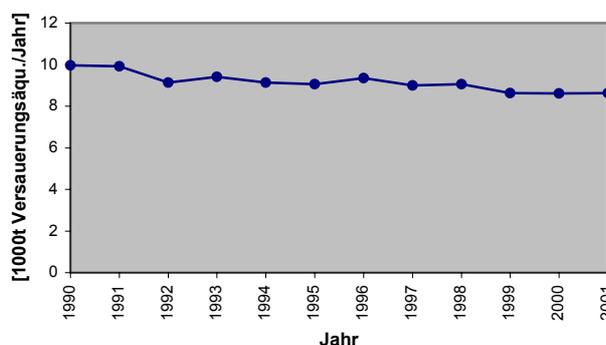


Abbildung 22: Trend versauernder Luftschadstoffe 1990 bis 2001

#### Trend

In den 1980er Jahren wurden die größten Reduktionen dieser Luftschadstoffgruppe vorgenommen. Zwischen 1990 und 2001 konnte eine Verminderung um weitere 13% erreicht werden (vgl. Anhang, Tabelle 21).

<sup>18</sup> Aeq: Acid equivalents: proportional den Gewichtsprozent H<sup>+</sup>-Ionen [SO<sub>2</sub>: 0,0313, NO<sub>x</sub>: 0,0217, NH<sub>3</sub>: 0,0588]

Die Landwirtschaft hält im Jahr 2001 mit 37% den größten Anteil an den gesamten versauerungsrelevanten Emissionen. Dies ist durch die hohen  $\text{NH}_3$  Emissionen bedingt, welche fast ausschließlich aus diesem Sektor resultieren. Den zweitgrößten Anteil verursacht mit 27% der Sektor Verkehr, wobei hier die Stickoxide von größter Bedeutung sind. Die Industrie ist 2001 für 16% der Emissionen verantwortlich, die Kleinverbraucher für 14% und die Energieversorgung für 6%.

In folgender Abbildung sind die Emissionstrends der einzelnen Hauptverursacher in Versauerungsäquivalenten dargestellt:

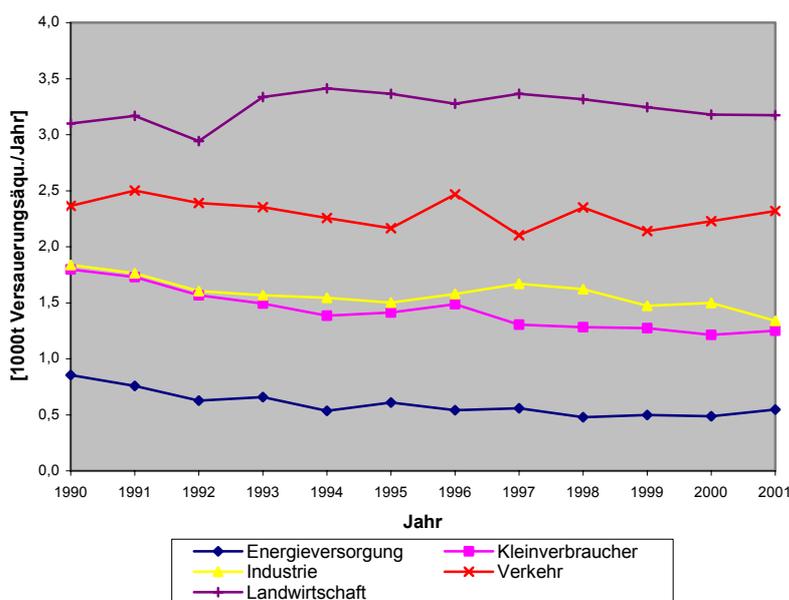


Abbildung 23: Versauerung nach Sektoren 1990 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

Kleinverbraucher (-30%), Industrie (-27%) und Energieversorgung (-36%) erzielten im Zeitraum 1990 bis 2001 die weitaus größten Reduktionen. Demgegenüber verringerten sich die versauerungsrelevanten Emissionen aus dem Sektor Verkehr nur geringfügig um zwei Prozentpunkte. Seit 1999 weisen sie sogar wieder steigende Tendenz auf. Die Emissionen der Landwirtschaft stiegen von 1990 bis 2001 um zwei Prozentpunkte leicht an.

## 5.2 Entwicklung nach Gasen

Im Jahr 2001 setzte sich die Summe der versauernd wirkenden Luftschadstoffe aus 50%  $\text{NO}_x$ , 37%  $\text{NH}_3$ , und 13%  $\text{SO}_2$  zusammen (in Versauerungsäquivalenten gerechnet).

In folgender Abbildung sind die Emissions-Trends der Gase  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$  und  $\text{SO}_2$  von 1990 bis 2001 in Versauerungsäquivalenten dargestellt:

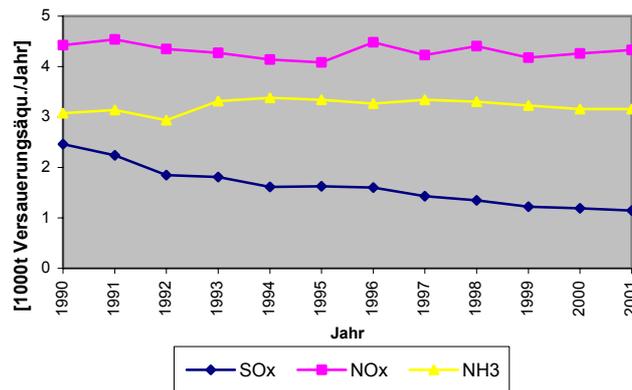


Abbildung 24: Versauerung nach Gasen 1990 bis 2001

**$\text{SO}_2$  Emissionen:** Im Jahr 2001 lag der gesamte  $\text{SO}_2$  Ausstoß um 53% unter dem Wert von 1990. In diesem Zeitraum verringerte sich ihr Anteil an der Gesamtmenge der versauernden Luftschadstoffe von 25% auf 13%.

**$\text{NO}_x$  Emissionen:** Die  $\text{NO}_x$  Emissionen haben sich in den letzten 11 Jahren mit -2% nur langsam verringert. Ihr Anteil stieg von 44% im Jahr 1990 auf 50% 2001. Hauptverantwortlich für diese Emissionen ist der Sektor Verkehr.

**$\text{NH}_3$  Emissionen:** Die  $\text{NH}_3$  Emissionen sind von 1990 bis 2001 um 3% angestiegen. Ihr Anteil an den versauernden Emissionen stieg ebenfalls, nämlich von 31% (1990) auf 37% (2001). Die Landwirtschaft ist Hauptverursacher der  $\text{NH}_3$  Emissionen.

### 5.2.1 Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ )

$\text{SO}_2$  entsteht hauptsächlich beim Verbrennen von schwefelhaltigem Brenn- und Treibstoffen. Hauptquellen sind somit Feuerungsanlagen im Bereich der Energiewirtschaft, der Industrie und der Kleinverbraucher.

In folgender Abbildung sind der SO<sub>2</sub> Trend sowie die Reduktionsziele für 2000 und 2010 dargestellt:

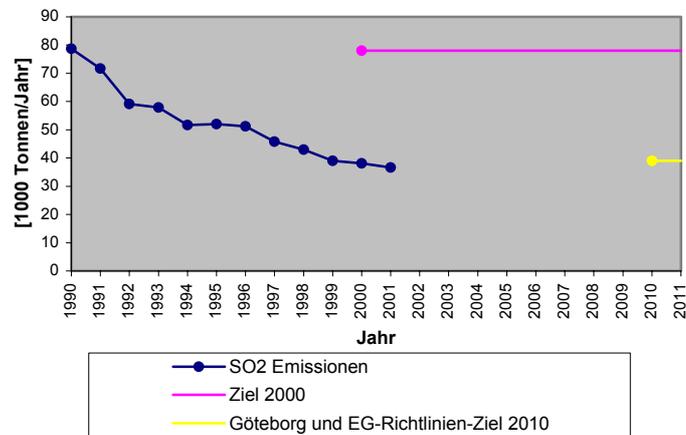


Abbildung 25: SO<sub>2</sub> Trend 1990 bis 2001 und Ziele

### Trend

In den letzten zwei Jahrzehnten ist bei den SO<sub>2</sub> Emissionen ein sehr starker Rückgang zu verzeichnen. Dies liegt vor allem an der Verringerung des Ausstoßes bei kalorischen Kraftwerken, der Industrie und den Kleinverbrauchern (vgl. Anhang Tabelle 7). 2001 lag der gesamte SO<sub>2</sub> Ausstoß bei rund 37.000 Tonnen und ist somit um 53% unter dem Wert von 1990.

### Ziele

Die im Göteborg-Protokoll für das Jahr 2010 festgelegte Emissionsgrenze von 39.000 Tonnen für SO<sub>2</sub> konnte bereits im Jahr 2001 mit 37.000 Tonnen übertroffen werden.

In der EG-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe ist für SO<sub>2</sub> ebenfalls der Zielwert von 39.000 Tonnen für das Jahr 2010 angeführt.

Das im 2. Schwefelprotokoll (Protokoll zur Konvention von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend die weitere Verringerung von Schwefelemissionen, BGBl. III Nr. 60/99) für Österreich vorgesehene Ziel von 78.000 Tonnen im Jahr 2000 ist schon seit 1991 erfüllt (siehe Abbildung 25).

In folgender Abbildung sind die SO<sub>2</sub> Trends der einzelnen Verursacherguppen dargestellt:

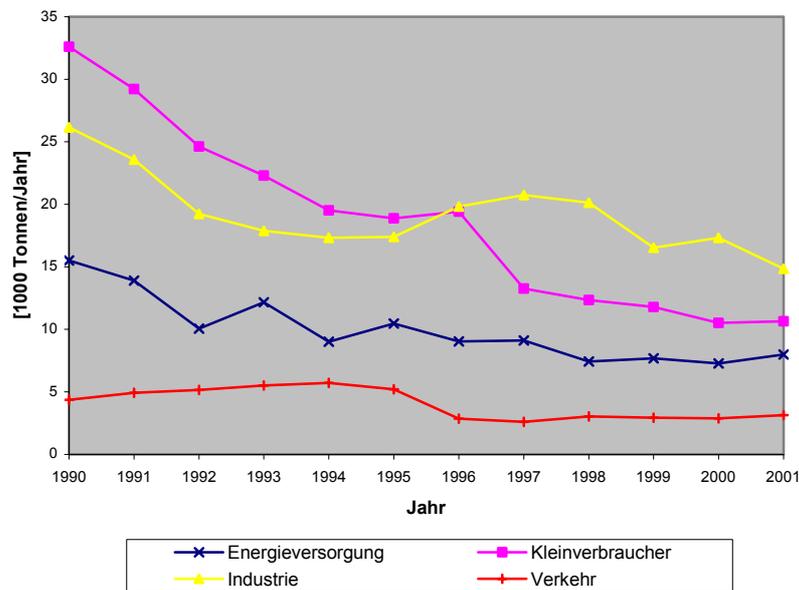


Abbildung 26: SO<sub>2</sub> Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

Die Industrie ist jener Sektor, der 2001 mit einem Anteil von 41% am meisten Schwefeldioxid emittiert hat. Der Kleinverbrauch war für 29% aller SO<sub>2</sub> Emissionen verantwortlich, wobei der Großteil auf die privaten Haushalte entfiel. Die Energieversorgung emittierte 2001 22% und der Verkehr 9% aller SO<sub>2</sub> Emissionen. Es gab im Jahr 2001 keine SO<sub>2</sub> Emissionen aus der Landwirtschaft, die SO<sub>2</sub> Emissionen des Sektors „Sonstige“ sind vernachlässigbar gering und daher hier nicht angeführt.

Der größte Rückgang wurde bei den Kleinverbrauchern (-67%), der Energieversorgung (-49%) und der Industrie (-43%) erreicht. Im Bereich des Verkehrs sanken die Emissionen im gleichen Zeitraum um 28%.

### Ursachen

Grund für die starke Senkung der Emissionen seit 1980 (vgl. Anhang, Tabelle 7) ist die Absenkung des Schwefelanteils in Mineralölprodukten, der Einbau von Entschwefelungsanlagen in Kraftwerken sowie der verstärkte Einsatz von schwefelarmen Energieträgern (z.B. Erdgas). Ersteres wirkt sich in allen Bereichen aus, wo kalorische Brennstoffe zum Heizen und zur Energieumwandlung (Kleinverbraucher, Industrie, Kraftwerke) eingesetzt werden. Die Verminderung des Schwefelgehalts in Treibstoffen äußert sich in den stufenweise zurückgehenden SO<sub>2</sub> Emissionen des Verkehrs. Die Kraftstoffverordnung 1999 (BGBl. 418/99) sieht in ihrer aktuellen Fassung folgende Reduktionen des Schwefelgehalts von Treibstoffen vor:

Diesel: seit 1.1.2000 maximal 350mg Schwefel/kg Diesel

Benzin: seit 1.1.2000 maximal 150mg Schwefel/kg Benzin

Ab 1.1.2005 gilt für Benzin und Diesel eine Beschränkung auf maximal 50mg Schwefel/kg Treibstoff. Weitere Absenkungen des Schwefelgehalts von Treibstoffen sind geplant.

Der starke Rückgang der SO<sub>2</sub> Emissionen bis zum Jahr 2000 bei der Energieversorgung, insbesondere den Heiz- und Wärmekraftwerken, ist zum Großteil auf Maßnahmen aufgrund

des *Luftreinhaltegesetzes für Kesselanlagen*<sup>19</sup> und seines Vorläufers (dem *Dampfkesselmissionsgesetz*) zurückzuführen. Dieses Gesetz führte im Bereich der Dampfkesselanlagen zum vermehrten Einsatz von Entschwefelungsanlagen sowie zu Umstellungen auf schwefelärmere bzw. schwefelfreie Brennstoffe (z. B. Erdgas). Im Jahr 2001 wurde in den kalorischen Kraftwerken aufgrund des günstigeren Marktpreises wieder verstärkt Stein- und Braunkohle verheizt, was im Zeitraum 2000 auf 2001 mit +10% zu deutlichen Anstiegen der SO<sub>2</sub> Emissionen des Sektors Energieversorgung führte (vgl. Kapitel 9.1 Energieversorgung – Schwerpunktsthema Wärme- und Heizkraftwerke).

In der Industrie wurden mit Beginn der 80er Jahre die SO<sub>2</sub> Emissionen u.a. durch strenge Umweltauflagen stark gesenkt. In den letzten Jahren wurden die Reduktionen vermehrt durch Änderungen des Brennstoffmixes erzielt (Umstellung auf Erdgas), sowie durch einen Rückgang stark energieintensiver Produktionen (Grundstoffindustrie).

Charakteristisch für die Entwicklung des Energieverbrauches in den letzten beiden Jahrzehnten ist die Veränderung des Brennstoff-Mix von Kohle zu Gas.

Während sich seit 1990 der Anteil der fossilen Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch um 2% auf 77% im Jahr 2001 geringfügig zugunsten der Erneuerbaren Energieträger entwickelte, verringerte sich der Anteil der Kohle von 21% (1990) auf 16% (2001). Der Anteil von Öl am Bruttoinlandsverbrauch stieg mit +2% (von 53% auf 55%) geringfügig an, Erdgas konnte seinen Anteil am meisten, nämlich um gut 3% (von 26% auf 29%) ausbauen.

Seit 1999 wurde wieder deutlich mehr Kohle eingesetzt, wodurch dieser positive Trend zuletzt etwas abgeschwächt wurde.

### 5.2.2 Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

NH<sub>3</sub> entsteht hauptsächlich durch den Abbau von Gülle. Die Landwirtschaft ist somit Hauptquelle der Ammoniak Emissionen.

In folgender Abbildung ist der NH<sub>3</sub> Trend Österreichs dargestellt:

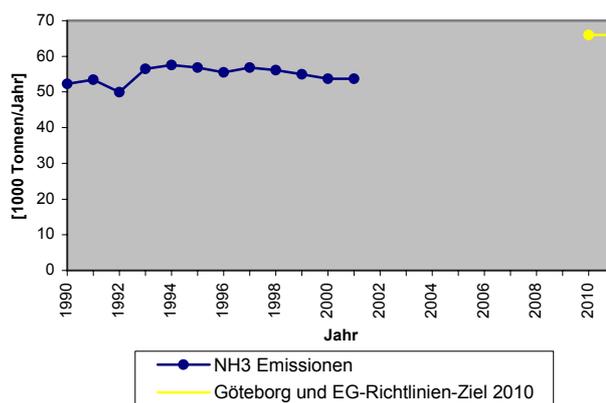


Abbildung 27: NH<sub>3</sub> Trend 1990 bis 2001 und Ziele

<sup>19</sup> Bundesgesetz vom 23. Juni 1988 zur Begrenzung der von Dampfkesselanlagen ausgehenden Luftverunreinigungen, BGBl. Nr. 380/1988.

### Trend

Nach einem Anstieg Mitte der 1990er Jahre haben die  $\text{NH}_3$  Emissionen wieder leicht fallende Tendenz. Im gesamten Zeitverlauf 1990 bis 2001 stiegen sie jedoch um insgesamt 3% an und befinden sich derzeit bei etwa 54.000 Tonnen.

### Ziele

Die  $\text{NH}_3$  Emissionen Österreichs liegen im gesamten Verlauf deutlich unter dem Göteborg Ziel 2010 und der EG-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (selber Grenzwert für beide: maximal 66.000 Tonnen  $\text{NH}_3$ /Jahr ab 2010).

In folgender Abbildung sind die  $\text{NH}_3$  Trends der einzelnen Hauptverursacher dargestellt:

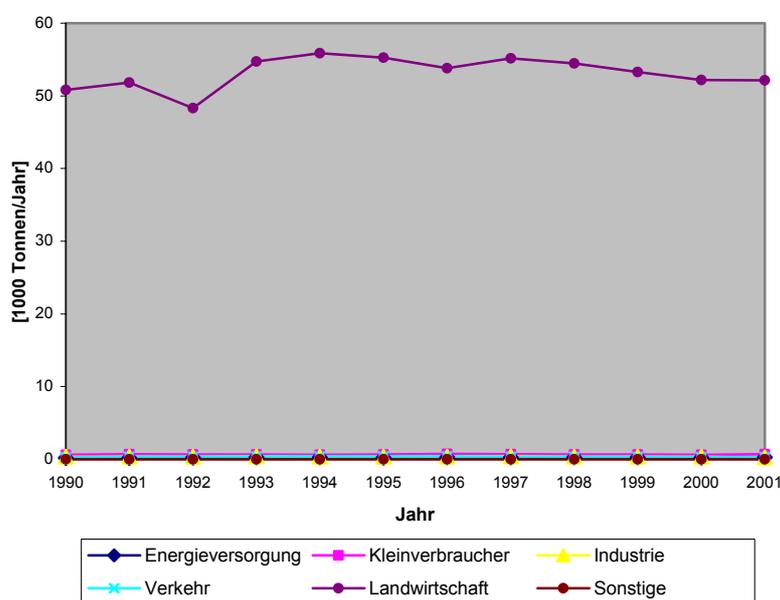


Abbildung 28:  $\text{NH}_3$  Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

Der Trendverlauf wird eindeutig von der Landwirtschaft dominiert. Die Ammoniak Emissionen aus der Landwirtschaft machten im Jahr 2001 97% der  $\text{NH}_3$  Emissionen Österreichs aus, der Großteil davon stammt aus dem Gülle-Management. Die Emissionen aus diesem Bereich sind in den letzten elf Jahren um drei Prozentpunkte gestiegen.

### Ursachen

Die Art des Gülle-Managementes in der Landwirtschaft hat einen entscheidenden Einfluss auf die entstehenden  $\text{NH}_3$ -Emissionen. Erstmals wurde in dieser Inventur neben der Menge der anfallenden Gülle auch die Art und Weise des Gülle-Managementes selbst in die Ermittlungen miteinbezogen (etwa Tierhaltungsmethoden oder ökologische Landwirtschaft).

Die wesentlichsten Ergebnisse dieser Studien werden im Kapitel Landwirtschaft auf Seite 79 noch näher behandelt.

Stark verändert haben sich die Emissionen im für die Gesamtemissionen weniger bedeutsamen Bereich Verkehr. Die Einführung des Katalysators hat bei benzinbetriebenen Fahrzeugen einen deutlichen Anstieg der  $\text{NH}_3$  Emissionen Ende der 1980er bis Anfang der 1990er Jahre bewirkt (vgl. Anhang Tabelle 11).

### **5.2.3 Stickoxide ( $\text{NO}_x$ )**

Der Luftschadstoff  $\text{NO}_x$  ist auch eine Ozonvorläufersubstanz und wurde daher bereits im Kapitel 4.1 diskutiert.

## 6 STAUB

Obwohl Staub zu den klassischen Luftschadstoffen zählt und die Immissionsbelastung routinemäßig in Luftmessstationen überwacht wird, wurde den Emissionen von Staub in den letzten Jahren wenig Beachtung geschenkt. Insbesondere im internationalen Bereich des grenzüberschreitenden Ferntransportes von Luftschadstoffen (etwa im Rahmen der UNECE Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung) spielten Staubemissionen bisher keine Rolle [ÖSTERREICHISCHE EMISSIONSINVENTUR FÜR STAUB, 2001]. Erst in den 90er Jahren setzte sich die Erkenntnis durch, dass Staub nach wie vor ein bedeutender Luftschadstoff ist. Entsprechende Hinweise erbrachten epidemiologische Studien, die vor allem in Nordamerika und vereinzelt in Europa durchgeführt wurden.

Staub ist ein komplexes, heterogenes Gemisch aus festen bzw. flüssigen Teilchen, die sich hinsichtlich ihrer Größe, Form, Farbe, chemischen Zusammensetzung, physikalischen Eigenschaften und ihrer Herkunft bzw. Entstehung unterscheiden. Üblicherweise wird Staub über die Größenverteilung der erfassten Partikel definiert. Die Größe der Partikel ist auch aus hygienischer Sicht von großer Bedeutung, da sie die Eindringtiefe in den Atemwegstrakt bestimmt. Die gängigsten Messgrößen sind:

TSP (Total Suspended Particles): Masse des Gesamtstaubes

PM<sub>10</sub>: Masse aller Partikel kleiner als 10 µm aerodynamischem Durchmesser

PM<sub>2,5</sub>: Masse aller Partikel kleiner als 2,5 µm aerodynamischem Durchmesser

Der Gesamtstaub (TSP) beinhaltet auch die Mengen an PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>. PM<sub>2,5</sub> ist eine Teilmenge von PM<sub>10</sub>.

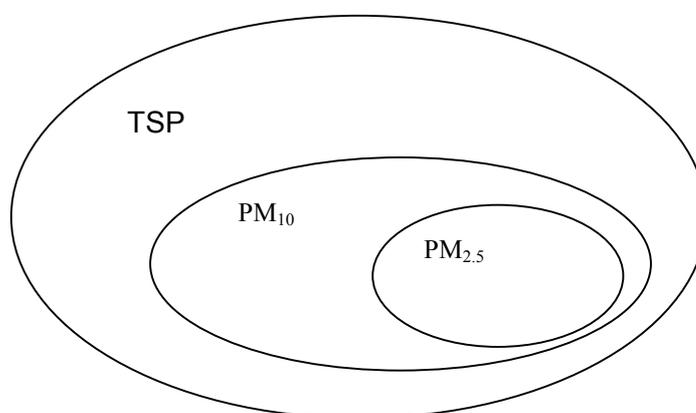


Abbildung 29: Schematische Darstellung der Mengenverteilung der Staubgrößen TSP, PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> [ÖSTERREICHISCHE EMISSIONSINVENTUR FÜR STAUB, 2001]

Die atmosphärische Staubbelastung hat verschiedene Quellen. Grundsätzlich kann zwischen primären und sekundären Partikeln unterschieden werden. Erstere werden als primäre Emissionen direkt in die Atmosphäre abgegeben, letztere entstehen durch luftchemische Prozesse aus gasförmig emittierten Vorläufersubstanzen (z.B. Ammoniak, Schwefeldioxid, Stickstoffoxide) [UMWELTBUNDESAMT, 2001b].

Im Auftrag des Umweltbundesamtes wurde für Österreich eine Emissionsinventur für Staub für die Jahre 1990, 1995 und 1999 erstellt [ÖSTERREICHISCHE EMISSIONSINVENTUR FÜR STAUB, 2001]. Die Angaben erfolgten als Gesamtstaub (TSP) sowie für Fraktionen mit

weniger als 10  $\mu\text{m}$  bzw. 2,5  $\mu\text{m}$  aerodynamischem Durchmesser ( $\text{PM}_{10}$  sowie  $\text{PM}_{2,5}$ ). Nicht berücksichtigt wurden die Emission durch Windverfrachtung, da sie als natürliche Quelle zu verstehen ist. Die Erkenntnisse dieser Studie wurden auch zur Ermittlung der Staubemissionen der Luftschadstoff-Inventur 2002 herangezogen.

Die Staubemissionen des Verkehrssektors (Ruß, Abrieb von Bremsen und Reifen; keine Wiederaufwirbelung) wurden mit Hilfe eines Computermodells berechnet [HAUSBERGER 1998].

Generell ist zu bemerken, dass bei der Staub-Inventur immer noch ein erheblicher Forschungsbedarf zur Verbesserung der Emissionsschätzungen besteht. Nachfolgend werden die aktuellen Ergebnisse vorgestellt.

## 6.1 Entwicklung von TSP, $\text{PM}_{10}$ und $\text{PM}_{2,5}$

In folgender Abbildung sind die Staubemissionen Österreichs für die Jahre 1990, 1995, 2000 und 2001 dargestellt:

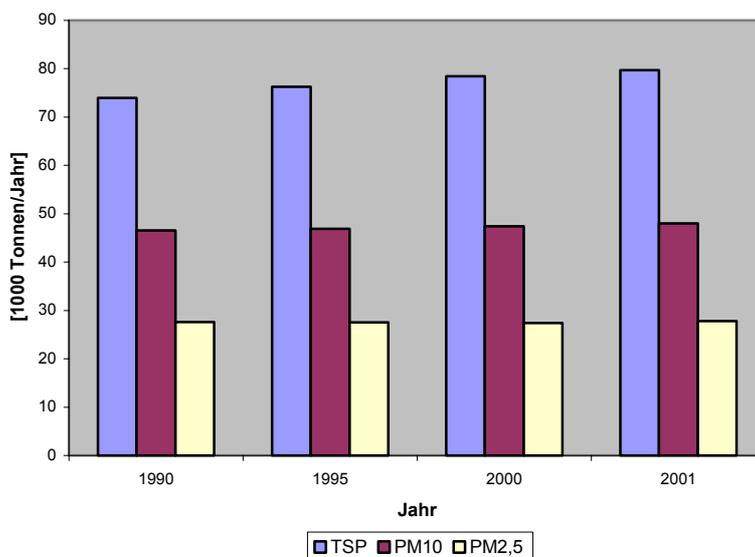


Abbildung 30: Emissionen von TSP,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$  1990, 1995, 2000 und 2001

### Hauptverursacher und Trends

Der Gesamtstaub (TSP) stieg von 74.000 Tonnen 1990 auf 79.700 Tonnen im Jahr 2001 an. Auch bei  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$  wurde eine steigende Tendenz festgestellt. 1990 wurden für  $\text{PM}_{10}$  46.500 Tonnen bzw. für  $\text{PM}_{2,5}$  27.600 Tonnen ermittelt, während für das Jahr 2001 48.000 Tonnen ( $\text{PM}_{10}$ ) und 27.800 Tonnen ( $\text{PM}_{2,5}$ ) zu verzeichnen waren.

Wesentliche Quellgruppen sind der Umschlag von Schüttgütern in der Industrie, das Bauwesen und die landwirtschaftliche Feldbearbeitung, die sich gleichzeitig durch besonders hohe Unsicherheiten auszeichnen. Die Emittentengruppe mit den größten Zuwachsraten stellt der Verkehrssektor dar. Hauptverursacher sind hier der Abrieb an Reifen und Bremsen sowie Rußpartikel aus Dieselfahrzeugen. Unter den nicht-diffusen Quellen ist die

Verbrennung von Holz jene Quelle, die die höchsten Partikelemissionen aufweist. Industrielle Punktemissionen mögen lokal hohe Bedeutung haben, für die Summe Österreichs erweisen sie sich als weniger relevant.

In der neuen, hier angewandten Verursachereinteilung (vgl. Kapitel 2.3) sind den Sektoren Kleinverbrauch und Industrie auch bestimmte Off-Road-Geräte (Traktoren, Baumaschinen, etc) zugeordnet. Mit diesen Geräten gehen z.T. erhebliche Staubemissionen einher, weshalb sich im Vergleich zum Vorjahresbericht die Anteile dieser beiden Sektoren an den gesamten Staubemissionen erhöht haben.

## 6.2 Gesamtstaub (TSP)

In folgender Abbildung sind die TSP Emissionen Österreichs der sechs Hauptverursacher für die Jahre 1990, 1995, 2000 und 2001 dargestellt:

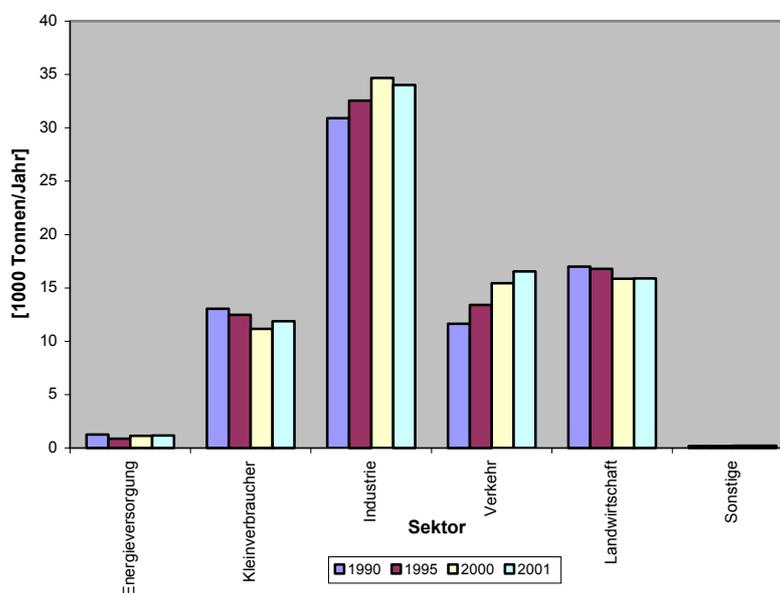


Abbildung 31: TSP Emissionen nach Sektoren 1990, 1995, 2000 und 2001

### Hauptverursacher

Im Jahr 2001 verursachte die Industrie 43% der TSP Emissionen. Hauptverantwortlich hierbei waren der Umschlag von Schüttgütern und das Bauwesen. 21% der TSP Emissionen wurden vom Verkehr erzeugt, wobei der größte Teil (etwa zwei Drittel) durch Reifen- und Bremsabrieb entstand. Etwa ein Drittel der TSP Emissionen des Verkehrssektors besteht aus Rußpartikeln.

Die Landwirtschaft verursachte 2001 durch landwirtschaftliche Feldbearbeitung 20% der Emissionen. 15% der Emissionen stammen von den Kleinverbrauchern und 1,5% von der Energieversorgung. Die TSP Emissionen der Sonstigen sind mit 0,3% von untergeordneter Bedeutung.

### Trend

Im Zeitraum 1990 bis 2001 haben die Gesamtstaubemissionen um acht Prozentpunkte auf 79.700 Tonnen zugenommen. Diese Zunahme lässt sich zum überwiegenden Teil auf

Reibungsemissionen (Bremsen, Reifenabrieb) des Verkehrs, insbesondere des stark zunehmenden Schwerverkehrs, zurückführen. Rußpartikel aus Dieselfahrzeugen stellen die zweite große, stark im Steigen begriffene, Staubfraktion dar.

### 6.3 PM<sub>10</sub>

In folgender Abbildung sind die PM<sub>10</sub> Emissionen Österreichs der sechs Hauptverursacher für die Jahre 1990, 1995, 2000 und 2001 dargestellt:

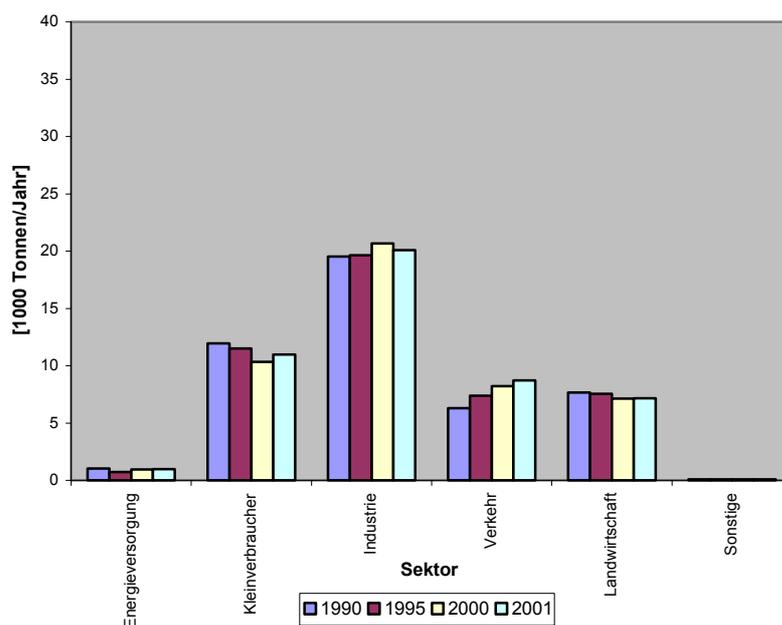


Abbildung 32: PM<sub>10</sub> Emissionen nach Sektoren 1990, 1995, 2000 und 2001

#### Hauptverursacher

Auch für die PM<sub>10</sub> Emissionen ist die Industrie mit einem Anteil von 42% im Jahr 2001 hauptverantwortlich. 18% der Emissionen wurden vom Verkehr (Abrieb und Rußpartikel) verursacht. Die Landwirtschaft erzeugte 15% der PM<sub>10</sub> Emissionen, die Kleinverbraucher 23% und die Energieversorgung 2%.

#### Trend

Seit 1990 sind die PM<sub>10</sub> Emissionen um drei Prozentpunkte auf 48.000 Tonnen angestiegen.

## 6.4 PM<sub>2,5</sub>

In folgender Abbildung sind die PM<sub>2,5</sub> Emissionen Österreichs der sechs Hauptverursacher für die Jahre 1990, 1995, 2000 und 2001 dargestellt:

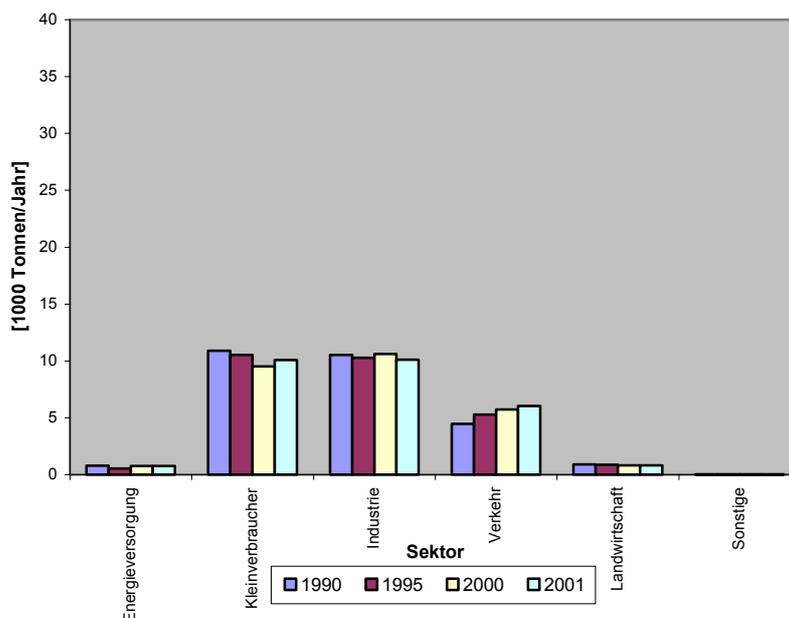


Abbildung 33: PM<sub>2,5</sub> Emissionen nach Sektoren 1990, 1995, 2000 und 2001

### Hauptverursacher

Die Industrie ist für 36% der PM<sub>2,5</sub> Emissionen verantwortlich, zeigt aber fallende Tendenz. Die Kleinverbraucher konnten von 1990 bis 2001 ihre PM<sub>2,5</sub> Emissionen durch Verringerung des Einsatzes von Brennholz in der Raumwärmeerzeugung um 8% reduzieren und verursachten im Jahr 2001 ebenfalls 36% der Emissionen.

Der Verkehr emittierte 2001 22% der PM<sub>2,5</sub> Emissionen. Dieser Sektor weist jedoch enorme Anstiegsraten auf. Grund dafür ist der Trend zu Diesellaggregaten bei Kraftfahrzeugen, womit laufend steigende Emissionen feinstaubiger Rußpartikel einhergehenden.

Die Landwirtschaft sowie die Kraftwerke der Energieversorgung erzeugten 3% der PM<sub>2,5</sub> Emissionen.

### Trend

Bei PM<sub>2,5</sub> ist im Zeitraum 1990 bis 2001 ein Anstieg um einen Prozentpunkt auf 27.800 Tonnen zu verzeichnen. Damit wurden die von den Kleinverbrauchern erreichten Reduktionen durch die massiv ansteigenden Feinstaubemissionen des Verkehrssektors mehr als wettgemacht.

## 7 SCHWERMETALLE

Eine Reihe von Schwermetallen wird durch anthropogene Vorgänge in die Luft emittiert und kann einerseits direkt über den Luftpfad schädliche Wirkungen auf Menschen und Umwelt entfalten. Andererseits kann es zu einer Akkumulation von Schwermetallen im Boden und in Ökosystemen kommen und es kann somit in weiterer Folge über die Nahrungskette wiederum zu schädlichen Auswirkungen auf den Menschen kommen. Die Konvention über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigungen sieht daher eine Berichtspflicht der Emissionen von Kadmium, Quecksilber und Blei vor (Protokoll betreffend Schwermetalle-1998 Aarhus).

Die Schwermetallemissionen der Jahre 1985, 1990 und 1995 wurden nach WINDSBERGER et al. (1999) erhoben. Die Angaben der dazwischenliegenden Jahre wurden auf Basis der Erkenntnisse dieser Studie abgeschätzt (UMWELTBUNDESAMT, 2000). In einer neuen Studie wurden die Emissionen der Schwermetalle von 1995 bis 2000 behandelt [ÖSTERREICHISCHE EMISSIONSINVENTUR FÜR DIE SCHWERMETALLE KADMIUM; QUECKSILBER UND BLEI 1995-2000, 2001]. Die Ermittlung der Schwermetallemissionen für das Jahr 2001 erfolgte auf Grundlage dieser Studie.

In folgender Abbildung sind die Emissionen von Blei, Kadmium und Quecksilber jeder Hauptverursacherguppe für das Jahr 2001 dargestellt:

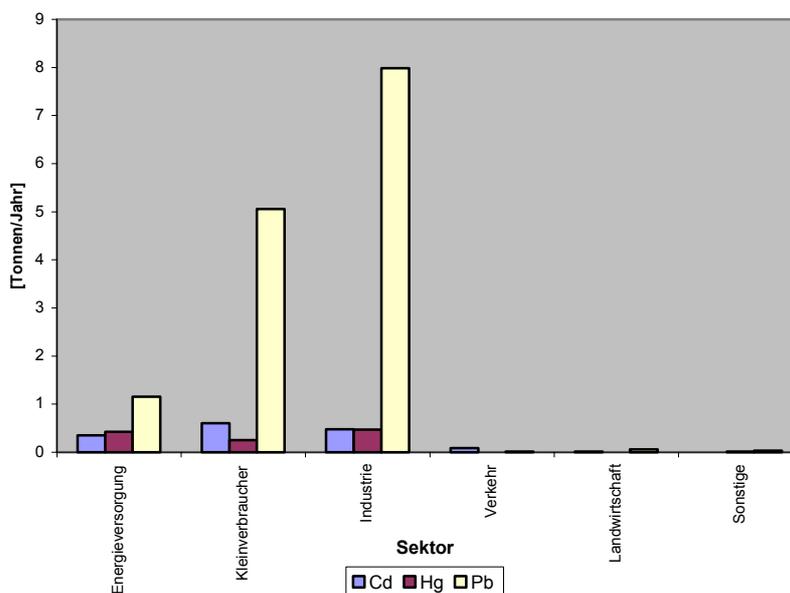


Abbildung 34: Emissionen der Schwermetalle Cd, Hg und Pb nach Sektoren für das Jahr 2001

### Hauptverursacher

Industrie, Kleinverbraucher und Energieversorgung sind die Hauptemittenten von Schwermetallen. Bei Blei dominieren die Emissionen der Industrie gefolgt von jenen der Kleinverbraucher. Die Emissionen von Kadmium und Quecksilber hingegen sind vergleichsweise ausgeglichen auf die drei zuvor genannten Sektoren verteilt.

In folgender Abbildung ist die Entwicklung des anthropogenen Ausstoßes von Kadmium, Quecksilber und Blei 1990 bis 2001 dargestellt (Angabe als Index in Prozent).

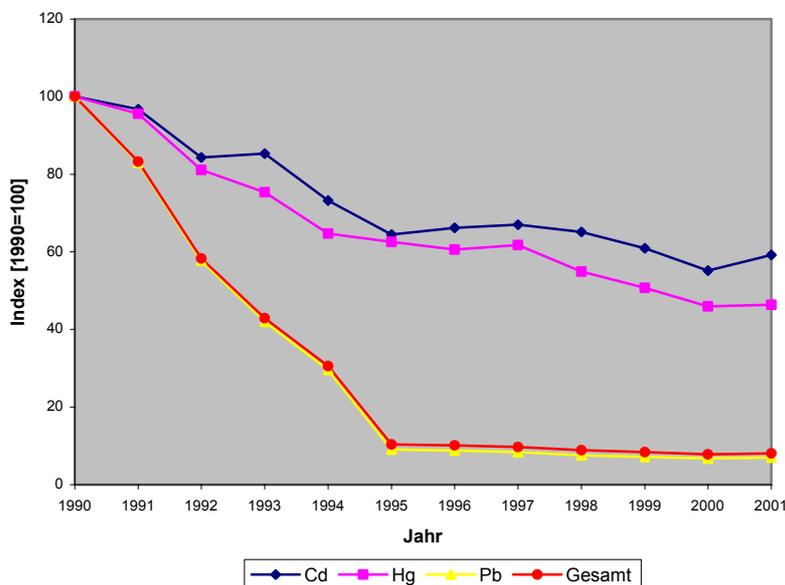


Abbildung 35: Trend [%] der Schwermetallemissionen 1990 bis 2001 (Cd, Hg und Pb)

### Trend

Mit einem Anteil von 84% im Jahr 2001 besitzen die Bleiemissionen im Vergleich zu Kadmium (9%) und Quecksilber (7%) die dominierende Stellung bei den Schwermetallen. Dementsprechend schmiegt sich die Summenlinie der drei Schwermetalle mit einer Reduktion von insgesamt 92% (1990-2001) am Trend des Bleis an.

Seit 1990 konnten die Bleiemissionen um 93% auf nunmehr etwa 14 Tonnen reduziert werden. Die Kadmiumemissionen wurden im selben Zeitraum um 41% auf 1,5 Tonnen und die Quecksilberemissionen um 54% auf 1,2 Tonnen reduziert.

## 7.1 Kadmium (Cd)

Kadmium kommt in erster Linie in den Brennstoffen Holz und Heizöl (insb. Heizöl „Schwer“) vor und wird bei der Verbrennung im Bereich der Kleinverbraucher, der Industrie und der Kraftwerke freigesetzt. Darüber hinaus sind wesentliche Kadmiumquellen die Eisen- und Stahlerzeugung, die Verbrennung von Koks und Kohle, der Straßenverkehr (Reifen- und Bremsabrieb) und die Zementerzeugung.

In folgender Abbildung sind die Cd Trends der sechs Hauptverursacher dargestellt:

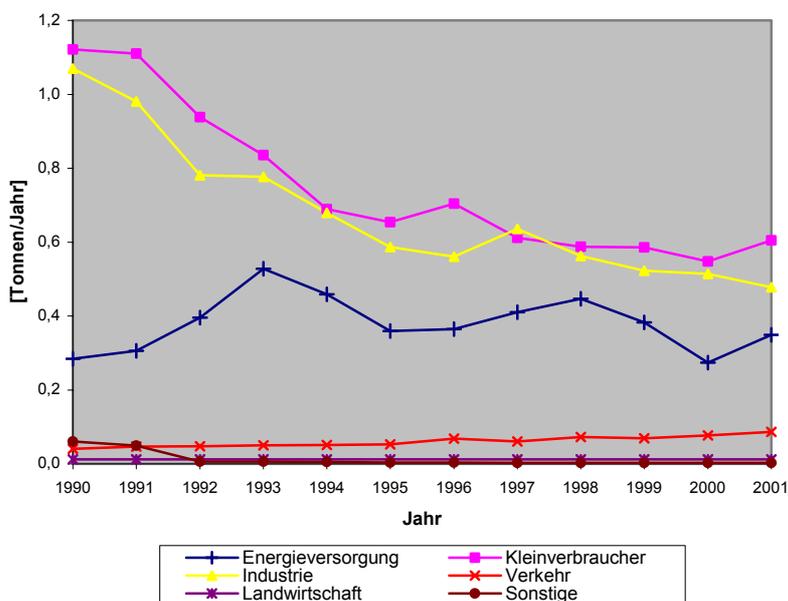


Abbildung 36: Cd Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

2001 kamen 39% der Cd Emissionen von den Kleinverbrauchern, 31% aus dem Sektor Industrie, 23% von der Energieversorgung, 6% vom Verkehr und 1% aus der Landwirtschaft.

Die Cd Gesamtemissionen sind von 1990 bis 2001 um 41% gesunken (vgl. Abbildung 35). Industrie und Kleinverbrauch lieferten mit –55 bzw. –46% die maßgeblichen Beiträge zur Cd Reduktion. Der Cd Anstieg des Energieversorgungssektors (+23%) ist größtenteils auf den verstärkten Kohleeinsatz der Kraftwerke zurückzuführen (Anstieg 2000 auf 2001: +28%).

Mit dem steigenden Verkehrsaufkommen, insbesondere des Schwerverkehrs, steigen auch die Cd Emissionen dieses Sektors kontinuierlich an, 1990 bis 2001 um 111%.

### Ursachen

Kadmium wird in Österreich zum Großteil durch Verbrennung emittiert. Als Hauptfaktoren für die Reduktion der Cd Emissionen sind einerseits der Rückgang des Verbrauchs an Heizöl „Schwer“, andererseits verbesserte Staubabscheidung bei Verbrennungsanlagen, in der Eisen- & Stahlerzeugung und bei Müllverbrennungsanlagen zu nennen.

Wesentliche Kadmiumquellen sind:

- Verbrennung von Brennholz in Kleinf Feuerungsanlagen
- Verbrennung von Koks und Kohle
- Eisen- & Stahlerzeugung
- Verbrennung von Heizöl (insb. Heizöl „Schwer“)
- Straßenverkehr (Reifenabrieb, Bremsabrieb)
- Zementindustrie

## 7.2 Quecksilber (Hg)

Quecksilber wird hauptsächlich durch die Verbrennung von Koks, Kohle, Heizöl und Brennholz freigesetzt. Hauptemittenten in Österreich sind der Sektor Industrie, die Kleinverbraucher und die Energieversorgung (Wärme- und Heizkraftwerke). Zu beachten ist hierbei, dass auch die energetische Nutzung von Müll in Abfallverbrennungsanlagen dem Bereich der Energieversorgung zugeordnet ist.

In folgender Abbildung sind die Hg Trends der sechs Hauptverursacher dargestellt:

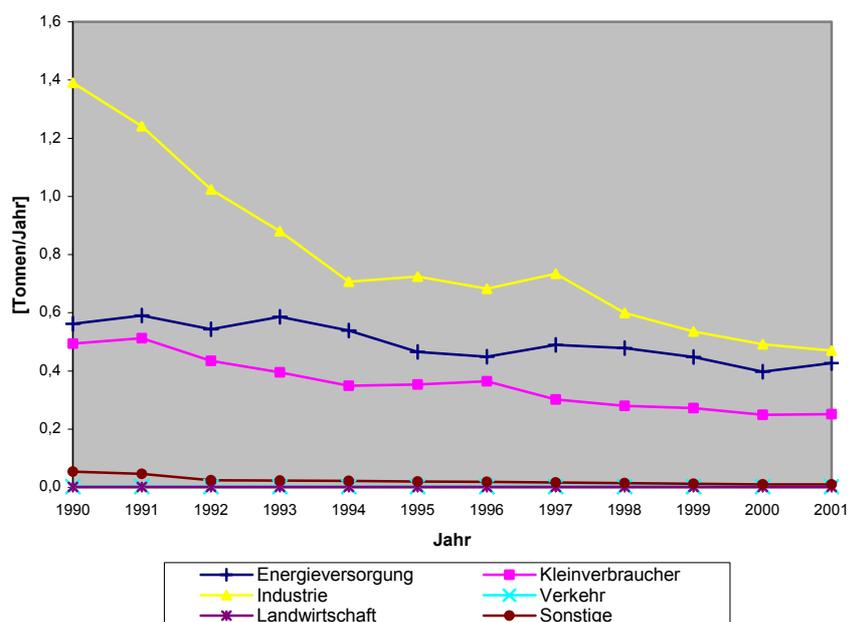


Abbildung 37: Hg Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

Im Jahr 2001 stammten 40% der Hg Emissionen von der Industrie, 37% von den Kraftwerken der Energieversorgung und 22% von den Kleinverbrauchern. Die Hg Emissionen der übrigen Sektoren sind vernachlässigbar gering.

Die Quecksilberemissionen sanken zwischen 1990 und 2001 um 54%, wobei die Industrie mit –66% den überwiegenden Teil der Reduktionen erreichte. Die Kleinverbraucher reduzierten ihre Hg Emissionen um 49%, die Energieversorgung um 24%.

### Ursachen

Quecksilber wird in Österreich überwiegend durch Verbrennung und industrielle Produktion emittiert. Der Rückgang der Hg Emissionen ist vor allem auf den Rückgang des Verbrauchs an Heizöl "Schwer" sowie auf emissionsmindernde Maßnahmen der Eisen- & Stahlerzeugung, bei Müllverbrennungsanlagen und in der Zement- und Chlorerzeugung zurückzuführen.

Wesentliche Quecksilberquellen sind:

- Verbrennung von Koks und Kohle
- Verbrennung von Heizöl (insb. Heizöl "Schwer")
- Verbrennung von Brennholz
- Sinteranlagen
- Eisen- & Stahlerzeugung
- Zementerzeugung
- Abfallverbrennung – Hausmüll

### 7.3 Blei (Pb)

Für die Bleiemissionen Österreichs sind in erster Linie die Eisen- und Stahlindustrie, der Hausbrand sowie die gewerblichen und industriellen Verbrennungsanlagen verantwortlich.

In folgender Abbildung sind die Pb Trends der sechs Hauptverursacher dargestellt:

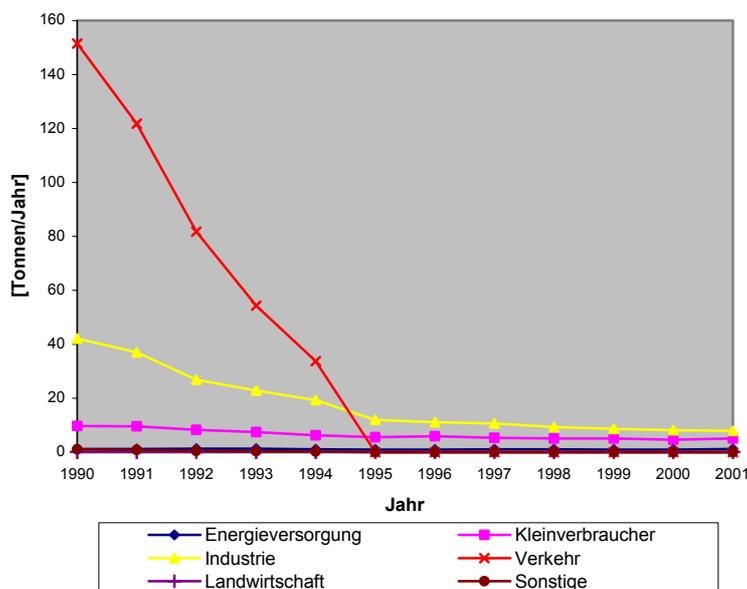


Abbildung 38: Pb Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

#### Hauptverursacher und Trends

Im Jahr 2001 hatte der Sektor Industrie einen Anteil von 56%, der Kleinverbrauch einen Anteil von 35% und die Energieversorgung einen Anteil von 8% an den gesamten Pb Emissionen. Der Verkehr spielte 2001 im Bereich der Bleiemissionen keine Rolle mehr.

Die Pb Emissionen sanken zwischen 1990 und 2001 um 93%. Dieser starke Rückgang ist vor allem auf den Sektor Verkehr (-100%) und den Sektor Industrie (-81%) zurückzuführen. Die Kleinverbraucher konnten ihre Pb Emissionen um 48% reduzieren.

**Ursachen**

Der starke Rückgang der Pb Emissionen wurde vor allem durch das Verbot des Einsatzes von verbleitem Benzin sowie durch verbesserte Abluftreinigung bei Industrie (Eisen- & Stahlerzeugung) und Müllverbrennung erreicht.

Wesentliche verbleibende Bleiquellen sind:

- Eisen- & Stahlerzeugung
- Verbrennung von Brennholz
- Verbrennung von Koks und Kohle
- Glaserzeugung
- Sekundäre Kupfer- & Bleierzeugung
- Verbrennung von Heizöl (insb. Heizöl "Schwer")

## 8 PERSISTENTE ORGANISCHE VERBINDUNGEN

Unter persistenten organischen Schadstoffen versteht man in der Umwelt langlebige und schädliche organische Substanzen. Die in diesem Bericht behandelten persistenten organischen Schadstoffe umfassen PAHs, Dioxine und Hexachlorbenzol.

### 8.1 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

Die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe sind eine Substanzgruppe von über 100 Einzelverbindungen unterschiedlicher Flüchtigkeit, die in erster Linie als Produkte unvollständiger Verbrennung entstehen und somit in den Abgasen von Feuerungsanlagen und Verbrennungsmotoren enthalten sind.

In einer Studie des Umweltbundesamtes [UMWELTBUNDESAMT, 2001a] wurden jene vier polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe erhoben, die vom UNECE Protokoll betreffend persistente organische Verbindungen (Aarhus, 1998) gefordert werden. Es handelt sich hierbei um Benz(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren und Indeno(1,2,3-cd)pyren. Die Summe der in Abbildung 39 angegebenen PAH bezieht sich somit auf diese vier Verbindungen.

In folgender Abbildung ist die Entwicklung des anthropogenen Ausstoßes polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe seit 1990 dargestellt.

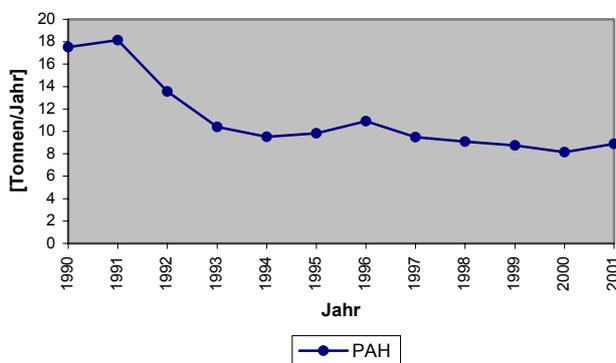


Abbildung 39: PAH Trend 1990 bis 2001

#### Trend

Insgesamt konnten die PAH Emissionen im Zeitraum 1990 bis 2001 um 49% reduziert werden. In folgender Abbildung sind die PAH Trends der sechs Hauptverursacher dargestellt:

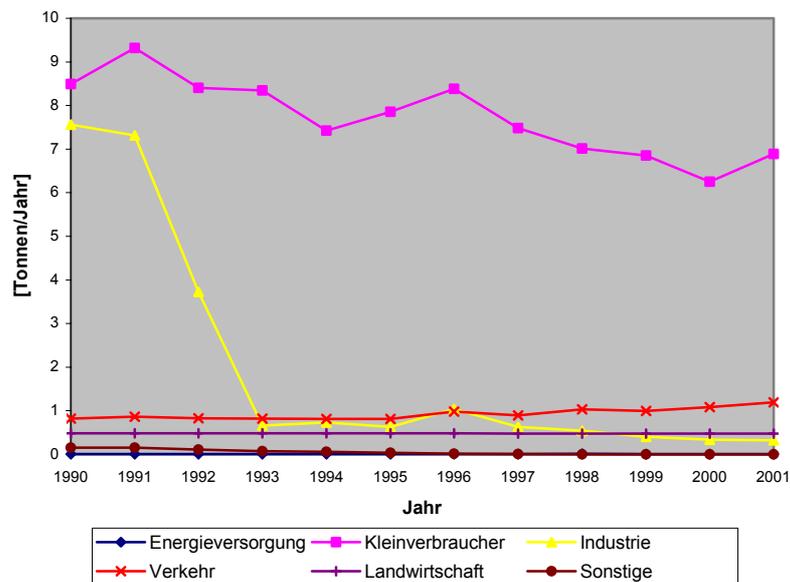


Abbildung 40: PAH Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

Anfang der 90er Jahre kam es in Österreich zur Einstellung der Primäraluminiumproduktion und zum Verbot der offenen Strohverbrennung, wodurch die PAH Emissionen aus den Sektoren Industrie und Landwirtschaft drastisch sanken. Von diesem Zeitpunkt an sind die Kleinverbraucher hauptverantwortlich für die PAH Emissionen, im Jahr 2001 betrug ihr Anteil 77%. Der Verkehr trug 13%, die Landwirtschaft 5% (Verbrennung von landwirtschaftlichen Abfällen) und die Industrie 4% der PAH Emissionen bei. Insgesamt konnten von 1990 bis 2001 die PAH Emissionen um 49% reduziert werden (vgl. Abbildung 39).

Die PAH Emissionen aus dem Bereich der Kleinverbraucher werden einerseits durch die Menge des eingesetzten Brennholzes und andererseits durch die Verbrennungstechnologie bestimmt. Ein verstärkter Einsatz moderner Anlagen mit geringen spezifischen Emissionen würde eine weitere deutliche Reduktion des PAH-Ausstoßes bewirken.

## 8.2 Dioxine

Dioxine sind eine Sammelbezeichnung für insgesamt 210 chemisch verwandte Substanzen, die zur Gruppe der persistenten organischen Schadstoffe gehören. Weltweit Aufsehen erregte diese Schadstoffgruppe nach einem schweren Unfall in einer Chemiefabrik in Seveso (Italien) im Jahr 1976, bei dem große Mengen Dioxin mit katastrophalen Folgen für Menschen und Umwelt emittiert wurden.

Dioxine umfassen 75 polychlorierte Dibenz-p-dioxine (PCDD) und 135 polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) mit ähnlichen Eigenschaften (Kongenere). Im Säugetierorganismus und damit auch im Menschen wirken von diesen 210 Substanzen 17 besonders toxisch.

Dioxine entstehen als unerwünschte Nebenprodukte bei einer Vielzahl von industriellen Prozessen und Verbrennungsvorgängen.

In folgender Abbildung ist der Trend der Dioxinmissionen Österreichs dargestellt:

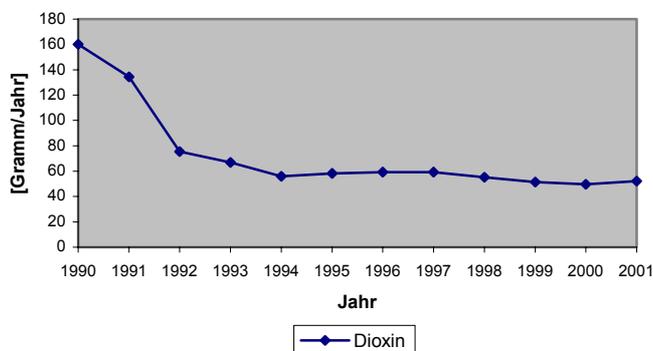


Abbildung 41: Dioxin Trend 1990 bis 2001

### Trend

Im Zeitraum 1990 bis 2001 konnten die Dioxinmissionen um insgesamt 67% reduziert werden. Seit 1994 sind jedoch kaum mehr Reduktionen zu verzeichnen. In folgender Abbildung sind die Trends der sechs Hauptverursacher dargestellt:

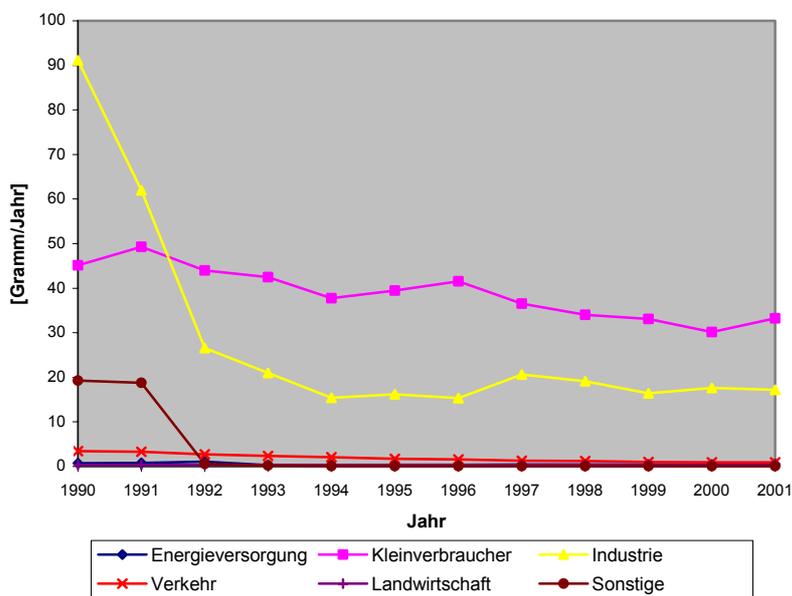


Abbildung 42: Dioxin Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

Anfang der 90er Jahre konnten die Dioxinmissionen erheblich reduziert werden. Dies ist auf Emissionsminderungsmaßnahmen, die in der Industrie und bei den Müllverbrennungsanlagen gesetzt worden waren, zurückzuführen. Im Jahr 2001 verursachte daher der Sektor Industrie nur noch 33% der Emissionen, die vorwiegend dem Sintervorgang in der Eisen- und Stahlerzeugung zuzuschreiben sind. Seit 1992 liefern die Kleinverbraucher den größten Beitrag (Heizungs- und Kleinf Feuerungsanlagen, insbesondere Verbrennung von festen Brennstoffen). Die Emissionen aus diesem Bereich nahmen in den letzten Jahren vergleichsweise wenig ab und betragen im Jahr 2001 64%. Der Verkehr verursachte 2%, Landwirtschaft und Energieversorgung jeweils 1% der Dioxinmissionen.

Hauptgrund für die Reduktion der Emissionen war der Erlass der Luftreinhalteverordnung, welche die Dioxin-Emissionen bei der Abfallverbrennung sowie bei Dampfkesselanlagen beschränkt. Der Rückgang der Emissionen im Verkehr steht im Zusammenhang mit dem Verbot von verbleitem Benzin. Im Bereich der Kleinf Feuerungsanlagen ist langfristig ein Sinken der Dioxin-Emissionen zu erwarten. Dies beruht vor allem auf der Umstellung von Einzelöfen auf Zentralheizungsanlagen. Ein wesentlicher Einflussfaktor ist aber auch im Brennstoffverbrauch und im Brennstoffmix zu sehen.

### 8.3 Hexachlorbenzol

Im Rahmen einer neuen Studie für persistente organische Verbindungen (UMELTBUNDESAMT, 2001) wurde 2001 für den Schadstoff Hexachlorbenzol erstmals eine Inventur erstellt. Diese Studie ist auch Grundlage der Berechnungen der Inventur 2002. Es muss darauf hingewiesen werden, dass noch erhebliche Unsicherheiten der Emissionsabschätzung bestehen.

In folgender Abbildung ist der Trend der HCB Emissionen Österreichs dargestellt:

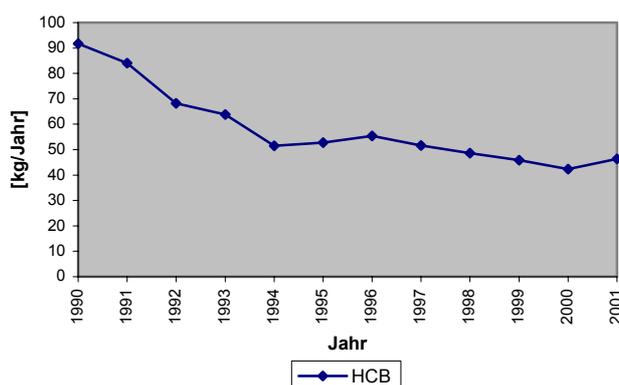


Abbildung 43: HCB Trend 1990 bis 2001

#### Trend

Im Zeitraum 1990 bis 2001 ist eine Reduktion von insgesamt 49% zu verzeichnen, wobei in der ersten Hälfte der 1990er Jahre die größten Reduktionsleistungen zu verzeichnen sind.

In folgender Abbildung sind die HCB Trends der sechs Hauptverursacher dargestellt:

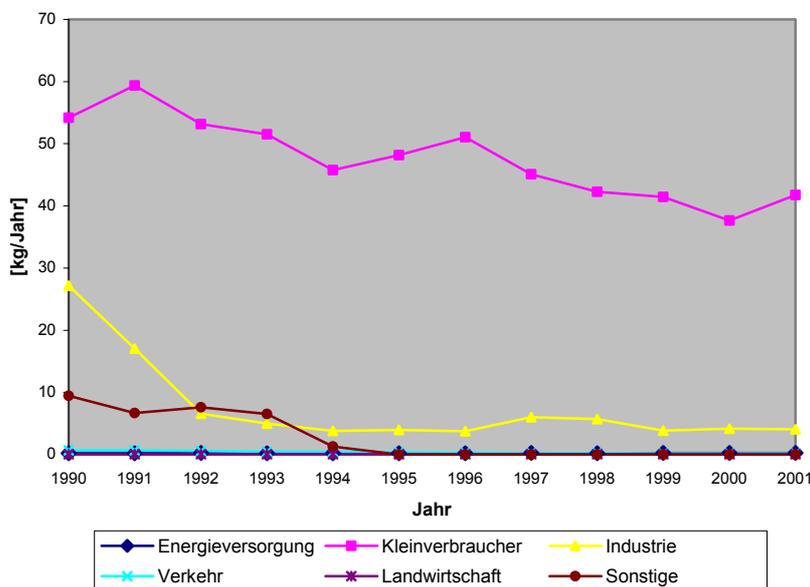


Abbildung 44: HCB Trend nach Sektoren 1990 bis 2001

### Hauptverursacher und Trends

Im Jahr 2001 waren die Kleinverbraucher (Kleinfeuerungsanlagen) mit einem Anteil von 90% Hauptverursacher der HCB Emissionen. Die Industrie hatte einen Anteil von 9%. 1% der Emissionen stammte vom Energieversorgungssektor.

Im Zeitraum 1990 bis 2001 konnte die Industrie mit –85% die weitaus größten Reduktionen erzielen. Dies ist vor allem auf Emissionsminderungsmaßnahmen in der Eisen- und Stahlindustrie zurückzuführen. Außerdem ist HCB als Nebenprodukt bei der Produktion von chlorierten Kohlenwasserstoffen angefallen, die Produktion wurde jedoch zu Beginn der 90iger Jahre schrittweise eingestellt.

Durch das Inkrafttreten der Verbotsverordnung bestimmter gefährlicher Stoffe in Pflanzenschutzmittel, BGBL. Nr. 97/1992 im Februar 1992 wurden zahlreiche chlorhaltige Pflanzenschutzmittelwirkstoffe verboten. Für Aalchlor und Dienchlor gilt ein Anwendungsverbot seit 1.1.1993, für Atrazin seit 1.1.1994. Für Lindan wurden Verwendungsbeschränkungen erlassen. Die Verwendung von Pentachlorphenol ist seit 1991 generell verboten (BGBI.Nr. 58/91). Aufgrund dieser Verbote und Beschränkungen entstehen seither beim Gebrauch von Pestiziden (Hauptverursacher: Holzimprägnierungsmittel) keine nennenswerten HCB Emissionen mehr. Die Gruppe der Sonstigen (hier: Einsatz von Pestiziden) konnte ihre Emissionen fast völlig beseitigen.

Die Kleinverbraucher reduzierten ihre Emissionen um 23%, was auf den geringeren Einsatz von Holz und Kohle beim Hausbrand zurückzuführen ist.

## 9 VERURSACHERTRENDS

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Hauptverursacher der österreichischen Luftschadstoffemissionen. Es ist zu beachten, dass in den folgenden Abbildungen der Anteil der Emissionen eines Verursachers an den gesamten Emissionen der jeweils betrachteten Schadstoffe angegeben ist. Nur wenn ein Verursacher für mehr als 5% der Emissionen eines Schadstoffes verantwortlich ist, wird dieser Schadstoff angeführt.

Die öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke des Energieversorgungssektors wurden für diesen Bericht als Schwerpunktsthema gewählt. Sie werden hier somit ausführlicher beschrieben.

### 9.1 Energieversorgung (Schwerpunkt: Strom- und Fernwärmekraftwerke)

Diese Gruppe umfasst die kalorischen Kraftwerke zur Strom- und Fernwärmeerzeugung sowie die Emissionen aus Förderung, Behandlung und Verteilung fossiler Brennstoffe (d.h. Kohlebergbau, Pipelines, Raffinerien und Tankstellennetz).

In folgender Abbildung sind jene sechs Luftemissionen des Energieversorgungssektors dargestellt, deren Anteil mehr als 5% an den Gesamtemissionen beträgt.

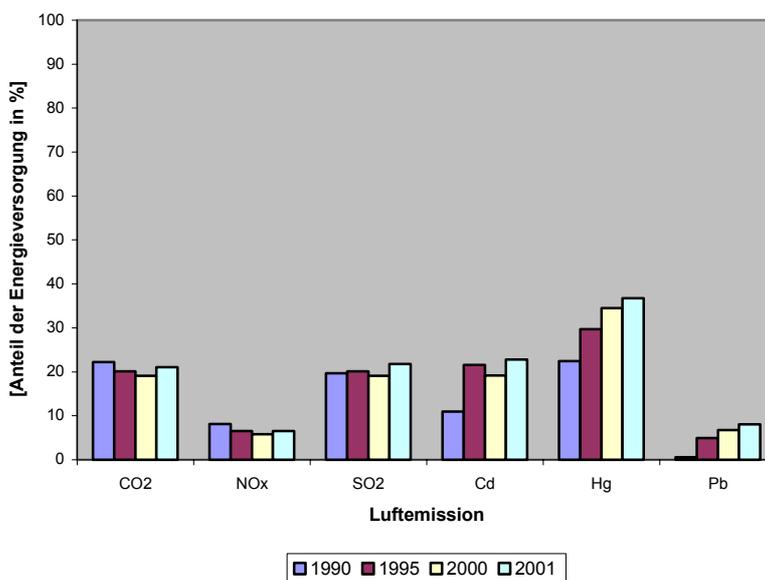


Abbildung 45: Anteil des Energieversorgungssektors an den Gesamtemissionen

#### Hauptschadstoffe

Mit einem Anteil von 21% bei CO<sub>2</sub>, 7% bei NO<sub>x</sub> und 22% bei SO<sub>2</sub> tragen die Emissionen der Energieversorgung zum Teil beträchtlich zu den österreichischen Gesamtemissionen bei. Auch bei den Schwermetallen Cd (28% Anteil), Hg (37% Anteil) und Pb (24% Anteil) sind beachtliche Emissionen des Energieversorgungssektors zu verzeichnen.

### Trend

Nach erfolgter Reduktion der Emissionsanteile des Sektors Energieversorgung ist im Jahr 2001 bei CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und SO<sub>2</sub> wieder ein Anstieg zu verzeichnen. Maßgeblich dafür verantwortlich sind die öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke, auf welche in folgendem Kapitel näher eingegangen wird. Obwohl bei den Schwermetallemissionen (außer bei Cadmium) Reduktionen erzielt wurden, stiegen die Anteile des Energieversorgungssektors an den österreichischen Gesamtemissionen seit 1990 kontinuierlich an, was auf stärkere Reduktionsleistungen anderer Sektoren hinweist.

Insgesamt stiegen im Zeitraum 1990 bis 2001 die CO<sub>2</sub> Emissionen des Energieversorgungssektors um 9%, die NO<sub>x</sub> Emissionen fielen um 21%, die SO<sub>2</sub> Emissionen verringerten sich um 49%, die Emissionen von Cadmium stiegen um 23%, jene von Quecksilber konnten um 24%, jene von Blei um 2% verringert werden.

In folgender Abbildung ist der Anteil der öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke am Sektor Energieversorgung dargestellt. Die Persistenten Organischen Verbindungen sowie der Staub sind aufgrund der geringen Mengen nicht angeführt.

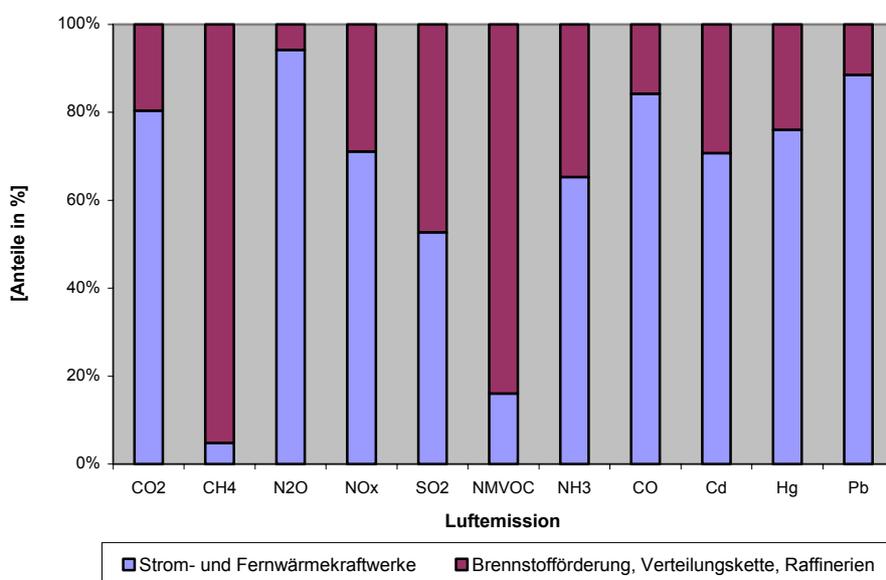


Abbildung 46: Anteile der Emissionen öffentlicher Strom- und Fernwärmekraftwerke am Energieversorgungssektor

Aus Abbildung 46 ist ersichtlich, dass bei fast allen Emissionen die öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke den Sektor Energieversorgung dominieren. Bei SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub> sind die Anteile dieser Emittentengruppe etwas geringer. Hier gewinnen die pyrogenen Emissionen aus Raffinerie und Brennstoffförderung anteilmäßig an Bedeutung. Bei NMVOC und CH<sub>4</sub> überwiegen eindeutig die (flüchtigen) Emissionen aus Brennstoffförderung und Brennstoffverteilung (Pipelines, Tankstellennetz, Raffinerie).

### 9.1.1 Öffentliche Strom- und Fernwärmekraftwerke

Im Vergleich mit anderen Staaten führt der hohe Anteil an Wasserkraft bei der Stromerzeugung zu einem relativ niedrigen Anteil an den Gesamtemissionen. Trotzdem führte auch in Österreich die stete Zunahme des Stromverbrauchs zu steigenden Emissionsanteilen der öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke (vgl. Abbildung 47 und Abbildung 52).

Die Strom- und Fernwärmekraftwerke trugen im Jahr 2001 bei CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Cd, Hg und Pb mehr als 5% zu den österreichischen Gesamtemissionen bei. Für diese Luftemissionen ist in folgender Abbildung der Anteil der öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke an den österreichischen Gesamtemissionen dargestellt:

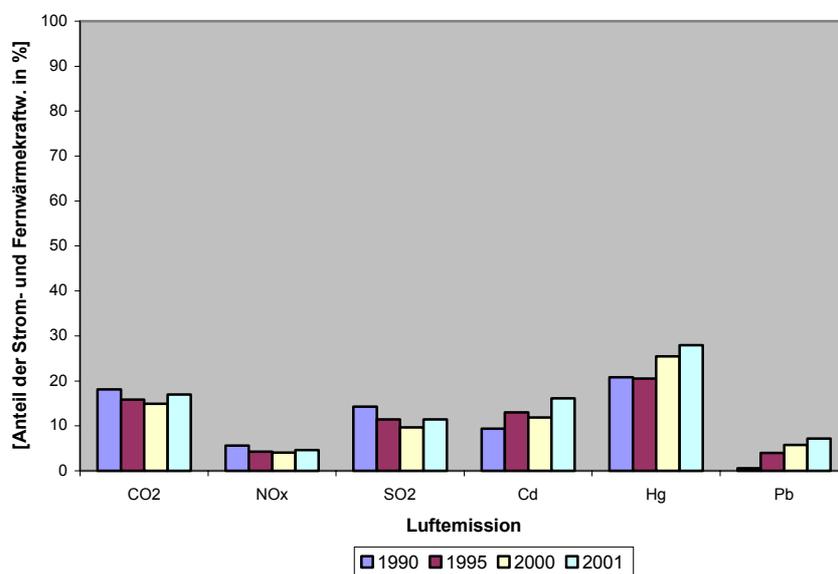


Abbildung 47: Anteil der öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke an den Gesamtemissionen

### Hauptschadstoffe

Im Jahr 2001 verursachten die öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke 17% der österreichischen CO<sub>2</sub> Emissionen, was gegenüber dem Basisjahr 1990 (Kyoto Protokoll) eine Verringerung des Anteils um einen Prozentpunkt (vgl. Abbildung 47) bedeutet. Der Anteil der NO<sub>x</sub>-Emissionen aus öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke verringerte sich von 6% 1990 auf 5% im Jahr 2001. Die SO<sub>2</sub> Emissionen dieser Kraftwerke konnten ihren Anteil an den gesamten SO<sub>2</sub> Emissionen im Vergleich zu 1990 um drei Prozentpunkte auf 11% im Jahr 2001 reduzieren. Im Gegensatz dazu stieg der Anteil der Quecksilberemissionen von 21% 1990 auf 28% 2001 an. Der Anteil der Kadmiumemissionen dieser Verursacherguppe stieg um 7% auf 16% an, jener der Bleiemissionen von 1% auf 7% an.

Folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Emissionstrends der einzelnen Luftschadstoffe.

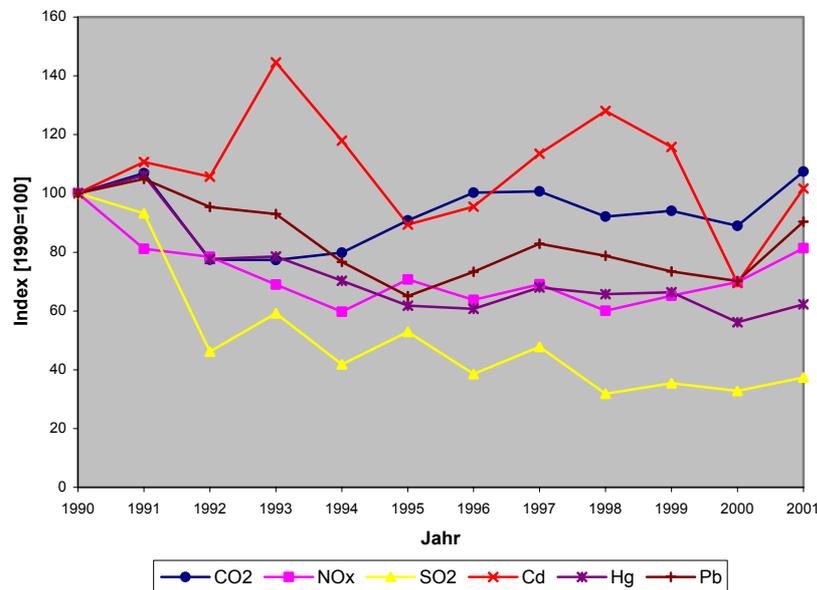


Abbildung 48: Emissionstrends [%] öffentlicher Strom- und Fernwärmekraftwerke für CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Cd, Hg und Pb 1990 bis 2001

### Trend

Bei sämtlichen Luftschadstoffen sind im Zeitraum 1990 bis 2000 Reduktionen zu verzeichnen. Vom Jahr 2000 auf 2001 hingegen stiegen die Emissionen wieder durchwegs an. Bei CO<sub>2</sub> und Cd wurde 2001 sogar der Basiswert von 1990 übertroffen, wodurch sich hier ein negativer Gesamttrend von 1990 bis 2001 ergibt.

Aus dem Vergleich von Abbildung 47 und Abbildung 48 lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Von 2000 auf 2001 sind für jeden Luftschadstoff sowohl anteilige (vgl. Abbildung 47) als auch absolute (vgl. Abbildung 48) Zuwächse zu verzeichnen. Diese Entwicklung ist mit dem verstärkten Brennstoffeinsatz sowie dem vermehrten Einsatz von Kohle zu erklären (vgl. Abbildung 51).
- Der Anteil der öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke an den Gesamt-Schwermetallemissionen ist im Steigen begriffen. Da jedoch die tatsächlichen Emissionen (außer bei Kadmium, wo ein geringfügiger Anstieg zu verzeichnen ist, vgl. Abbildung 48) absolut betrachtet z.T. erheblich reduziert wurden (Quecksilber –38%, Blei –10%), weisen diese anteiligen Anstiege auf stärkere Reduktionsleistungen anderer Sektoren hin. Insbesondere der hohe anteilige Anstieg bei den Bleiemissionen lässt sich auf die fast vollständige Eliminierung der Bleiemissionen im Verkehrssektor durch das Verbot von verbleitem Benzin zurückführen.

In folgender Abbildung ist der CO<sub>2</sub> Trend der Strom- und Fernwärmekraftwerke mit den Emissionsanteilen von Öl, Kohle, Erdgas und Müll von 1990 bis 2001 dargestellt:

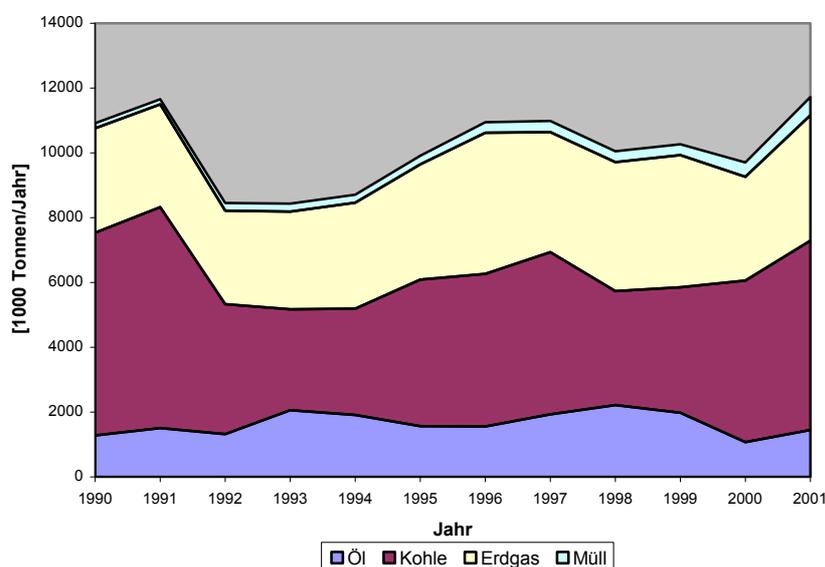


Abbildung 49: CO<sub>2</sub> Emissionen öffentlicher Strom- und Fernwärmekraftwerke. Untergliederung in die Emissionsanteile von Öl, Kohle, Erdgas und Müll 1990 bis 2001

Die CO<sub>2</sub> Emissionen der öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke stiegen um insgesamt 7% auf 11,7 Mio Tonnen an, im Zeitraum 2000 auf 2001 sogar um 21%. Die Anteile der Emissionen aus Kohle, Erdgas, Öl und Müllverbrennung spiegeln den unterschiedlich starken Einsatz dieser Brennstoffe (vgl. Abbildung 51) wieder.

Folgende Abbildung zeigt den SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> Ausstoß von Kraftwerken im Zeitraum 1990 bis 2001.

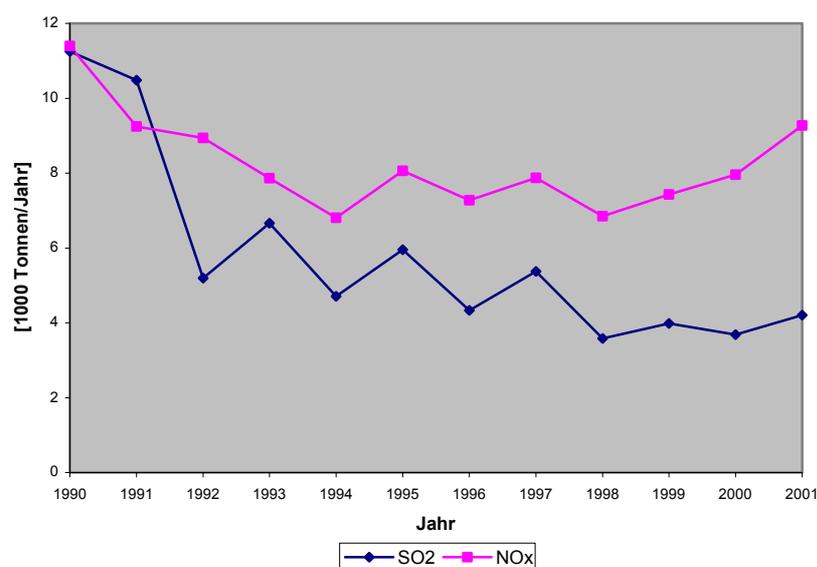


Abbildung 50: SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> Emissionen öffentlicher Strom- und Fernwärmekraftwerke 1990 bis 2001

Die  $\text{NO}_x$  Emissionen konnten trotz der massiven Steigerung von 17% 2000 auf 2001 im Zeitraum 1990 bis 2001 in Summe um 19% auf 9.300 Tonnen reduziert werden. Die  $\text{SO}_2$  Emissionen wurden im Zeitraum 1990 bis 2001 um beachtliche 63% auf 4.200 Tonnen reduziert. Jedoch auch hier ist von 2000 auf 2001 eine Steigerung um 14% zu verzeichnen.

Seit 1998 haben die  $\text{NO}_x$  und  $\text{SO}_2$  Emissionen der Kraftwerke wieder steigende Tendenz. Dies ist vor allem auf den verstärkten Einsatz von Kohle zurückzuführen (vgl. Abbildung 51).

In folgender Abbildung ist der Energieeinsatz der öffentlichen Wärme- und Heizkraftwerke für jede Brennstoffart (Kohle, Erdgas, Öl, Müll, Biomasse) dargestellt:

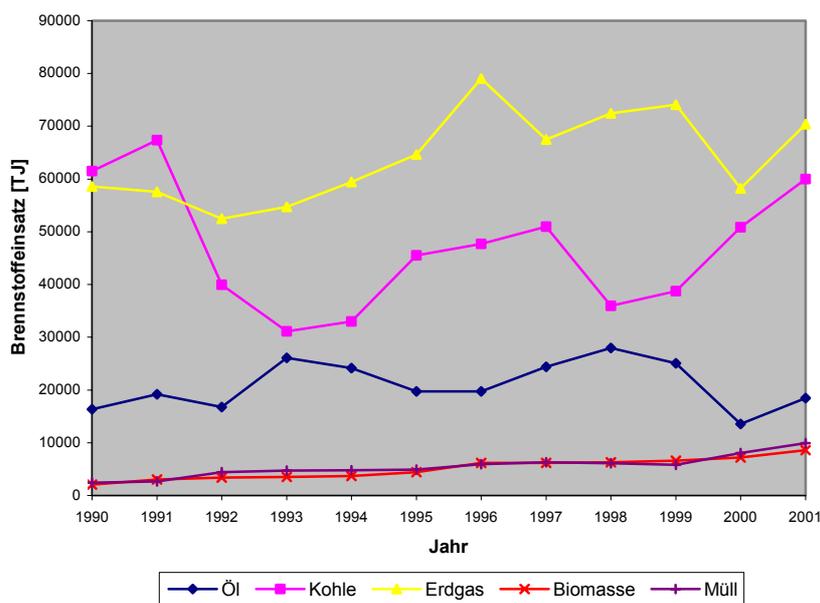


Abbildung 51: Brennstoffeinsatz [TJ] öffentlicher Strom- und Fernwärmekraftwerke 1990 bis 2001

### Ursachen

Im Jahr 1992 löste Erdgas die Kohle als Hauptenergieträger der öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke ab. Aus Abbildung 51 ist auch der verstärkte Einsatz von Kohle seit 1998 ersichtlich. Diese ist auch hauptverantwortlich für den Anstieg der  $\text{NO}_x$  und  $\text{SO}_2$  Emissionen seit diesem Zeitpunkt (vgl. Abbildung 50). Konnte im Zeitraum 1990 bis 2000 der gesamte Energieeinsatz um 2% (Kohle -17%, Öl -17%, Gas -1%) reduziert werden, so erfolgte 2000 auf 2001 eine Zunahme um insgesamt 21% (Kohle +18%, Öl +36% und Erdgas +21%). Der Brennstoffeinsatz der öffentlichen Wärme- und Heizkraftwerke belief sich im Jahr 2001 auf etwa 167.000 TJ.

1990 bis 2001 stieg der Gesamt-Energieeinsatz der Wärme- und Heizkraftwerke um 19%. Dabei nahm mit einer Reduktion von 2% jener der Kohle geringfügig ab. Der Einsatz von Öl stieg um 13%, jener von Erdgas um 20%. Der Einsatz von Biomasse und Müll verdreifachte sich in diesem Zeitraum.

In Abbildung 52 sind der Brennstoffverbrauch, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und SO<sub>x</sub> Emissionen sowie die beiden wesentlichsten treibenden Kräfte Heizgradtagszahl und Stromverbrauch für den Zeitraum 1990 bis 2001 als Index dargestellt.

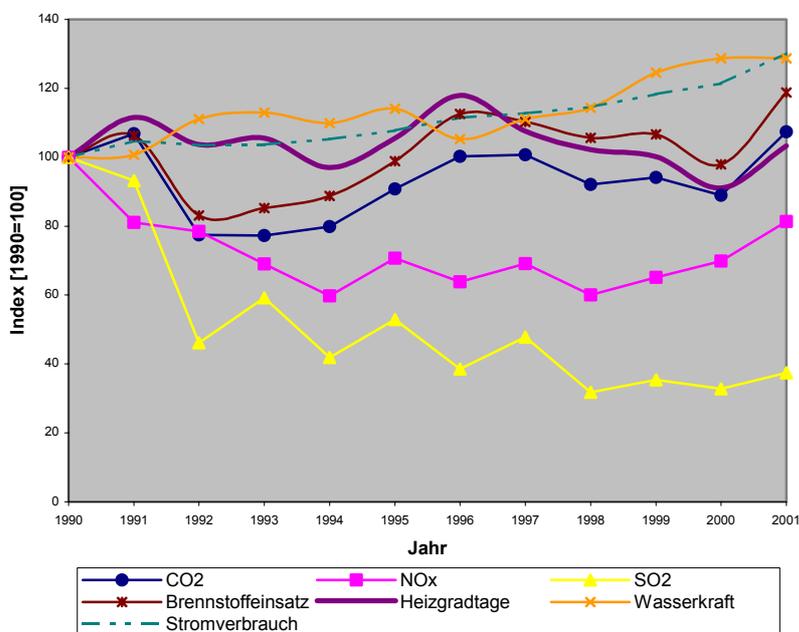


Abbildung 52: Heizgradtage, Stromverbrauch, Brennstoffeinsatz, Einsatz von Wasserkraft, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und SO<sub>2</sub> Emissionen der öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerke von 1990 bis 2001

Obwohl im Vergleich zu 1990 die Summe der Heizgradtage im Jahr 2001 um nur 3% höher war, ist der Brennstoffeinsatz in diesem Zeitraum um 19% gestiegen. Dieser Anstieg lässt sich mit dem um 30% gestiegenen Stromverbrauch erklären, welcher zu etwa einem Drittel durch die Stromproduktion kalorischer Kraftwerke gedeckt wird.

Die CO<sub>2</sub> Emissionen verlaufen relativ parallel zum Energieeinsatz, denn sie können nur durch einen unterschiedlichen Energieträger-Mix beeinflusst werden. Die geringfügige Abweichung der CO<sub>2</sub> Emissionslinie unter die Brennstoffeinsatzlinie ab 1992 verweist auf einen anteilig geringeren Einsatz CO<sub>2</sub>-intensiver Brennstoffe, insbesondere von Kohle und Erdöl zugunsten von Erdgas (vgl. auch Abbildung 51). Der Rückgang von Konjunktur, Heizgradtagen und Stromverbrauch zusammen mit einem beachtenswerten Anstieg der Stromerzeugung durch Wasserkraft erklären die massive Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen von 1991 auf 1992.

Die Verringerung der SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> Emissionen aus Strom- und Fernwärmekraftwerken ist hingegen primär auf Maßnahmen zur Luftreinhaltung zurückzuführen. Die deutliche Reduktion dieser Luftschadstoffe ist zum Großteil dem derzeit geltenden Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen und seinem Vorläufer, dem Dampfkessel-Emissionsgesetz, zuzuschreiben. Dieses Gesetz führte im Bereich von Dampfkesselanlagen zum vermehrten Einsatz von Entschwefelungs- und Entstickungsanlagen sowie zu Brennstoffumstellungen auf schwefelärmere Brennstoffe (z.B. Erdgas) [UBA, 2002].

Diese Umstellungen bewirkten bis zum Jahr 1998 kontinuierlich zurückgehende Emissionen. Die Anstiege der folgenden Jahre sind dem verstärkten Einsatz von Kohle zuzuschreiben.

Bezüglich den Emissionen von NMVOC, CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O und NH<sub>3</sub> ist der Beitrag des Energiesektors stets von untergeordneter Rolle gewesen.

Die Emissionen an den Schwermetallen Cd und Hg werden durch den Gehalt der Brennstoffe Kohle und/oder Erdöl (Heizöl „Schwer“) an diesen Schadstoffen bestimmt.

### 9.1.2 Brennstoffförderung, Raffinerie und Verteilungskette

Lediglich bei SO<sub>2</sub>, Cd und Hg wird ein Anteil von über 5% der Gesamtemissionen Österreichs erreicht. In folgender Abbildung ist der SO<sub>2</sub>-Trend dieser Emittentengruppe dargestellt:

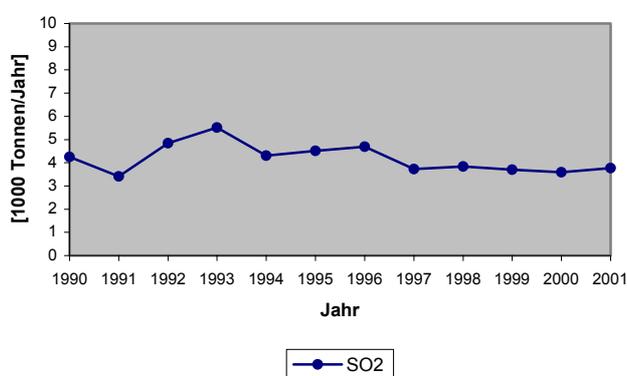


Abbildung 53: SO<sub>2</sub> Emissionen bei Brennstoffförderung, Raffinerie und Verteilungskette 1990 bis 2001

#### Trend

Der überwiegende Teil der SO<sub>2</sub> Emissionen dieser Gruppe stammt aus den pyrogenen Emissionen der Raffinerie (2001: 96%), der Rest aus der Entschwefelung fossiler flüssiger und gasförmiger Brennstoffe. Insgesamt konnten im Zeitraum 1990 bis 2001 die SO<sub>2</sub> Emissionen dieser Emittentengruppe um 11% auf 3.800 Tonnen (2001) reduziert werden. Im Gegensatz zu den öffentlichen Strom- und Fernwärmekraftwerken ist die Steigerung von 2000 auf 2001 mit +5% vergleichsweise gering.

## 9.2 Verkehr

Der Verkehrssektor stellt einen der größten Verursacher von Umweltbeeinträchtigungen in Österreich dar. Die wesentlichsten Umwelteinflüsse, welche durch den Verkehr hervorgerufen werden, sind hierbei Energieverbrauch, Schadstoffemissionen, Lärmemissionen, Flächenverbrauch, Oberflächenversiegelung, Zerschneidungseffekte von Ökosystemen und negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild. Durch diese Umwelteinflüsse trägt das Verkehrsgeschehen maßgeblich zu Umweltproblemen wie Klimaveränderung, Versauerung, Luftverschmutzung, Lärm, Bodenverbrauch und der Zerstörung von Ökosystemen bei.

Folgende Abbildung zeigt den Anteil der Schadstoffemissionen des Verkehrs an den österreichischen Gesamtemissionen:

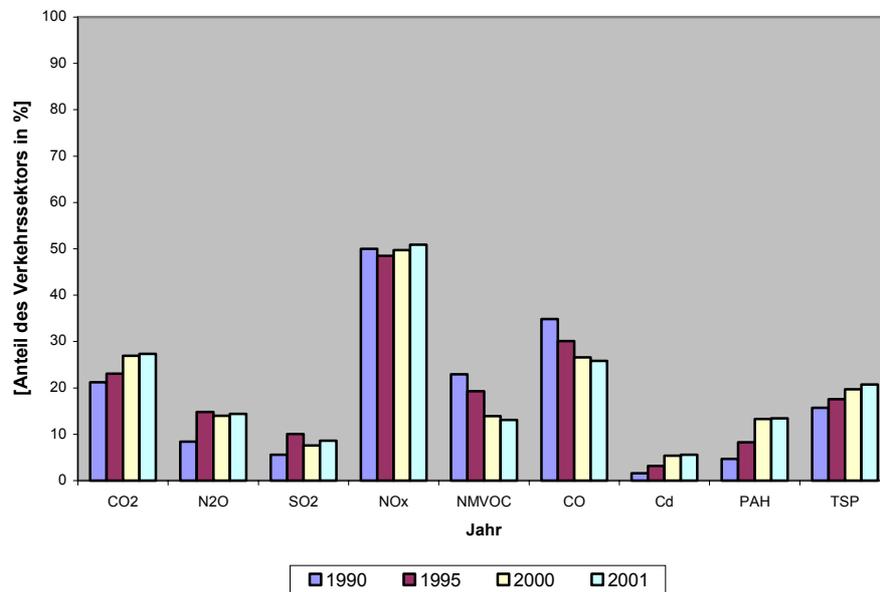


Abbildung 54: Anteil des Verkehrssektors an den Gesamtemissionen

### Hauptschadstoffe

Bei den Schadstoffgruppen NMVOC und CO konnte der Anteil in den letzten Jahren jeweils deutlich gesenkt werden. Dennoch emittiert der Verkehrssektor etwa 13% der NMVOC Emissionen, was angesichts deren Bedeutung als Ozonvorläufersubstanzen problematisch erscheint. Der Anteil der CO Emissionen liegt bei etwa 26%, wobei von diesem Schadstoff ein geringeres Gefährdungspotential ausgeht.

Aus lufthygienischer Sicht besonders kritisch zu beurteilen ist hingegen der hohe Verkehrsanteil an den NO<sub>x</sub> Gesamtemissionen. In den 1990er Jahren ist dieser Anteil bei etwa 50% geblieben. Auch der Anteil der Verkehrsemissionen an den gesamten Kohlendioxidemissionen hat in den letzten Jahren zugenommen und ist von etwa 21% im Jahr 1990 auf etwa 27% im Jahr 2001 angestiegen.

### Treibhausgasemissionen

Bei den Treibhausgasemissionen aus dem Verkehrssektor ist eine deutliche Zunahme zu beobachten. Zwischen 1990 und 2001 haben diese um etwa 49% zugenommen. Nur die CH<sub>4</sub> Emissionen sind um etwa 45% zurückgegangen.

Folgende Abbildung zeigt die Trends der Treibhausgase CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> des Verkehrssektors:

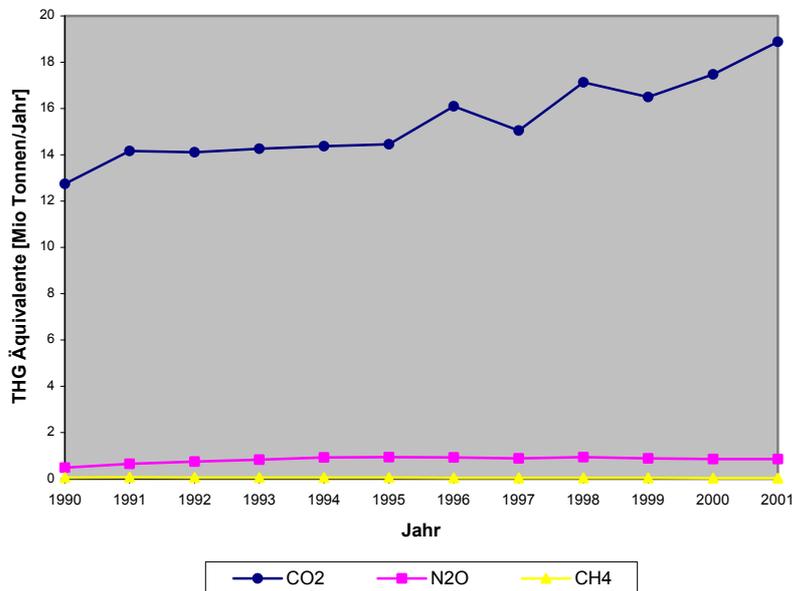


Abbildung 55: Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors 1990-2001

### Trends und Ursachen

Die CO<sub>2</sub> Emissionen waren 2001 für 95% der gesamten THG-Emissionen des Verkehrssektors verantwortlich. Sie zeigen von 1990 bis 2001 eine Zunahme von 12,7 Mio. t auf 18,9 Mio. Tonnen. Dies entspricht einer Zunahme von etwa 48% innerhalb der letzten elf Jahre. Damit zeigen die CO<sub>2</sub> Emissionen aus dem Verkehrssektor eine Entwicklung, welche der im Kyoto-Protokoll vereinbarten Verringerung der nationalen Kohlendioxidemissionen deutlich entgegensteht. Der wichtigste Verursacher ist der Straßenverkehr, davon besonders der PKW-Verkehr (vgl. Abbildung 56).

Einen Anstieg um 76% verzeichnen auch die N<sub>2</sub>O Emissionen aus dem Verkehrssektor (von 485.760 Tonnen im Jahr 1990 auf 854.640 Tonnen THG Äquivalente im Jahr 2001). Dieser wird von den Personenkraftwagen mit Ottomotor verursacht, da Lachgas ein Nebenprodukt der katalytischen Abgasnachbehandlung ist. Seit Einführung der Katalysatorpflicht ist demnach ein Anstieg der Emissionen zu verzeichnen. N<sub>2</sub>O weist ein besonders hohes Treibhausgaspotential auf, bedingt durch die vergleichsweise niedrigen Gesamtemissionen ist es jedoch im Vergleich mit dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Verkehrssektors von untergeordneter Bedeutung.

PKW, Leichte Nutzfahrzeuge (LNF: <3,5 t) und Schwere Nutzfahrzeuge (SNF: >3,5 t) sind die Hauptverursacher der Emissionen des Straßenverkehrs. Diese Verkehrsmittel sind folglich in Abbildung 56 separat ausgewiesen. Die restlichen Emissionen des Straßenverkehrs (Mofas und Motorräder) sowie der Bahn und der Schifffahrt sind in der Gruppe „Sonstige Verkehrsmittel“ zusammengefasst. Eine Reihe von Off-Road Geräten, welche im Vorjahresbericht ebenfalls dem Sektor Verkehr zugerechnet wurde, ist in der neuen Verursachereinteilung dieses Berichtes gemäß internationaler Berichtsformate direkt den entsprechenden Sektoren, insbesondere Industrie und Kleinverbraucher, zugeordnet (wie z.B. fahrbare Baumaschinen, Traktoren, vgl. Kapitel 2.3).

Die Emissionen des Flugverkehrs werden nicht dargestellt, da in der österreichischen Luftschadstoffinventur nur jene Emissionen den nationalen Gesamtemissionen zugerechnet werden, welche bei den Start- bzw. Landevorgängen sowie den innerösterreichischen Flügen verursacht werden. Die Emissionen des internationalen Flugverkehrs (und somit der Großteil der Emissionen) werden gemäß den internationalen Richtlinien nicht in der nationalen Luftschadstoffinventur erfasst.

Folgende Abbildung zeigt die CO<sub>2</sub> Trends der verschiedenen Verkehrsträger:

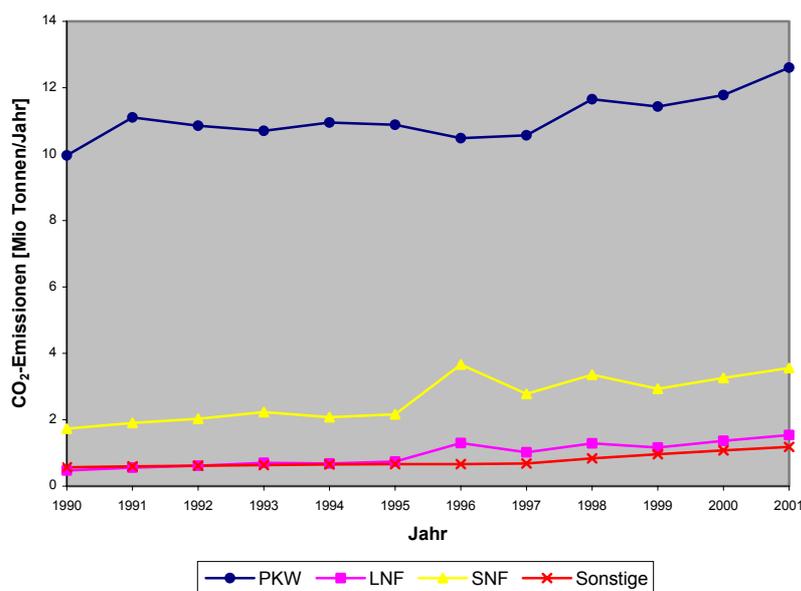


Abbildung 56: CO<sub>2</sub> Emissionen des Verkehrssektors 1990-2001

Mit zusätzlichen 2,6 Mio Tonnen CO<sub>2</sub> Emissionen im Jahr 2001 ist beim PKW Verkehr der größte Zuwachs von allen Verkehrsträgern seit 1990 zu verzeichnen. Sie nahmen um insgesamt 27% zu und betragen im Jahr 2001 12,6 Mio Tonnen. Die CO<sub>2</sub> Emissionen der Leichten Nutzfahrzeuge verdreifachten sich im Zeitraum 1990 bis 2001 (+224%) und stehen derzeit bei 1,5 Mio Tonnen, jene der Schweren Nutzfahrzeuge nahmen um 105% auf 3,6 Mio Tonnen zu, der sonstige Verkehr um 109% auf 1,1 Mio Tonnen CO<sub>2</sub>.

### Sonstige Luftschadstoffe

Durch die in europäischen Richtlinien festgelegten Emissionsgrenzwerte für Personenkraftwagen und Lastkraftwagen sowie strengere Qualitätsanforderungen an die Treibstoffe sank ein Großteil der Emissionen von Kraftfahrzeugen ab. Dies führte bei den Schadstoffgruppen Blei (Pb), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Kohlenwasserstoffe (NMVOC) und Kohlenmonoxid (CO) zu einer merklichen Reduktion der Gesamtemissionen des Verkehrssektors. Bei den Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) hingegen wurden bisher keine nennenswerten Emissionsminderungen erreicht.

Folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Trends der versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffe des Verkehrssektors:

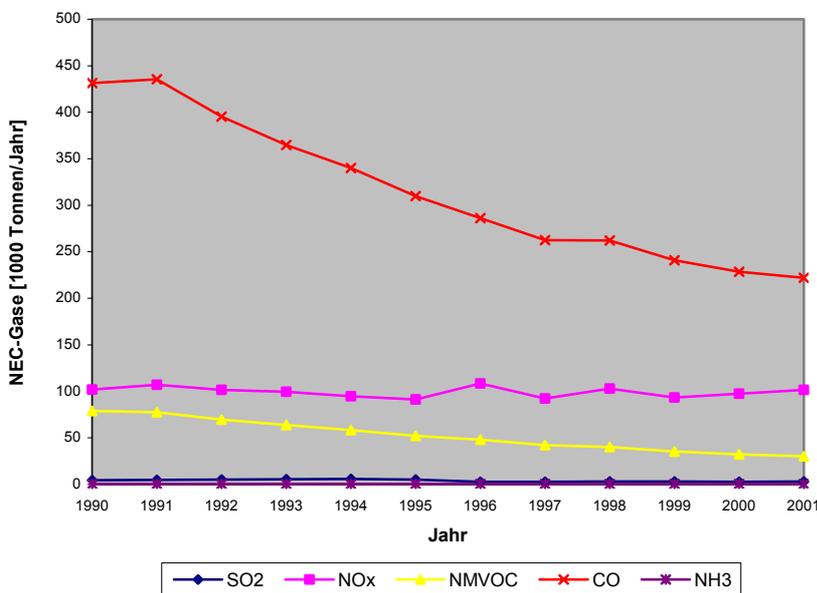


Abbildung 57: Versauerung und Eutrophierung des Verkehrssektors nach Gasen 1990-2001

### Trends und Ursachen

Die gesamten NMVOC Emissionen des Verkehrssektors konnten durch Optimierungen der Verbrennungsvorgänge im Motor sowie die Einführung der Katalysatorpflicht um 62% von 79.096 t im Jahr 1990 auf 30.334 t im Jahr 2001 reduziert werden.

Bei den CO Emissionen ist ebenfalls eine deutliche Reduktion zu verzeichnen. Sie sanken in den letzten 11 Jahren um 49% von 431.375 t auf 221.977 t.

Auch bei den SO<sub>2</sub> Emissionen ist im Zeitraum 1990 bis 2001 ein eindeutiger Rückgang zu beobachten. Deutlich erkennbar ist das stufenweise Absinken der Emissionen, welches auf die Einführung strengerer Schwefelgrenzwerte für Treibstoffe zurückzuführen ist. Die Gesamtemissionen des Verkehrssektors sind um 28% von 4.366 Tonnen im Jahr 1990 auf 3.147 Tonnen im Jahr 2001 gesunken. Da zukünftige Abgasnachbehandlungssysteme weitgehend schwefelfreie Kraftstoffe erfordern, ist in den nächsten Jahren mit einer deutlichen Absenkung des Schwefelgehalts in Otto- und Dieselmotorkraftstoffen und somit einem weiteren Absinken der SO<sub>2</sub> Emissionen zu rechnen.

Der gesamte Ausstoß von NO<sub>x</sub> aus dem Verkehrssektor ging von 101.989 Tonnen im Jahr 1990 auf 101.465 Tonnen im Jahr 2001 zurück und blieb somit etwa konstant. Dies stellt speziell hinsichtlich der Tatsache, dass der Verkehrssektor die größte Verursacherguppe bei den Stickoxidemissionen ist, eine kritische Entwicklung dar.

In folgender Abbildung sind die NO<sub>x</sub> Emissionstrends der einzelnen Verkehrsmittel des Straßenverkehrs (PKW, leichte und schwere Nutzfahrzeuge sowie sonstige Verkehrsmittel) dargestellt:

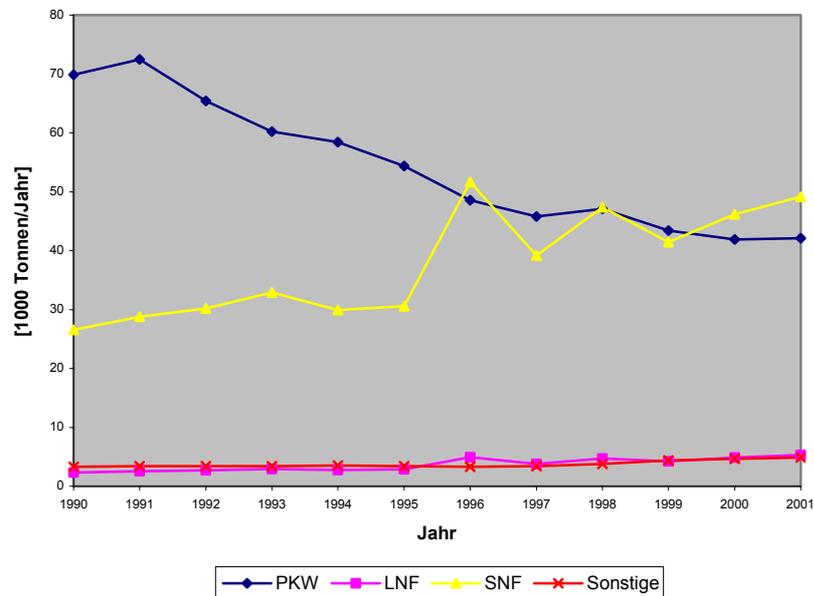


Abbildung 58: NO<sub>x</sub> Emissionen des Verkehrssektors nach Verkehrsmittel 1990-2001

Mit einer Reduktion um 40% konnte der PKW Verkehr als einzige Verursacherguppe im Zeitraum 1990 bis 2001 Reduktionen erzielen. Hauptverantwortlich hierfür ist die Einführung der Katalysatorpflicht bei benzinbetriebenen Personenkraftwagen. Die Abflachung des Trends Mitte der 1990er Jahre ist auf den steigenden Einsatz von Diesel PKW zurückzuführen. Beliefen sich die NO<sub>x</sub> Emissionen der Personenkraftwagen im Jahr 1990 noch auf 69.800 Tonnen, so konnte der NO<sub>x</sub>-Ausstoß bis 2001 um auf 42.100 Tonnen gesenkt werden.

Dieser Erfolg wird jedoch von einem Anstieg der NO<sub>x</sub> Emissionen aus anderen Fahrzeuggruppen überlagert.

Hauptverursacher der NO<sub>x</sub> Emissionen in Österreich ist der Schwerverkehr. Mit 49.200 Tonnen NO<sub>x</sub>-Ausstoß im Jahr 2001 werden 48% der österreichischen NO<sub>x</sub> Gesamtemissionen von Schweren Nutzfahrzeugen emittiert, somit um 85% mehr als 1990. Grund für diese Entwicklung ist neben dem hohen Schadstoffausstoß der LKW der starke Anstieg der Transportleistung im straßengebundenen Güterverkehr.

Bei den Leichten Nutzfahrzeugen ist sogar eine Steigerung um 129% zu verzeichnen, wobei mit 5000 Tonnen NO<sub>x</sub> Ausstoß im Jahr 2001 ihr Anteil bei 5% liegt. Die Gruppe der sonstigen Verkehrsmittel emittierte 2001 um 49% mehr NO<sub>x</sub> als 1990 und liegt bei ebenfalls 5% der verkehrsbedingten NO<sub>x</sub> Emissionen.

Folgende Abbildung zeigt den Trend der persistenten organischen Schadstoffe des Verkehrssektors:

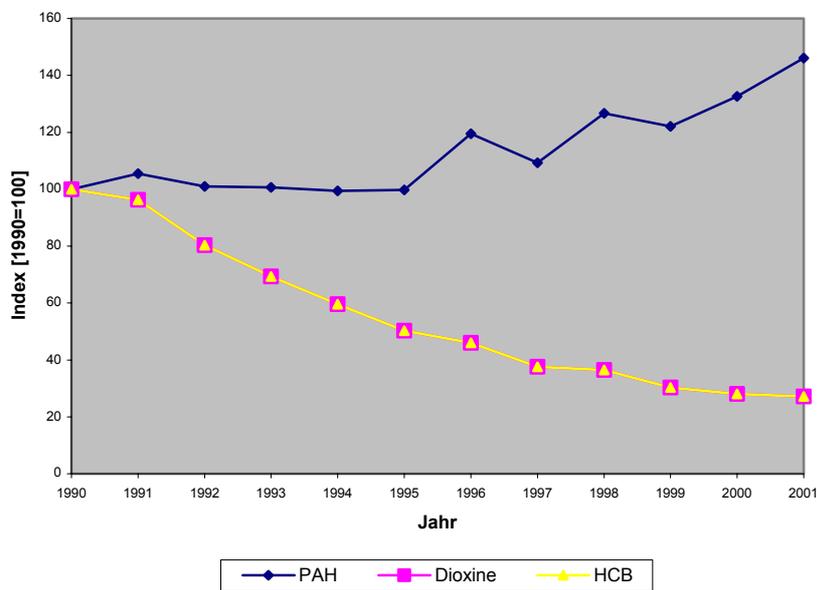


Abbildung 59: Persistente organische Schadstoffe des Verkehrssektors 1990-2001

Die Emissionen verkehrsbedingter persistenter organischer Verbindungen (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Dioxine und Hexachlorbenzol) zeigen seit 1990 zwei verschiedene Entwicklungen: Die PAH haben bis 2001 stark zugenommen (+46%) während Dioxine und HCB (methodikbedingt) gleich hohe Reduktionen (-73%) zeigen.

Die PAH Emissionen steigen mit dem Treibstoffkonsum an, die HCB/Dioxinreduktion ist auf das Verbot von sog. Scavangern (das sind Bleiersatzstoffe) zurückzuführen.

### 9.3 Kleinverbraucher

Die Gruppe der Kleinverbraucher umfasst Emissionen aus der Verbrennung in Haushalten, im Kleingewerbe und öffentlichen Gebäuden (z.B. Schulen) sowie Feuerungsanlagen in der Land- und Forstwirtschaft. Gemäß der neuen Verursachereinteilung (vgl. Kapitel 2.3) beinhaltet diese Gruppe auch die Off-Road Geräte des Kleinverbrauchs (Rasenmäher, Traktoren, etc.), welche vormals dem Verkehrssektor zugeordnet wurden.

Österreichs Kleinverbraucher tragen mehr als 5% zu den Gesamtemissionen der Luftschadstoffe CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC, SO<sub>2</sub>, Hg, Pb, PAH, Dioxine, HCB und TSP bei.

In folgender Abbildung ist für diese Luftemissionen der Anteil der Kleinverbraucher an den österreichischen Gesamtemissionen dargestellt:

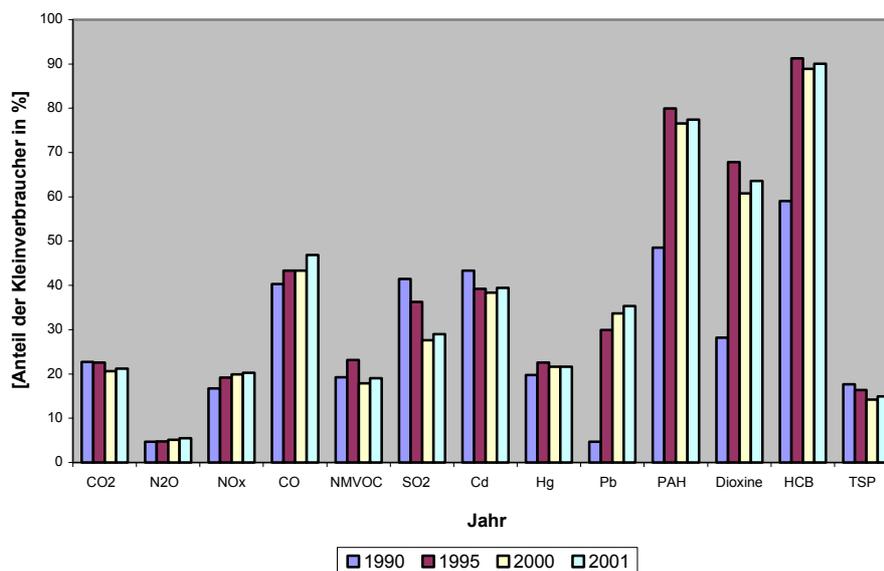


Abbildung 60: Anteil der Kleinverbraucher an den Gesamtemissionen

### Hauptschadstoffe

Im Jahr 2001 verursachten die Kleinverbraucher 21 % der CO<sub>2</sub> Emissionen, 5% der N<sub>2</sub>O Emissionen, 20% der NO<sub>x</sub> Emissionen, 47% der CO Emissionen, 19% der NMVOC Emissionen, 29% der SO<sub>2</sub> Emissionen, 39% der Cd Emissionen, 22% der Hg Emissionen, 35% der Pb Emissionen, 77% der PAH Emissionen, 64% der Dioxine Emissionen, 90% der HCB und 15% der TSP Emissionen.

### Trends und Ursachen

Österreich hat im Bereich der Haushalte einen international gesehen hohen Anteil an Holzfeuerungen. Dies ist zwar günstig im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz, vielfach noch bestehende veraltete Anlagen bewirken aber hohe Emissionen von NMVOC, CO, Cd, Hg, PAH und Dioxin.

Der Anteil der Emissionen von CO, Cd, Hg, Pb, PAH, Dioxine und HCB der Haushalte an den Gesamtemissionen zeigt einen großen Anstieg. Dies hauptsächlich deswegen, weil die Gesamtemissionen dieser Luftschadstoffe zurückgegangen sind, die Emissionen aus dem Bereich der Kleinverbraucher allerdings stagnieren oder sich vergleichsweise wenig verändert haben.

## 9.4 Industrie

Die Verursacherguppe Industrie beinhaltet sehr unterschiedliche Verursacher von Luftschadstoffen. Sie umfasst die Schwerindustrie (Eisen- und Stahlindustrie), die chemische Industrie, Papierindustrie, industrielle Nahrungsmittelproduktion, Bergbau (ohne Brennstoffförderung, vgl. Kapitel 2.3) etc.

Die Industrie verursacht mehr als 5% der Gesamtemissionen einer Reihe von Luftschadstoffen. Es sind dies CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, Cd, Hg, Pb, Dioxine, HCB und TSP. In folgender Abbildung ist für diese Luftemissionen der Anteil der Industrie an den österreichischen Gesamtemissionen dargestellt:

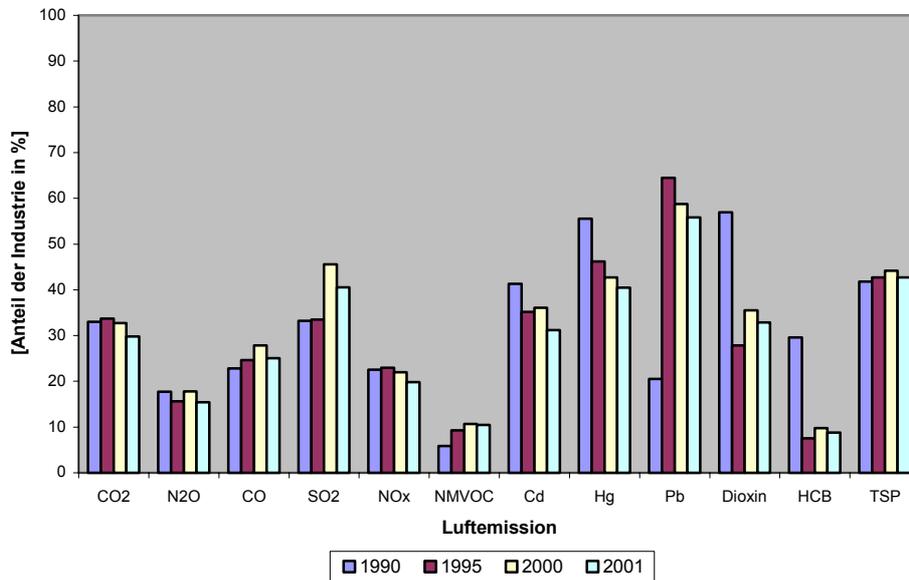


Abbildung 61: Anteil der Industrie an den Gesamtemissionen

### Hauptschadstoffe

Im Jahr 2001 verursachte die Industrie 30% der CO<sub>2</sub> Emissionen, 15% der N<sub>2</sub>O Emissionen, 25% der CO Emissionen, 41% der SO<sub>2</sub> Emissionen, 20% der NO<sub>x</sub> Emissionen, 10% der NMVOC Emissionen, 31% der Cd Emissionen, 40% der Hg Emissionen, 56% der Pb Emissionen, 33% der Dioxinmissionen, 9% der HCB Emissionen und 43% der TSP Emissionen.

### Trends und Ursachen

Mit Beginn der 80er Jahre bis zu den 90ern wurden die SO<sub>2</sub> Emissionen in der Industrie u.a. durch strenge Umweltauflagen stark gesenkt. In den letzten Jahren kam es in vielen Fällen zu einer Änderung des Brennstoffmixes. So substituierten viele Betriebe Kohle oder Öl durch Erdgas.

Der Anteil der NO<sub>x</sub> Emissionen der Industrie an den Gesamtemissionen konnte ebenfalls reduziert werden. Am Anfang der 90er Jahre kam es hier zu einer deutlichen Reduktion. Zu den wichtigsten NO<sub>x</sub>-Emittenten zählen die Zementindustrie, die Raffinerie, die Eisen- und Stahlerzeugung sowie die Dünger- und Salpetersäureproduktion. Vor allem die Dünger- und Salpetersäureproduktion und die Eisen- und Stahlindustrie konnten ihre Emissionen durch Verfahrensumstellung reduzieren, während in den anderen Bereichen Stagnation oder leichte Abnahme zu verzeichnen war.

Schwermetallemissionen durch Verbrennung in der Industrie sind hauptsächlich durch den Einsatz biogener Brennstoffe und von Heizöl „Schwer“ bedingt.

Der Anteil der Industrie an den Hg Emissionen ist rückläufig, der Pb-Anteil ist jedoch in den letzten Jahren gestiegen. Der Anteil der Industrie an den Pb-Gesamtemissionen wird hauptsächlich durch die Eisen- und Stahl sowie die Glaserzeugung verursacht, wobei die Emissionen durch die Eisen- und Stahlerzeugung signifikant gesunken sind. Der Anstieg des Anteils in den letzten Jahren ist durch den noch stärkeren Rückgang der Pb Emissionen des Verkehrs erklärbar.

Bei Hg ist der Anteil durch die Chlor-, Eisen- und Stahl- und Zementherzeugung bedingt, wobei vor allem die Zementindustrie ihre Hg Emissionen stark verringern konnte. Der Rückgang der Chlorproduktion in Österreich und eine 1998 vorgenommene Verfahrensumstellung bei der einzigen Anlage zur Herstellung von Chlor in Österreich brachte einen bedeutenden Rückgang der Hg Emissionen in diesem Sektor.

Hauptverantwortlich für den hohen Anteil des Sektors Industrie an den Cd Emissionen sind die Prozesse in der Stahl-, sowie der Zement- und Glaserzeugung.

Der Anteil der Industrie an den Dioxin Emissionen und der HCB Emissionen ist stark gesunken, maßgebliche Ursache dafür ist der große Rückgang der Emissionen in der Sinterproduktion im Bereich der metallherzeugenden Industrie.

## 9.5 Landwirtschaft

Viehhaltung und Bewirtschaftung von Wiesen und Feldern dienen als Grundlage der Emissionsberechnungen.

Im Auftrag des Umweltbundesamtes wurden am Institut für Land-, Umwelt und Energietechnik der Universität für Bodenkultur Wien in Zusammenarbeit mit dem Austrian Research Center Seibersdorf erstmals speziell für Österreichs Landwirtschaft völlig neue spezifische Emissionsfaktoren entwickelt. Es konnten dadurch massive Verbesserungen der Inventur erreicht werden.

Dem Bereich Landwirtschaft ist der überwiegende Anteil an  $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$  Emissionen zuzuschreiben. Einen großen Beitrag an den Gesamtemissionen haben auch die Emissionen von  $\text{CH}_4$  und Staub. Die PAH Emissionen sind aufgrund des Verbotes der Strohverbrennung am Feld Ende der 80er Jahre (mit nur wenigen bewilligten Ausnahmen) wesentlich reduziert worden.

In folgender Abbildung ist der Anteil der Landwirtschaft an den österreichischen Gesamtemissionen für  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ , PAH und TSP dargestellt:

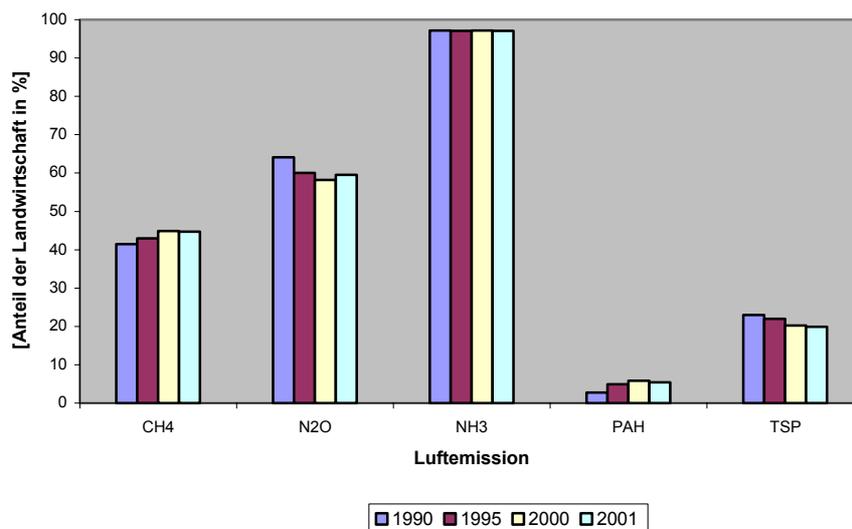


Abbildung 62: Anteil der Landwirtschaft an den Gesamtemissionen

### Hauptschadstoffe

Im Jahr 2001 verursachte die Landwirtschaft 97% der  $\text{NH}_3$  Emissionen, 60% der  $\text{N}_2\text{O}$  Emissionen, 45% der  $\text{CH}_4$  Emissionen, 20% der TSP Emissionen und 5% der PAH Emissionen.

In folgender Abbildung ist der Treibhausgas-Trend des Landwirtschaftssektors dargestellt. Dieser setzt sich aus Methan- und Lachgasemissionen zusammen.

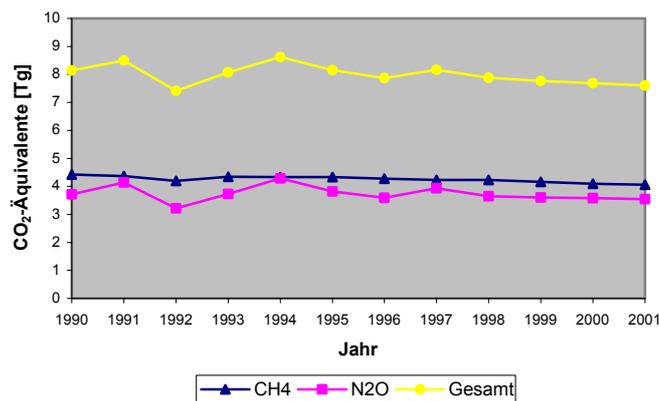


Abbildung 63: Treibhausgase des Landwirtschaftssektors 1990 bis 2001 (in  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten)

### Trend

Die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft konnten im Zeitraum 1990 bis 2001 um insgesamt 7% verringert werden. Korrelieren die Methanemissionen im wesentlichen mit den Viehbestandszahlen (insbesondere der Rinder), so prägt bei den  $\text{N}_2\text{O}$  Emissionen der unterschiedlich hohe Düngemiteleinsatz (Mineral- und organischer Dünger) den Trendverlauf.

### Ursachen

$\text{NH}_3$  und  $\text{CH}_4$  Emissionen werden im wesentlichen durch die Viehhaltung verursacht, der überwiegende Teil der  $\text{N}_2\text{O}$  Emissionen entsteht bei der Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen. Im Folgenden werden die wichtigsten Emissionsquellen näher beschrieben:

#### **$\text{CH}_4$ -Ausgasungen von Wiederkäuern (Rindermägen):**

Mehr als drei Viertel der landwirtschaftlichen MethanAusgasungen (2001: 78%) entstehen durch Gärung in Tiermägen (zu 94% Rindermägen). Der Rest ist dem Gülle-Management zuzurechnen, wobei je nach Entmistungssystem (Fest- oder Flüssigmistsystem) beträchtliche Unterschiede bestehen.

Der Anteil der Milchkühe an den  $\text{CH}_4$ -Emissionen der Rinderhaltung hat im Jahr 1990 49% betragen und ist bis zum Jahr 2001 auf 43% gefallen. Die Reduktion ergibt sich aus einem Rückgang des gesamten Viehbestandes, wobei aber wegen der höheren Milchleistungen die spezifischen Emissionen pro Milchkuh stark gestiegen sind.

Durch die unterschiedliche Fütterungsweise des Viehs in konventionellen und biologisch wirtschaftenden Betrieben konnten bei letzteren etwas geringere  $\text{CH}_4$  Emissionen festgestellt werden.

### CH<sub>4</sub> Emissionen beim Gülle-Management:

Im Jahr 2001 wurden 22% der landwirtschaftlichen Methanemissionen beim Gülle-Management emittiert.

Aufgrund arbeitswirtschaftlicher Vorteile besteht bei den Entmistungssystemen ein Trend zu Flüssigmistverfahren. Im Vergleich zu traditionellen Festmistverfahren gehen damit aber wesentlich höhere Methanemissionen einher.

Mittels Vergärung von Gülle/Jauche/Mist in landwirtschaftlichen Biogasanlagen (in Konvertern unter Luftabschluss) besteht jedoch die Möglichkeit, das bei der anaeroben Umsetzung der Exkremente gebildete Methan einer energetischen Verwertung (Erzeugung von Wärme und Strom) zuzuführen. Dadurch wird die Klimawirkung des Methans ausgeschaltet und zusätzlich fossil erzeugter Strom ersetzt.

Im Jahr 2000 wurden in Österreich 120 Biogasanlagen betrieben, wobei die Anzahl der Anlagen ständig im Steigen begriffen ist. Laut Amon (1998) ist für Österreich ein Biomethanisierungspotential von 52% der anfallenden Gülle vorhanden.

### N<sub>2</sub>O Emissionen bei Düngung und Gülle-Management:

Die Lachgasemissionen der österreichischen Landwirtschaft entstehen zum überwiegenden Teil (2001: zu 80%) bei der Düngung landwirtschaftlicher Nutzflächen. Der Rest entgast beim Gülle-Management, wobei bei Festmistsystemen mehr N<sub>2</sub>O Emissionen als bei Flüssigmistsystemen hervorgehen.

Bei den durch Düngereinsatz hervorgerufenen Emissionen ist grundsätzlich die Menge des Stickstoffeintrages in den Boden und nicht die Art des Düngers (organischer oder mineralischer Dünger) ausschlaggebend. Geht man aber von einem geschlossenen Stickstoffkreislauf aus (folglich einem begrenzten Stickstoffeintrag bei biologischer Landwirtschaft), so ist die Düngung mittels organischem Dünger eine durchaus effiziente Strategie im Sinne der Nachhaltigkeit.

### NH<sub>3</sub> Emissionen bei Gülle-Management und Düngung:

Im Jahr 2001 emittierten 84% der NH<sub>3</sub> Emissionen Österreichs beim Gülle-Management, der Rest infolge der Düngung agrarischer Nutzflächen.

Bei den NH<sub>3</sub> Emissionen spielt neben dem Entmistungssystem auch die Haltungsweise des Viehs eine Rolle. Bei den (artgerechteren) Laufställen sind mehr NH<sub>3</sub> Emissionen als bei den traditionellen Anbindestallungen (in Österreich noch zu 98% üblich) zu verzeichnen.

In folgender Abbildung ist die Entwicklung der NH<sub>3</sub> Emissionen dargestellt:

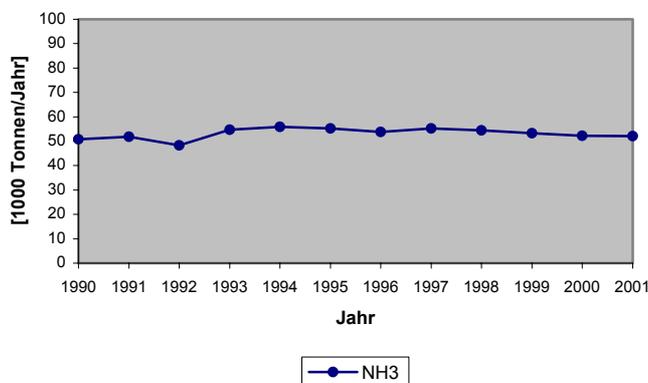


Abbildung 64: NH<sub>3</sub> Emissionen des Landwirtschaftssektors 1990 bis 2001

Die NH<sub>3</sub> Emissionen der Landwirtschaft befinden sich auf konstantem Niveau. Zwischen 1990 und 2001 ist ein Anstieg um 3% zu verzeichnen.

## 9.6 Sonstige

Die Verursacherguppe der Sonstigen setzt sich aus den Emissionen durch Anwendung von Lösemitteln und jenen aus Mülldeponien zusammen. Bei Methan (CH<sub>4</sub>) und den Kohlenwasserstoffen ohne Methan (NMVOC) verursacht sie mehr als die Hälfte der österreichischen Gesamtemissionen. Alle übrigen Emissionen dieser Verursacherguppe sind von untergeordneter Bedeutung und werden hier daher nicht näher behandelt.

Folgende Abbildung zeigt die Anteile der Methan und NMVOC Emissionen der Sonstigen Emittenten an den Gesamtemissionen:

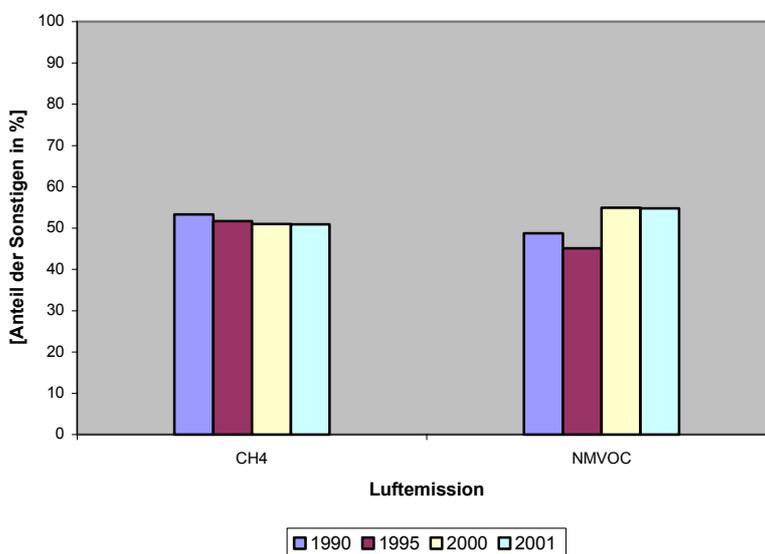


Abbildung 65: Anteil „Sonstiger Emittenten“ an den Gesamtemissionen

### Hauptschadstoffe

100% der Methanemissionen dieser Gruppe werden vom Abfallsektor (ohne Müllverbrennung, vgl. Kapitel 2.3 Verursachereinteilung) verursacht. Der überwiegende Teil davon entsteht bei Mülldeponien (83%), der Rest bei Abwasser- und Klärschlammbehandlung sowie Kompostierung.

Annähernd die gesamten NMVOC Emissionen (99,8%) der Gruppe der Sonstigen Emittenten entstehen durch Anwendung von Lösungsmitteln.

Der Anteil der Methanemissionen aus Abfallbehandlung nahm von 53% im Jahr 1990 auf 51% 2001 ab. Die NMVOC Emissionen aus Lösungsmitteln stiegen von 49% 1990 auf 55% im Jahr 2001.

***Trends und Ursachen***

Aufgrund der laufend steigenden Gaserfassungsrate bei Deponien konnten die Methanemissionen dieses Sektors im Zeitraum 1990 bis 2001 um insgesamt 19% reduziert werden (siehe auch Kapitel 3.4.2). Da in sämtlichen anderen Sektoren ebenfalls CH<sub>4</sub> Reduktionen zu verzeichnen sind, nimmt der CH<sub>4</sub> Anteil der Sonstigen im Jahr 2001 immer noch 51% der Gesamtemissionen Österreichs ein.

Die NMVOC Emissionen aus dem Lösungsmittleinsatz wurden im Zeitraum 1990 bis 2001 um 25% reduziert (vgl. Kapitel 4.2). Hauptverantwortlich für diese Entwicklung ist die Verringerung des Einsatzes von Lösungsmitteln durch die Verwendung von lösungsmittelarmen Produkten (Lösungsmittel- und Lackieranlagenverordnung, BGBl. 872/95). Die Steigerung des Anteils um 6% auf 55% der Gesamtemissionen 2001 ist auf die massivere NMVOC Reduktionsleistung des Verkehrssektors zurückzuführen.

## 10 ÖSTERREICHS EMISSIONEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

In diesem Kapitel werden die anthropogenen Emissionen der Luftschadstoffe CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub> und CO der EU-Mitgliedsstaaten und der Beitrittskandidatenländer mit jenen Österreichs verglichen. Nur Daten aus dem Jahr 2000 stehen zu Verfügung, weil die internationalen Emissionen für das Jahr 2001 erst im Laufe des Jahres 2003 veröffentlicht werden.

Tabelle 4 zeigt die Emissionen der betrachteten Länder pro Einwohner. Generell kann gesagt werden, dass die Pro-Kopf-Emissionen Österreichs meist unter dem EU-Durchschnitt liegen. Bei SO<sub>2</sub> weist Österreich sogar die niedrigsten Pro-Kopf-Emissionen aller EU-Länder auf. Bei CH<sub>4</sub>, CO und NMVOC liegen Österreichs Pro-Kopf-Emissionen hingegen über dem EU-Durchschnitt.

Die durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen der zehn Beitrittskandidatenländer sind vorwiegend unter dem EU-Durchschnitt.

*Tabelle 4: Pro-Kopf-Emissionen von Luftschadstoffen der EU-Mitgliedsstaaten und ausgewählter Beitrittskandidatenländer für 2000*

Länder	CO <sub>2</sub> [Tonnen]	CH <sub>4</sub> [kg]	N <sub>2</sub> O [kg]	SO <sub>2</sub> [kg]	NO <sub>x</sub> [kg]	NMVOC [kg]	NH <sub>3</sub> [kg]	CO [kg]
Belgien	12,4	50,6	4,2	17,6	28,2	24,2	9,7	99,2
Dänemark	9,9	51,3	5,5	5,2	38,8	24,7	18,9	118,5
Deutschland	10,4	35,1	2,4	10,1	19,9	20,1	7,6	60,3
Finnland	12,0	36,1	4,5	14,2	45,5	30,9	6,4	101,7
Frankreich	6,8	47,1	3,9	11,2	24,3	28,2	13,4	112,5
Griechenland	9,8	47,5	3,4	50,3	32,2	33,1	6,9	136,4
Großbritannien	9,1	40,6	2,4	19,5	25,3	25,1	5,0	69,8
Irland	11,5	160,7	8,2	34,7	33,0	23,8	32,3	73,7
Italien	8,0	31,1	2,3	16,0	25,7	29,0	7,8	104,9
Luxemburg	12,3	51,9	0,5	7,1	38,8	34,0	16,5	111,6
Niederlande	10,9	61,7	3,4	5,7	26,4	17,6	9,6	44,0
<b>Österreich</b>	<b>8,2</b>	<b>55,2</b>	<b>1,0</b>	<b>5,0</b>	<b>22,6</b>	<b>29,4</b>	<b>8,3</b>	<b>111,8</b>
Portugal	6,3	62,5	2,7	37,5	36,9	48,3	10,3	109,4
Schweden	6,3	31,5	2,5	6,5	27,8	47,1	6,3	93,6
Spanien	7,8	46,3	2,5	38,9	36,0	40,1	13,1	76,2
<b>EU15</b>	<b>8,8</b>	<b>42,9</b>	<b>2,8</b>	<b>17,6</b>	<b>26,4</b>	<b>27,8</b>	<b>9,3</b>	<b>85,8</b>
Bulgarien	5,9	59,2	7,5	120,2	22,6	14,7	6,9	81,7
Estland	12,3	86,4	1,0	69,7	30,2	24,6	6,4	147,3
Lettland	2,9	49,3	1,7	7,6	14,2	40,3	4,9	105,5
Litauen	4,5	47,8	3,0	11,7	12,9	16,5	6,8	76,2
Polen	8,1	56,5	2,0	39,1	21,7	15,5	8,3	89,6
Rumänien	5,6	65,1	1,1	40,7	14,2	28,4	9,9	103,6
Slowakei	7,6	39,7	1,9	22,2	19,6	16,5	5,5	53,7
Slowenien	7,9	56,8	2,7	48,3	29,2	20,1	9,6	34,2
Tschechien	12,4	49,4	2,6	25,8	38,7	24,0	7,2	63,2
Ungarn	5,9	55,2	4,1	48,4	18,7	17,2	7,1	64,5
<b>BKL10</b>	<b>7,4</b>	<b>56,8</b>	<b>2,5</b>	<b>43,4</b>	<b>21,2</b>	<b>20,1</b>	<b>8,0</b>	<b>84,7</b>

Anmerkung: Für folgende Länder wurde nicht das Jahr 2000, sondern das jeweils zuletzt verfügbare Jahr herangezogen: Belgien, Deutschland, Griechenland, Italien 1999 für SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, CO, NH<sub>3</sub>; Portugal 1998 für SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, CO, NH<sub>3</sub>; Spanien 1996 für NH<sub>3</sub>; Bulgarien 1999 für CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O; Litauen 1998 für CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O; Slowenien 1996 für CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O; Rumänien 1994 für alle Gase.

Quelle: Für CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O: EEA (2002b); für SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub> und CO: EMEP (2002); Bevölkerungszahlen stammen von Eurostat (New Cronos)

## 10.1 Treibhausgasemissionen

### 10.1.1 Kohlendioxidemissionen (CO<sub>2</sub>)

CO<sub>2</sub> ist das wichtigste Treibhausgas und entsteht primär bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern. Die wichtigsten Quellen der CO<sub>2</sub> Emissionen auf EU-Ebene sind die Strom- und Wärmeproduktion (33%), der Verkehr (25%), die Kleinverbraucher (19%) und die energiebedingten Emissionen in der Industrie (18%). Stark steigende Tendenz weisen insbesondere die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Verkehr auf (+18% zwischen 1990 und 2000)<sup>20</sup>.

In der EU lagen die CO<sub>2</sub> Emissionen im Jahr 2000 in etwa auf dem Niveau von 1990 (-0,5%). Dies ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, dass die beiden größten Emittenteländern (Deutschland und Großbritannien) Emissionsreduktionen erzielt haben. In Deutschland sanken die CO<sub>2</sub>-Emissionen hauptsächlich in den frühen neunziger Jahren aufgrund von Effizienzsteigerungen in den Wärmekraftwerken und der wirtschaftlichen Umstrukturierung in den fünf neuen Bundesländern. In Großbritannien gingen die CO<sub>2</sub> Emissionen nach der Liberalisierung des Strommarktes signifikant zurück, weil die Kraftwerksbetreiber zunehmend von Kohle auf Gas umgestiegen sind.

In folgender Abbildung sind die CO<sub>2</sub> Emissionen pro Kopf für die EU-Mitgliedsländer sowie für die Beitrittskandidatenländer dargestellt:

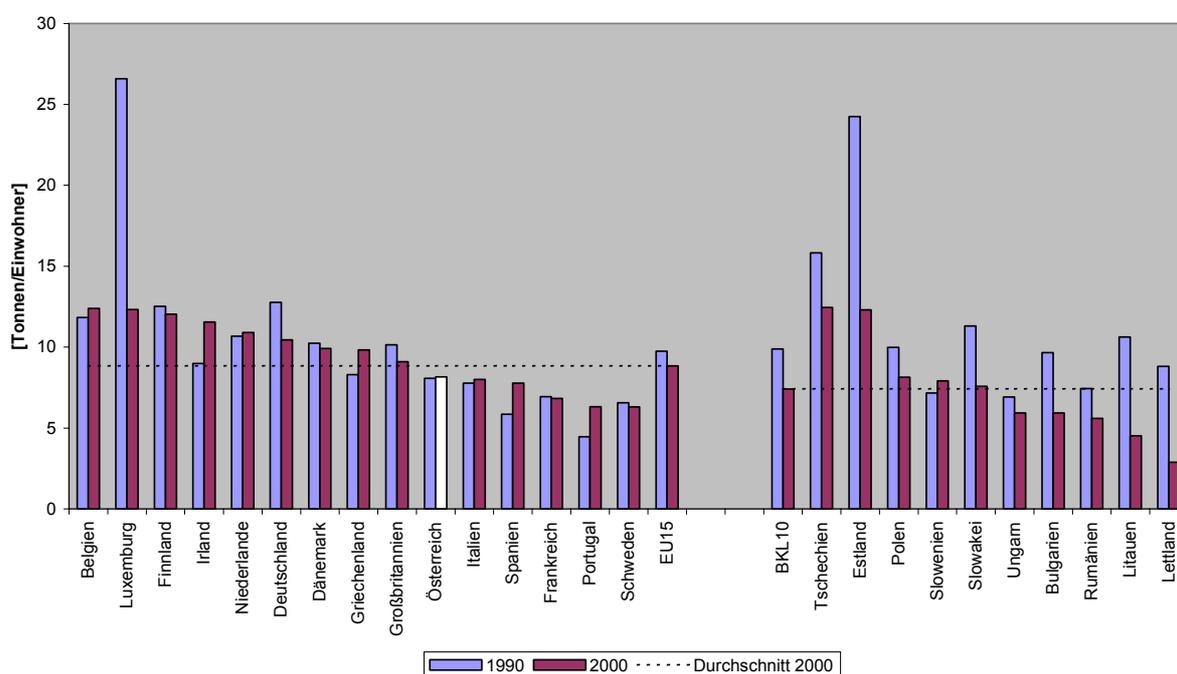


Abbildung 66: CO<sub>2</sub>-Pro-Kopf-Emissionen 1990/2000

Österreichs CO<sub>2</sub> Emissionen pro Kopf liegen leicht unter dem EU-Durchschnitt (Abbildung 66). Zuwächse der Pro-Kopf-Emissionen verzeichneten die Kohäsionsstaaten Griechenland, Irland, Portugal und Spanien, wo sich der wirtschaftliche Aufschwung und die relativ niedrige

<sup>20</sup> Detailliertere Analysen zu Quellen und Ursachen der Treibhausgasemissionen in der EU und den einzelnen Mitgliedsstaaten finden sich in EEA (2002b).

Ausgangsbasis bemerkbar machten. Die niedrigen Pro-Kopf-Emissionen von Schweden und Frankreich sind zum Teil auf den hohen Wasserkraft- bzw. Atomstromanteil zurückzuführen. Luxemburg reduzierte die CO<sub>2</sub> Emissionen hauptsächlich durch höhere Stromimporte und durch reduzierten Koksverbrauch in der Stahlindustrie aufgrund der Umstellung auf Lichtbogenöfen.

Die durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen der Beitrittskandidatenländer liegen etwas unter dem EU-Durchschnitt. Alle Beitrittskandidatenländer mit Ausnahme von Slowenien reduzierten ihre CO<sub>2</sub> Emissionen zum Teil erheblich. Die wichtigsten Gründe für die Emissionsreduktionen waren der wirtschaftliche Einbruch, die Umstrukturierung der Wirtschaft und Effizienzsteigerungen nach dem Fall des eisernen Vorhangs.

### 10.1.2 Methanemissionen (CH<sub>4</sub>)

Die größten Quellen für CH<sub>4</sub> Emissionen in der EU sind die Landwirtschaft (50%), hauptsächlich die enterische Fermentation bei Wiederkäuern (Pansengärung), die Abfallentsorgung (32%), hauptsächlich die Mülldeponierung, und flüchtige Emissionen im Kohlebergbau und im Gasverteilungssystem (14%).

Die CH<sub>4</sub> Emissionen gingen in der EU von 1990 bis 2000 um 20% zurück. Die wesentlichen Ursachen für diesen Rückgang waren sinkende Emissionen von Mülldeponien (aufgrund von geringerer deponierter Menge und/oder vermehrter energetischer Nutzung von Deponiegas), der Rückgang des Kohlebergbaus und sinkende Rinderzahlen.

Österreich hat relativ hohe CH<sub>4</sub> Emissionen pro Kopf, was hauptsächlich an überdurchschnittlich hohen Emissionen aus den Deponien liegt.

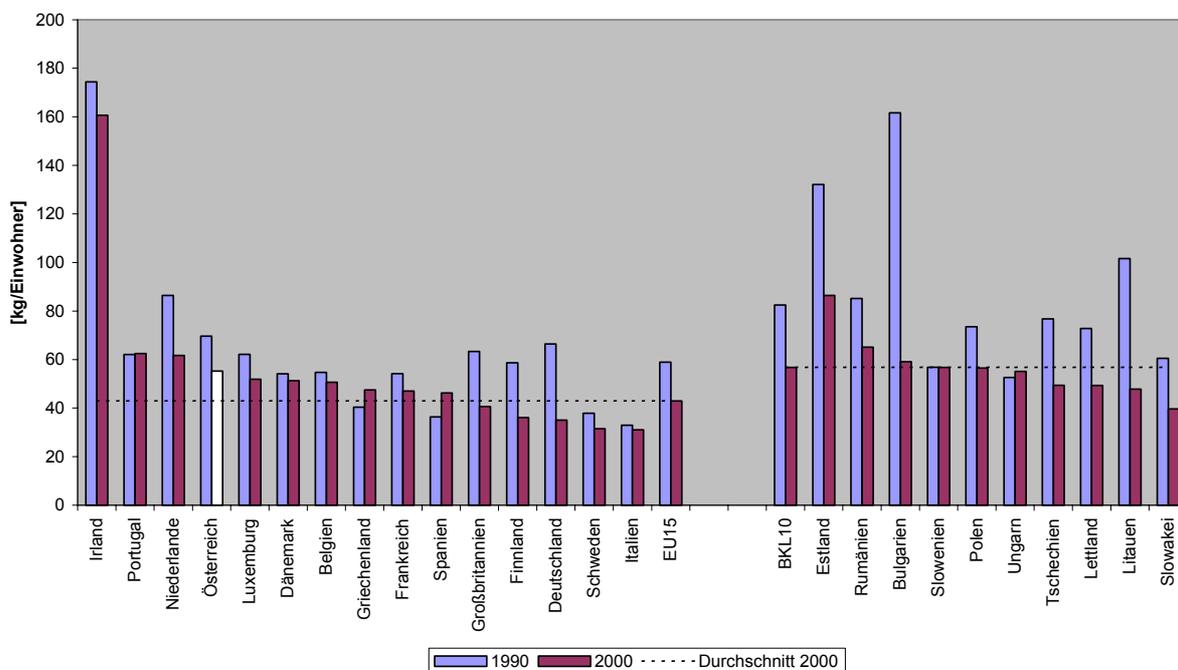


Abbildung 67: CH<sub>4</sub>-Pro-Kopf-Emissionen 1990/2000

Mit wenigen Ausnahmen (Griechenland, Portugal, Spanien) haben alle EU-Länder ihre CH<sub>4</sub> Emissionen pro Kopf reduziert (Abbildung 67). Die hohen Pro-Kopf-Emissionen von Irland sind u.a. Resultat der hohen Anzahl von Rindern und Schafen pro Einwohner. 2000 kamen in Irland auf 1000 Einwohner 1768 Rinder und 1421 Schafe; der EU-Durchschnitt lag bei 219 Rindern und 297 Schafen. Die starken Reduktionen in Deutschland und Großbritannien sind im wesentlichen auf den Rückgang des Kohlebergbaus und Emissionsreduktionen aus den Mülldeponien in diesen Staaten zurückzuführen.

Die durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen der Beitrittskandidatenländer liegen etwas über dem EU-Durchschnitt. Ungarn hatte als einziges Beitrittsland 2000 höhere Pro-Kopf-Emissionen als 1990. Alle andere Beitrittskandidatenländer mit Ausnahme von Slowenien haben ihre Pro-Kopf-Emissionen deutlich reduziert.

### 10.1.3 Lachgasemissionen (N<sub>2</sub>O)

Die wichtigsten Quellen von Lachgas in der EU sind die Landwirtschaft (66%), wo N<sub>2</sub>O Emissionen insbesondere durch den Einsatz von Düngemitteln entstehen, industrielle Prozesse in der chemischen Industrie (14%) und der Verkehr (7%). Die Verkehrsemissionen zeigen aufgrund des vermehrten Einsatzes des Katalysators in benzinbetriebenen PKW einen stark steigenden Trend in den EU-Staaten. Generell ist ein internationaler Vergleich nur eingeschränkt möglich, da eine Reihe methodologischer Unsicherheiten bei der Berechnung von N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Landwirtschaft bestehen und die Staaten unterschiedliche Methoden verwenden.

In folgender Abbildung sind die N<sub>2</sub>O Emissionen pro Kopf für die EU-Mitgliedsländer sowie für die Beitrittskandidatenländer dargestellt:

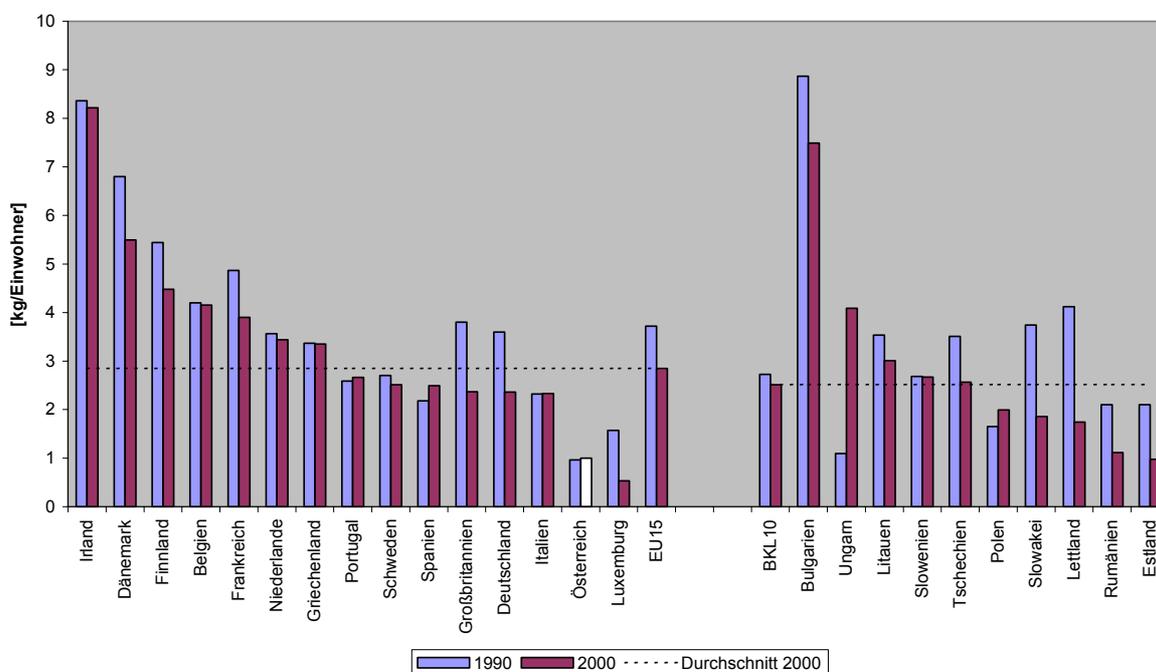


Abbildung 68: N<sub>2</sub>O-Pro-Kopf-Emissionen 1990/2000

Zwischen 1990 und 2000 gingen die N<sub>2</sub>O Emissionen EU-weit um 16% zurück. Hauptgrund dafür waren Emissionsminderungsmaßnahmen in der Adipinsäureproduktion in Deutschland, Frankreich und Großbritannien.

Österreich weist im internationalen Vergleich niedrige Pro-Kopf-Emissionen von N<sub>2</sub>O auf, was sicherlich zum Teil auf die relativ extensiv betriebene Landwirtschaft zurückzuführen ist (Abbildung 68). Die beiden EU-Länder mit den höchsten Nutztierzahlen (Irland und Dänemark) haben auch die höchsten Pro-Kopf-Emissionen in der EU. Deutlich erkennbar sind auch die Emissionsreduktionen in Deutschland, Frankreich und Großbritannien, die zu einem wesentlichen Teil in der Adipinsäureproduktion erfolgten.

Die durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen der Beitrittskandidatenländer liegen leicht unter dem EU-Durchschnitt. Die meisten Länder reduzierten ihre Pro-Kopf-Emissionen, der starke Anstieg von Ungarn ist auf eine inkonsistente Zeitreihe zurückzuführen.

#### **10.1.4 Das Kyotoziel**

Tabelle 5 zeigt die Treibhausgasemissionen der EU-Mitgliedsstaaten und der Beitrittskandidatenländer in Relation zu den Kyotozielen. Österreich hat nach Luxemburg, Dänemark und Deutschland das ambitionierteste Reduktionsziel (-13%). Zusammen mit einer Steigerung der Treibhausgasemissionen um 3% seit 1990 ergibt sich ein Reduktionsbedarf von -15% bis 2010 auf Basis 2000. Dies ist nach Dänemark der höchste Wert<sup>21</sup>. Weitere EU-Staaten mit beträchtlichem Reduktionsbedarf sind Belgien, Irland, Italien, Niederlande und Spanien. Die EU als ganzes muss ihre Treibhausgasemissionen um zumindest weitere 5% reduzieren, um das Kyotoziel zu erreichen.

Von den Beitrittskandidatenländern hat nur Slowenien einen zusätzlichen Emissionsminderungsbedarf.

---

<sup>21</sup> Die notwendige Reduktion für Dänemark (-20 %) muss insofern relativiert werden, als die Dänischen Treibhausgasemissionen von Jahr zu Jahr stark schwanken. Dänemarks Treibhausgasemissionen sind nämlich stark abhängig von den Stromexporten in die skandinavischen Länder. In Jahren mit geringer Stromaufbringung aus Wasserkraft in Norwegen und Schweden exportiert Dänemark Strom aus kalorischen Kraftwerken. In Jahren mit hoher Stromproduktion aus Wasserkraft importiert Dänemark Strom aus den skandinavischen Ländern. Deshalb schwanken auch die notwendigen Reduktionen.

Tabelle 5: : Treibhausgasemissionen der EU-Mitgliedsstaaten und ausgewählter Beitrittskandidatenländer in Relation zu den Kyotozielen

Länder	Emissionen Basisjahr	Emissionen 2000	Ziel 2010	Differenz Basisjahr-2000	Differenz Basisjahr- Ziel 2010	Notwendige Reduktion 2000-2010
	[Tg]	[Tg]	[Tg]	[%]	[%]	[%]
Belgien	143	152	132	6%	-7,5%	-13%
Dänemark	70	69	55	-2%	-21%	-20%
Deutschland	1.225	991	968	-19%	-21%	-2%
Finnland	77	74	77	-4%	0%	4%
Frankreich	552	542	552	-2%	0%	2%
Griechenland	107	130	134	21%	25%	3%
Großbritannien	746	649	652	-13%	-12,5%	1%
Irland	53	66	60	24%	13%	-9%
Italien	523	543	489	4%	-6,5%	-10%
Luxemburg	11	6	8	-45%	-28%	31%
Niederlande	211	217	199	3%	-6%	-8%
<b>Österreich</b>	<b>78</b>	<b>80</b>	<b>68</b>	<b>3%</b>	<b>-13%</b>	<b>-15%</b>
Portugal	65	85	83	30%	27%	-2%
Schweden	71	69	74	-2%	4%	6%
Spanien	289	386	332	34%	15%	-14%
<b>EU15</b>	<b>4.208</b>	<b>4.059</b>	<b>3.871</b>	<b>-4%</b>	<b>-8%</b>	<b>-5%</b>
Bulgarien	157	78	145	-51%	-8%	86%
Estland	43	20	40	-55%	-8%	103%
Lettland	31	11	29	-66%	-8%	170%
Litauen	52	24	47	-54%	-8%	99%
Polen	564	385	530	-32%	-6%	38%
Rumänien	265	164	244	-38%	-8%	49%
Slowakei	73	49	67	-33%	-8%	38%
Slowenien	20	20	18	-1%	-8%	-7%
Tschechien	192	147	177	-24%	-8%	20%
Ungarn	102	84	96	-18%	-6%	14%
<b>BKL10</b>	<b>1.498</b>	<b>979</b>	<b>1.392</b>	<b>-35%</b>	<b>-7,1%</b>	<b>42%</b>

Anmerkungen: Die Treibhausgasemissionen umfassen für die EU-Staaten alle sechs im Kyoto-Protokoll erfassten Gase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, H-FKW, P-FKW und SF<sub>6</sub>) ohne Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft. Für die Beitrittskandidatenländer werden nur die drei Gase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O berücksichtigt. Für folgende Länder wurde nicht das Jahr 2000, sondern das jeweils zuletzt verfügbare Jahr herangezogen: Bulgarien (1999), Litauen (1998), Rumänien (1994), Slowenien (1996).

Für die EU-Staaten sind die Ziele des sogenannten „burden sharing agreement“ angeführt, die in der Ratsentscheidung vom 25. April 2002 über die Ratifikation des Kyoto-Protokolls angeführt sind<sup>22</sup>. Es ist zu beachten, dass es sich auch bei den Zahlen für Österreich um Werte handelt, die 2002 zur Verfügung standen. Sie können von den Zahlen im übrigen Bericht abweichen, da es 2003 zur Aktualisierung der gesamten Zeitreihe gekommen ist.

Quelle: EEA (2002a) und UNFCCC

Ein etwas anderes Bild ergibt sich, wenn man die tatsächlichen Emissionen im Jahr 2000 in Relation zu einem (hypothetischen) linearen Kyotozielpfad 1990-2010 setzt. Der

<sup>22</sup> Entscheidung des Rates vom 25. April 2002 über die Genehmigung des Protokolls von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen im Namen der Europäischen Gemeinschaft sowie die gemeinsame Erfüllung der daraus erwachsenden Verpflichtungen; Abl. L130/1 vom 15.5.2002

Kyotozielpfad ist eine gerade Linie zwischen dem Basisjahr 1990 und dem Zieljahr 2010. Die Annahme eines linearen Zielpfades kann damit begründet werden, dass eine Annäherung an das Kyotoziel in der Realität schrittweise erfolgt. Eine Abweichung vom Kyotozielpfad im Jahr 2000 (dem hypothetischen Plansoll für 2000) kann dann als Gradmesser dafür gesehen werden, ob ein Land 2000 auf Kurs in Richtung Kyotoziel lag oder nicht. Abbildung 4 zeigt, dass die EU im Jahr 2000 leicht über ihrem Kyotozielpfad lag.

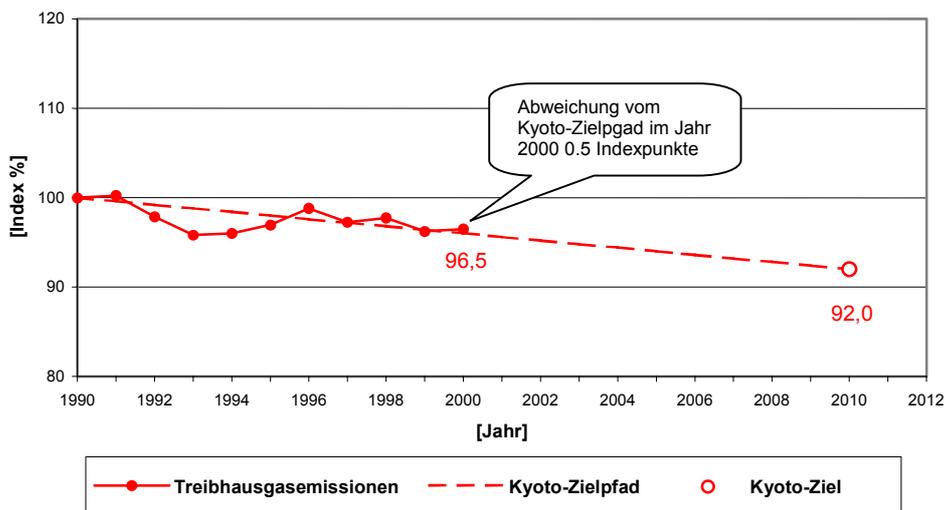
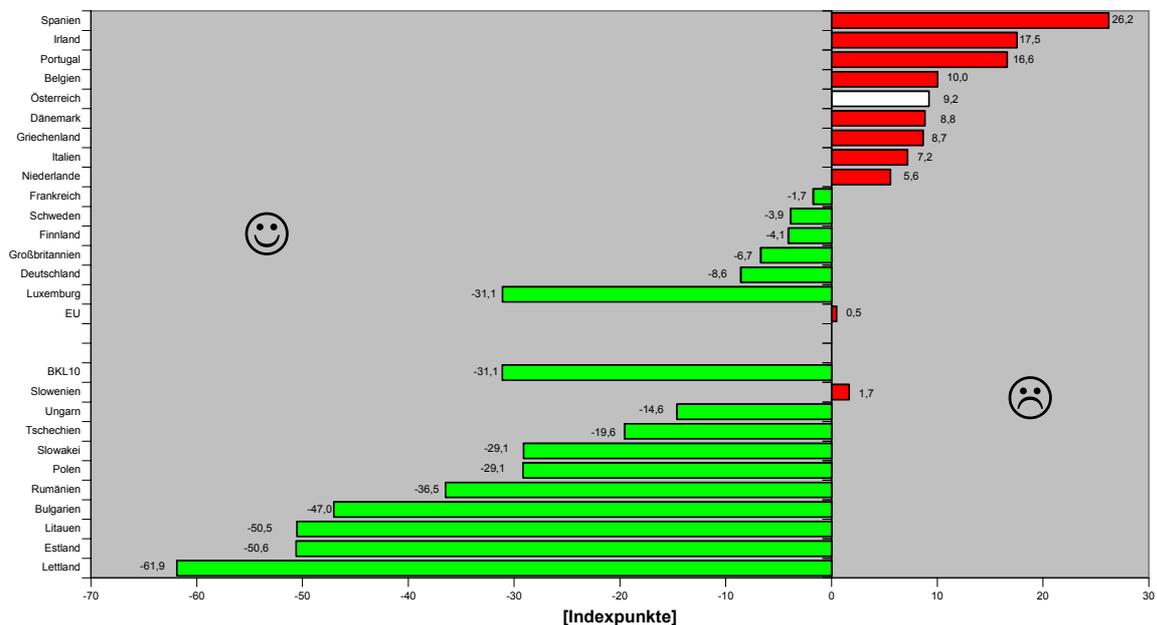


Abbildung 69: Verlauf der Treibhausgasemissionen in Relation zum Kyotoziel für die EU

Abbildung 70 zeigt, dass neun EU-Staaten im Jahr 2000 deutlich über ihrem Plansoll lagen, darunter auch Österreich. Insbesondere die Kohäsionsstaaten Spanien, Irland und Portugal lagen besonders weit vom Kyotozielpfad entfernt. Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Luxemburg und Schweden lagen zum Teil deutlich unter dem Plansoll. Dank der starken Reduktionen in Deutschland und Großbritannien lag auch die EU auf Kyotokurs.

Mit Ausnahme von Slowenien lagen alle Beitrittskandidatenländer deutlich unter ihrem Plansoll.



Anmerkung: Die Abbildung gibt die Abweichungen vom hypothetischen ‚Kyotozielpfad‘ im Jahr 2000 an. Dieser Zielpfad ist eine gerade Linie zwischen dem Basisjahr 1990 und dem Zieljahr 2010 (vgl. Abbildung 4). Es wird deshalb eine gerade Linie angenommen, da eine Annäherung an das Kyotoziel in der Realität schrittweise erfolgt. Mit der Abweichung der tatsächlichen Emissionen vom Zielpfad wird somit ein Maß dafür gegeben, ob sich ein Land im Jahr 2000 auf Kyotokurs befunden hat oder nicht. Für folgende Länder wurde nicht das Jahr 2000, sondern das jeweils zuletzt verfügbare Jahr herangezogen: Bulgarien (1999), Litauen (1998), Rumänien (1994), Slowenien (1996).

Abbildung 70: Abweichungen vom Kyotozielpfad im Jahr 2000 (gesamte Treibhausgasemissionen)

## 10.2 Schwefeldioxidemissionen (SO<sub>2</sub>)

Die wichtigste Quelle der SO<sub>2</sub> Emissionen in der EU ist mit 61% die Strom- und Wärmeproduktion in kalorischen Kraftwerken, gefolgt von der Industrie (22%), dem Kleinverbrauch (7%) und dem Verkehr (5%).

Die Schwefeldioxidemissionen sanken in der EU zwischen 1990 und 2000 um 60%. Die massiven Emissionsreduktionen seit 1990 gehen im wesentlichen auf den Umstieg auf schwefelärmere Brennstoffe (z.B. Kohle auf Gas), den Bau neuer, effizienterer Kraftwerke und den Einsatz von Abgas-Entschwefelungsanlagen zurück.

Abbildung 71 zeigt, dass Österreich die niedrigsten SO<sub>2</sub> Emissionen pro Einwohner in der EU hat. Hier macht sich unter anderem der hohe Wasserkraftanteil bemerkbar, aber auch der hohe Grad an Entschwefelungsanlagen in kalorischen Kraftwerken und der Einsatz von schwefelarmen Brennstoffen. Österreich lag schon 1990 an der Spitze der Pro-Kopf Werte und konnte die SO<sub>2</sub> Emissionen in den 90er Jahren noch einmal halbieren.

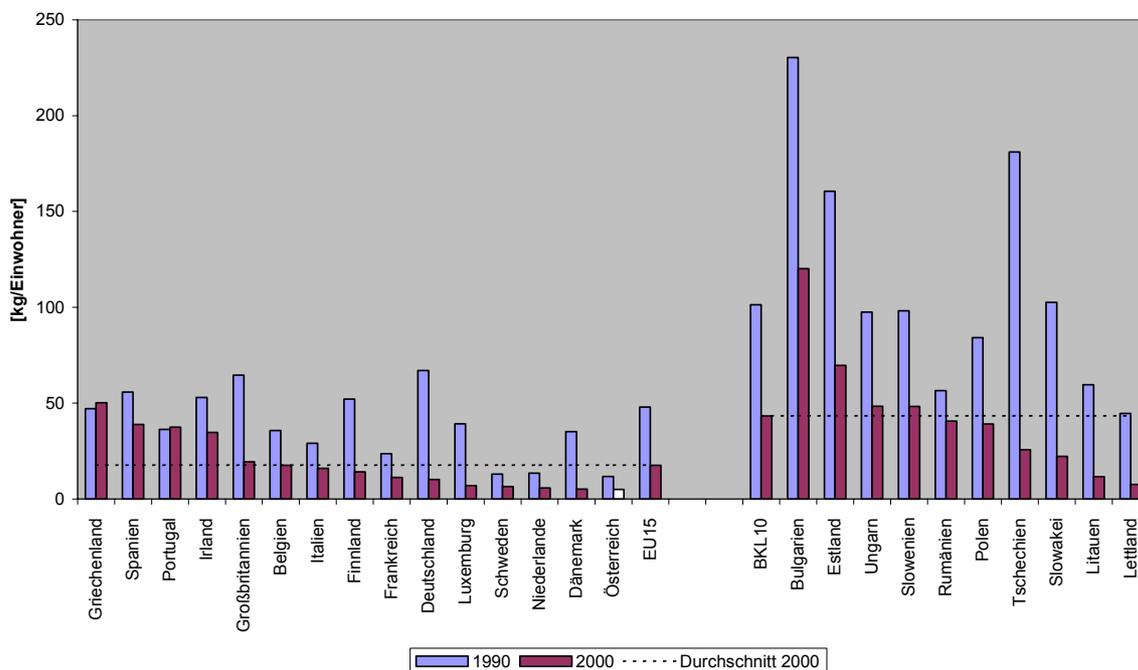


Abbildung 71: SO<sub>2</sub>-Pro-Kopf-Emissionen 1990/2000

In allen EU-Staaten mit Ausnahme von Griechenland und Portugal gelangen Reduktionen der Pro-Kopf-Emissionen in den 90er Jahren. Ein Grund für die hohen Pro-Kopf Emissionen bzw. deren Steigerung in Griechenland und Portugal ist der hohe Anteil von Kohle in der Stromproduktion (Griechenland hat den höchsten Braunkohleanteil an der Stromproduktion in der EU). Die starken Reduktionen in Großbritannien sind zu einem Großteil auf den Umstieg von Kohle auf Gas in der Stromproduktion zurückzuführen. In Deutschland war die Wiedervereinigung und die damit verbundene Umstrukturierung und Effizienzsteigerung in der Stromproduktion und der Industrie ein wesentlicher Grund für die Emissionsreduktionen.

Auffallend ist auch der starke Rückgang der SO<sub>2</sub> Emissionen in den Beitrittskandidatenländern. Spitzenreiter ist die Tschechische Republik, wo die Pro-Kopf-Emissionen 2000 nur mehr ca. ein Siebtel des Wertes von 1990 ausmachten. Auch hier sind die wirtschaftlichen Umstrukturierungen nach dem Fall des Eisernen Vorhangs und Effizienzsteigerungen in der Stromproduktion wesentliche Ursachen. Trotzdem liegen die Pro-Kopf-Emissionen der Beitrittskandidatenländer noch deutlich über dem EU-Durchschnitt.

### SO<sub>2</sub> Ziel 2010

Tabelle 6 zeigt die SO<sub>2</sub> Emissionen der EU-Mitgliedsstaaten und der Beitrittskandidatenländer in Relation zu den Zielen der NEC-Richtlinie (EU-Staaten) und des Göteborg-Protokolls (Beitrittskandidatenländer). Die meisten Staaten haben hohe Reduktionsverpflichtungen, lediglich Griechenland kann seine SO<sub>2</sub> Emissionen zwischen 1990 und 2010 erhöhen. Österreich liegt mit einer Reduktionsverpflichtung von -57% unter dem EU-Durchschnitt (-77%). Nach Emissionsminderungen von 55% zwischen 1990 und 2000 bleibt für Österreich ein Reduktionsbedarf von -4% bis 2010 (auf Basis 2000).

Trotz der bereits erfolgten starken Emissionsreduktionen in der EU sind weitere Emissionsminderungen erforderlich. Die EU als ganzes hat einen 42%igen Reduktionsbedarf auf Basis 2000. Acht EU-Staaten müssen ihre Emissionen zwischen 2000 und 2010 um

mehr als 40% reduzieren (Belgien, Frankreich, Großbritannien, Irland, Italien, Niederlande, Portugal und Spanien). Vier Staaten liegen im Jahr 2000 unter dem Ziel 2010 (Dänemark, Finnland, Luxemburg, Schweden).

Von den Beitrittskandidatenländern liegen die Baltischen Staaten weit unter ihrem Ziel, während Slowenien noch großen Reduktionsbedarf hat.

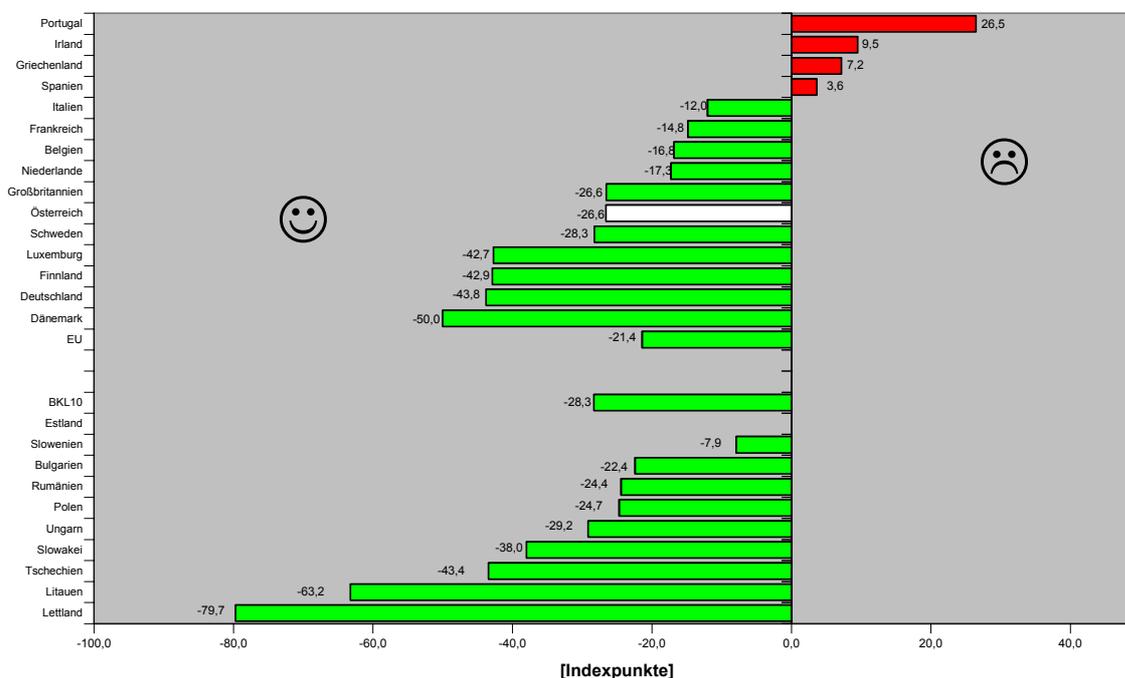
Tabelle 6: SO<sub>2</sub> Emissionen der EU-Mitgliedsstaaten und ausgewählter Beitrittskandidatenländer in Relation zu den landesspezifischen Zielen

Länder	Emissionen 1990	Emissionen 2000	Ziel 2010	Differenz 1990- 2000	Differenz 1990- Ziel 2010	Notwendige Reduktion 2000- 2010
	[Gg]	[Gg]	[Gg]	[%]	[%]	[%]
Belgien	357	181	99	-49%	-72%	-45%
Dänemark	181	27	55	-85%	-70%	100%
Deutschland	5.321	831	520	-84%	-90%	-37%
Finnland	260	74	110	-72%	-58%	50%
Frankreich	1.341	659	375	-51%	-72%	-43%
Griechenland	479	531	523	11%	9%	-2%
Großbritannien	3.721	1.165	585	-69%	-84%	-50%
Irland	186	131	42	-29%	-77%	-68%
Italien	1.651	923	475	-44%	-71%	-49%
Luxemburg	15	3	4	-79%	-73%	29%
Niederlande	202	91	50	-55%	-75%	-45%
<b>Österreich</b>	<b>91</b>	<b>41</b>	<b>39</b>	<b>-55%</b>	<b>-57%</b>	<b>-4%</b>
Portugal	360	375	160	4%	-56%	-57%
Schweden	111	58	67	-48%	-40%	16%
Spanien	2.167	1.535	746	-29%	-66%	-51%
<b>EU15</b>	<b>16.442</b>	<b>6.625</b>	<b>3.850</b>	<b>-60%</b>	<b>-77%</b>	<b>-42%</b>
Bulgarien	2.008	982	856	-51%	-57%	-13%
Estland	252	95	-	-62%	-	-
Lettland	119	18	107	-85%	-10%	492%
Litauen	222	43	145	-81%	-35%	236%
Polen	3.210	1.511	1.397	-53%	-56%	-8%
Rumänien	1.311	912	918	-30%	-30%	1%
Slowakei	542	120	110	-78%	-80%	-8%
Slowenien	196	96	27	-51%	-86%	-72%
Tschechien	1.876	265	283	-86%	-85%	7%
Ungarn	1.010	485	550	-52%	-46%	13%
<b>BKL10</b>	<b>10.746</b>	<b>4.528</b>	<b>4.393</b>	<b>-58%</b>	<b>-59%</b>	<b>-3%</b>

Anmerkungen: Für die EU-Staaten wurden die Ziele der EU-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-Richtlinie) verwendet, für die Beitrittskandidatenländer wurden jene des Göteborg-Protokolls herangezogen. Für folgende Länder wurde nicht das Jahr 2000, sondern das jeweils zuletzt verfügbare Jahr herangezogen: Belgien, Deutschland, Griechenland, Italien (1999); Portugal (1998); Rumänien (1994). Es ist zu beachten, dass es sich auch bei den Zahlen für Österreich um Werte handelt, die 2002 zur Verfügung standen. Sie können von den Zahlen im übrigen Bericht abweichen, da es 2003 zur Aktualisierung der gesamten Zeitreihe gekommen ist.

Quelle: EMEP (2002)

Folgende Abbildung zeigt die Abweichungen der einzelnen EU-Mitgliedsländer sowie der Beitrittskandidatenländer vom SO<sub>2</sub>-Zielpfad 2010 im Jahr 2000:



Anmerkung: Die Abbildung gibt die Abweichungen vom hypothetischen „SO<sub>2</sub>-Zielpfad 2010“ im Jahr 2000 an. Dieser Zielpfad ist eine gerade Linie zwischen dem Basisjahr 1990 und dem Zieljahr 2010 (vgl. Abbildung 4). Es wird deshalb eine gerade Linie angenommen, da eine Annäherung an das Emissionsziel in der Realität schrittweise erfolgt. Mit der Abweichung der tatsächlichen Emissionen vom Zielpfad wird somit ein Maß dafür gegeben, ob sich ein Land im Jahr 2000 auf Zielerreichungskurs befunden hat oder nicht. Für folgende Länder wurde nicht das Jahr 2000, sondern das jeweils zuletzt verfügbare Jahr herangezogen: Belgien, Deutschland, Griechenland, Italien (1999); Portugal (1998); Rumänien (1994).

Abbildung 72: Abweichungen vom SO<sub>2</sub>-Zielpfad 2010 im Jahr 2000

Abbildung 72 zeigt, dass die meisten Länder auf dem Weg zur Einhaltung der Reduktionsverpflichtungen der NEC-Richtlinie sind. Lediglich Portugal, Irland, Griechenland, und Spanien lagen im Jahr 2000 über dem linearen SO<sub>2</sub>-Zielpfad 2010. Die Beitrittskandidatenländer lagen alle unter dem Zielpfad im Jahr 2000.

### 10.3 Stickoxidemissionen (NO<sub>x</sub>)

Hauptverursacher von NO<sub>x</sub> Emissionen in der EU ist der Verkehr mit rund 54%, gefolgt von der Stromproduktion (17%), dem Kleinverbrauch (14%) und der Industrie (13%).

Die Stickoxidemissionen gingen in der EU seit 1990 um 26% zurück. Dies ist hauptsächlich auf die Einführung des Katalysators zurückzuführen, aber auch auf den Einsatz von Entstickungsanlagen und die Einführung der GuD-Anlagen in der Stromproduktion und in der Industrie. Allerdings hat das steigende Verkehrsvolumen die technischen Emissionsminderungen teilweise kompensiert.

Österreich hat nach Deutschland die niedrigsten Pro-Kopf-Emissionen. Gründe hierfür sind der Einsatz von Entstickungsanlagen in der Stromproduktion und in der Industrie und ein vergleichsweise hoher Anteil von Katalysator-Fahrzeugen. Abbildung 73 zeigt, dass die Pro-Kopf-Emissionen in fast allen Staaten zwischen 1990 und 2000 zurückgingen, allerdings ist der Rückgang bei weitem nicht so ausgeprägt wie bei SO<sub>2</sub>. Als einzige Staaten wiesen

Portugal, Griechenland und Spanien Zuwächse der NO<sub>x</sub>-Pro-Kopf-Emissionen auf. Dies ist unter anderem auf den wirtschaftlichen Aufholprozess dieser Länder und den damit verbunden starken Anstieg des Straßenverkehrs zurückzuführen.

Auch die Beitrittskandidatenländer erzielten zum Teil beträchtliche Emissionsminderungen. Die durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen der Beitrittskandidatenländer lagen im Jahr 2000 etwas unter dem EU-Durchschnitt.

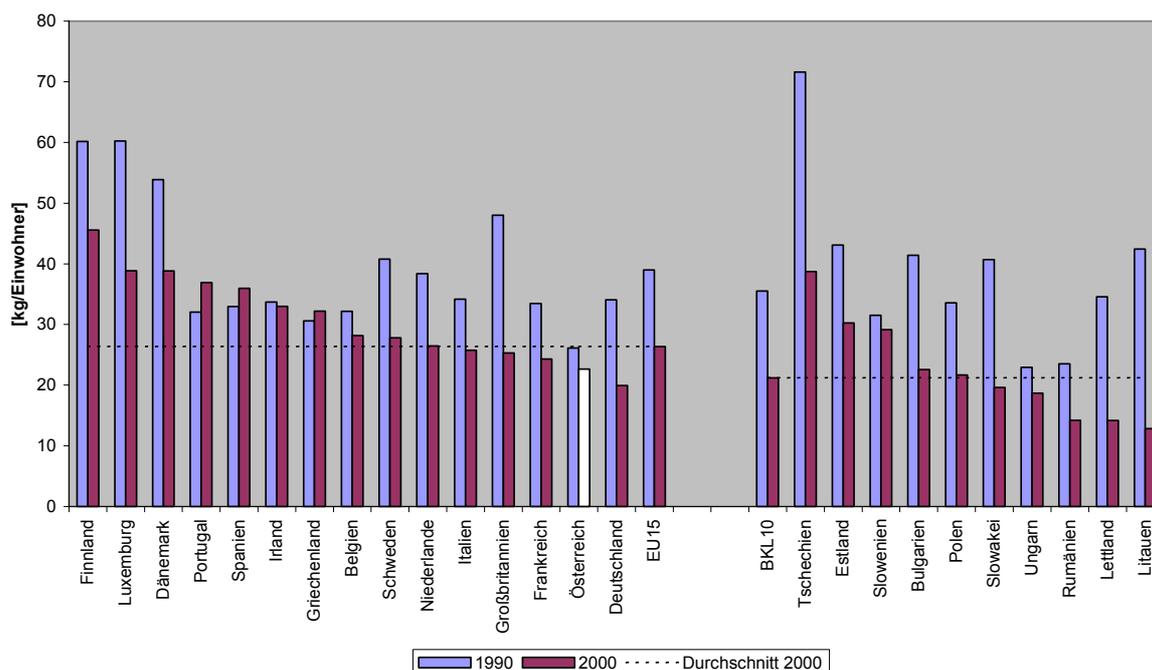


Abbildung 73: NO<sub>x</sub>-Pro-Kopf-Emissionen 1990/2000

### NO<sub>x</sub> Ziel 2010

Tabelle 7 zeigt die NO<sub>x</sub> Emissionen der EU-Mitgliedsstaaten und der Beitrittskandidatenländer in Relation zu den Zielen der NEC-Richtlinie (EU-Staaten) und des Göteborg-Protokolls (Beitrittskandidatenländer). Alle Staaten haben Reduktionsverpflichtungen, lediglich Griechenland kann seine NO<sub>x</sub> Emissionen zwischen 1990 und 2010 erhöhen. Österreich hat mit -49% eine Reduktionsverpflichtung, die leicht unter dem EU-Durchschnitt liegt (-51%). Nach Emissionsminderungen von 9% zwischen 1990 und 2000 bleibt für Österreich noch ein beträchtlicher Reduktionsbedarf bis 2010 (-44% auf Basis 2000).

Auch alle anderen EU-Staaten (mit Ausnahme von Griechenland) müssen zum Teil noch beträchtliche Emissionsminderungen erzielen. Die EU als Ganzes hat noch einen 34%igen Reduktionsbedarf auf Basis 2000.

Die Erreichung des NEC-Ziels wird für viele Staaten schwierig sein, was auch Abbildung 74 zeigt: 2000 lagen elf EU-Staaten (darunter Österreich) über ihrem NO<sub>x</sub>-Zielpfad 2010, wobei Irland, Spanien und Portugal am weitesten vom Zielpfad entfernt waren. Allerdings lag die EU als ganzes dank der Reduktionen in Deutschland und Großbritannien unter ihrem Plansoll.

Mit Ausnahme von Slowenien lagen die Beitrittskandidatenländer deutlich unter dem Zielpfad 2010 im Jahr 2000.

Generell sind NO<sub>x</sub>-Emissionsreduktionen schwieriger zu erreichen als SO<sub>2</sub>-Reduktionen, wo eine relativ geringe Zahl von großen Anlagen für den Großteil der Emissionen verantwortlich ist. Außerdem bringt der Brennstoffwechsel von Kohle zu Gas nur geringere NO<sub>x</sub>-Reduktionen. Schließlich zeigt der Straßenverkehr als die wesentlichste Quelle der NO<sub>x</sub>-Emissionen in fast allen Staaten steigende Tendenz.

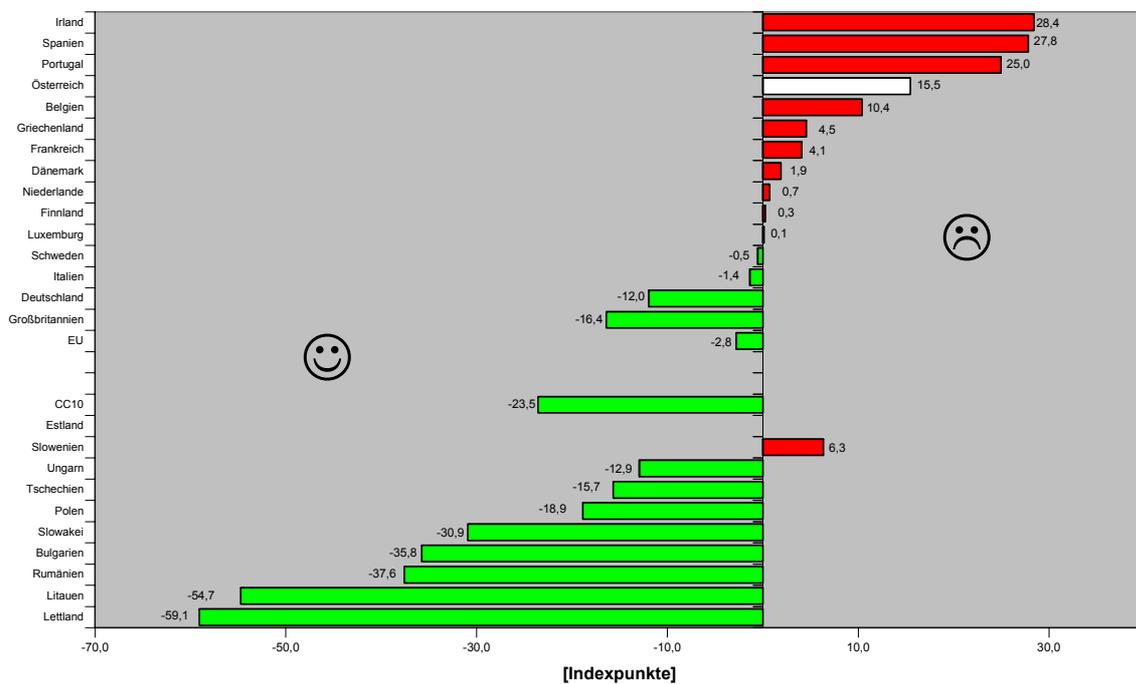
Tabelle 7: NO<sub>x</sub> Emissionen der EU-Mitgliedsstaaten und ausgewählter Beitrittskandidatenländer in Relation zu den landesspezifischen Zielen

Länder	Emissionen 1990	Emissionen 2000	Ziel 2010	Differenz 1990- 2000	Differenz 1990- Ziel 2010	Notwendige Reduktion 2000- 2010
	[Gg]	[Gg]	[Gg]	[%]	[%]	[Gg]
Belgien	321	289	176	-10%	-45%	-39%
Dänemark	277	207	127	-25%	-54%	-39%
Deutschland	2.706	1.637	1.051	-40%	-61%	-36%
Finnland	300	236	170	-21%	-43%	-28%
Frankreich	1.899	1.432	810	-25%	-57%	-43%
Griechenland	311	340	344	9%	11%	1%
Großbritannien	2.763	1.512	1.167	-45%	-58%	-23%
Irland	118	125	65	6%	-45%	-48%
Italien	1.938	1.485	990	-23%	-49%	-33%
Luxemburg	23	17	11	-26%	-52%	-35%
Niederlande	574	421	260	-27%	-55%	-38%
<b>Österreich</b>	<b>202</b>	<b>184</b>	<b>103</b>	<b>-9%</b>	<b>-49%</b>	<b>-44%</b>
Portugal	317	369	250	16%	-21%	-32%
Schweden	349	247	148	-29%	-58%	-40%
Spanien	1.279	1.419	847	11%	-34%	-40%
<b>EU15</b>	<b>13.376</b>	<b>9.920</b>	<b>6.519</b>	<b>-26%</b>	<b>-51%</b>	<b>-34%</b>
Bulgarien	361	184	266	-49%	-26%	44%
Estland	68	41	-	-39%	-	-
Lettland	92	34	84	-64%	-9%	150%
Litauen	158	48	110	-70%	-30%	132%
Polen	1.280	838	879	-35%	-31%	5%
Rumänien	546	319	437	-42%	-20%	37%
Slowakei	215	106	130	-51%	-40%	23%
Slowenien	63	58	45	-8%	-29%	-22%
Tschechien	742	398	286	-46%	-61%	-28%
Ungarn	238	187	198	-21%	-17%	6%
<b>BKL10</b>	<b>3.763</b>	<b>2.213</b>	<b>2.435</b>	<b>-41%</b>	<b>-35%</b>	<b>10%</b>

Anmerkung: Für die EU-Staaten wurden die Ziele der EU-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-Richtlinie) verwendet, für die Beitrittskandidatenländer wurden jene des Göteborg-Protokolls herangezogen. Für folgende Länder wurde nicht das Jahr 2000, sondern das jeweils zuletzt verfügbare Jahr herangezogen: Belgien, Deutschland, Griechenland, Italien (1999); Portugal (1998); Rumänien (1994). Es ist zu beachten, dass es sich auch bei den Zahlen für Österreich um Werte handelt, die 2002 zur Verfügung standen. Sie können von den Zahlen im übrigen Bericht abweichen, da es 2003 zur Aktualisierung der gesamten Zeitreihe gekommen ist.

Quelle: EMEP (2002)

Folgende Abbildung zeigt die Abweichungen der einzelnen EU-Mitgliedsländer sowie der Beitrittskandidatenländer vom NO<sub>x</sub>-Zielpfad 2010 im Jahr 2000:



Anmerkung: Die Abbildung gibt die Abweichungen vom hypothetischen „NO<sub>x</sub>-Zielpfad 2010“ im Jahr 2000 an. Dieser Zielpfad ist eine gerade Linie zwischen dem Basisjahr 1990 und dem Zieljahr 2010 (vgl. Abbildung 4). Es wird deshalb eine gerade Linie angenommen, da eine Annäherung an das Emissionsziel in der Realität schrittweise erfolgt. Mit der Abweichung der tatsächlichen Emissionen vom Zielpfad wird somit ein Maß dafür gegeben, ob sich ein Land im Jahr 1999 auf Zielerreichungskurs befunden hat oder nicht. Für folgende Länder wurde nicht das Jahr 2000, sondern das jeweils zuletzt verfügbare Jahr herangezogen: Belgien, Deutschland, Griechenland, Italien (1999); Portugal (1998); Rumänien (1994).

Abbildung 74: Abweichungen vom NO<sub>x</sub>-Zielpfad 2010 im Jahr 2000

## 10.4 Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC)

Die wichtigsten NMVOC-Quellen auf EU-Ebene sind der Lösemittelverbrauch etwa in Farben, Lacken und Klebstoffen (35%) und der Verkehr (31%). Andere Quellen sind die Industrie (10%), der Kleinverbrauch (9%), flüchtige Emissionen aus dem Transport und der Lagerung von Erdöl (8%) und die Landwirtschaft (4%).

Die Umsetzung des VOC-Protokolls unter dem UNECE Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung und die VOC-Richtlinie der EU haben zu einer Reduktion der NMVOC Emissionen beim Verbrauch von Lösemittel und in industriellen Prozessen geführt. Die Einführung des Katalysators hat zu NMVOC-Reduktionen im Verkehr beigetragen.

In folgender Abbildung sind die NMVOC Emissionen pro Kopf für die EU-Mitgliedsländer sowie für die Beitrittskandidatenländer dargestellt:

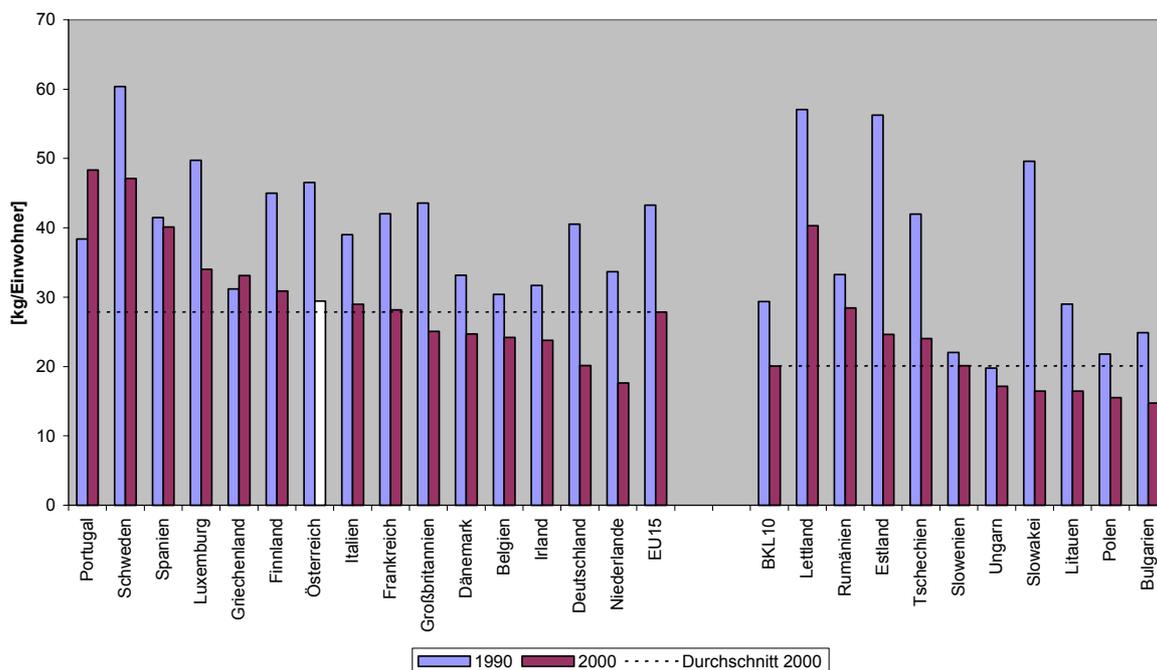


Abbildung 75: NMVOC-Pro-Kopf-Emissionen 1990/2000

Im EU-Durchschnitt gingen zwischen 1990 und 2000 die NMVOC Emissionen um 29% zurück. Mit Ausnahme von Portugal und Griechenland haben sich in allen betrachteten Staaten die Pro-Kopf-Emissionen von NMVOC reduziert (Abbildung 75). Österreichs Emissionen liegen im Mittelfeld, wobei sich bei Österreich überdurchschnittlich hohe NMVOC Emissionen aus dem Kleinverbrauch (veraltete Holzheizungen) bemerkbar machen.

Alle Beitrittskandidatenländer haben ihre Pro-Kopf-Emissionen reduziert. Die durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen der Beitrittskandidatenländer liegen deutlich unter dem EU-Durchschnitt.

### NMVOC Ziel 2010

Tabelle 8 zeigt die NMVOC Emissionen der EU-Mitgliedsstaaten und der Beitrittskandidatenländer in Relation zu den Zielen der NEC-Richtlinie (EU-Staaten) und des Göteborg-Protokolls (Beitrittskandidatenländer). Alle Länder müssen ihre Emissionen bis 2010 unter das Niveau von 1990 senken, wobei die Reduktionsverpflichtungen zwischen -4% (Polen) und -69% (Deutschland) liegen. Österreichs Reduktionsverpflichtung liegt mit -56% genau im EU-Durchschnitt. Nach Emissionsminderungen von 34% zwischen 1990 und 2000 bleibt für Österreich bis 2010 noch immer ein Reduktionsbedarf von -33% bis 2010 auf Basis 2000.

Auch alle anderen EU-Staaten müssen zum Teil noch beträchtliche Emissionsminderungen erzielen (zwischen -19% (Finnland) und -63% (Portugal) auf Basis 2000). Die EU als Ganzes hat einen 38%igen Reduktionsbedarf auf Basis 2000. Die Beitrittskandidatenländer Rumänien, Tschechien und Ungarn haben noch Reduktionsbedarf, während die übrigen Länder ihre Ziele bereits erreicht haben.

Abbildung 76 zeigt, dass Österreich dank erfolgter Reduktionen derzeit auf Kurs in Richtung NMVOC-Ziel 2010 liegt. In Zukunft werden jedoch noch verstärkte Anstrengungen notwendig sein (vgl. Kapitel 4.2). Auch die EU als Ganzes ist unter dem Plansoll für 2000 dank der Reduktionen in Deutschland und Großbritannien. Allerdings lagen im Jahr 2000 acht EU-Staaten über ihrem Sollwert zur Erreichung des NMVOC-Reduktionsziels 2010. Insbesondere Portugal, Spanien und Griechenland haben starken Handlungsbedarf.

Alle Beitrittskandidatenländer mit Ausnahme von Ungarn lagen 2000 deutlich unter dem Plansoll für 2000.

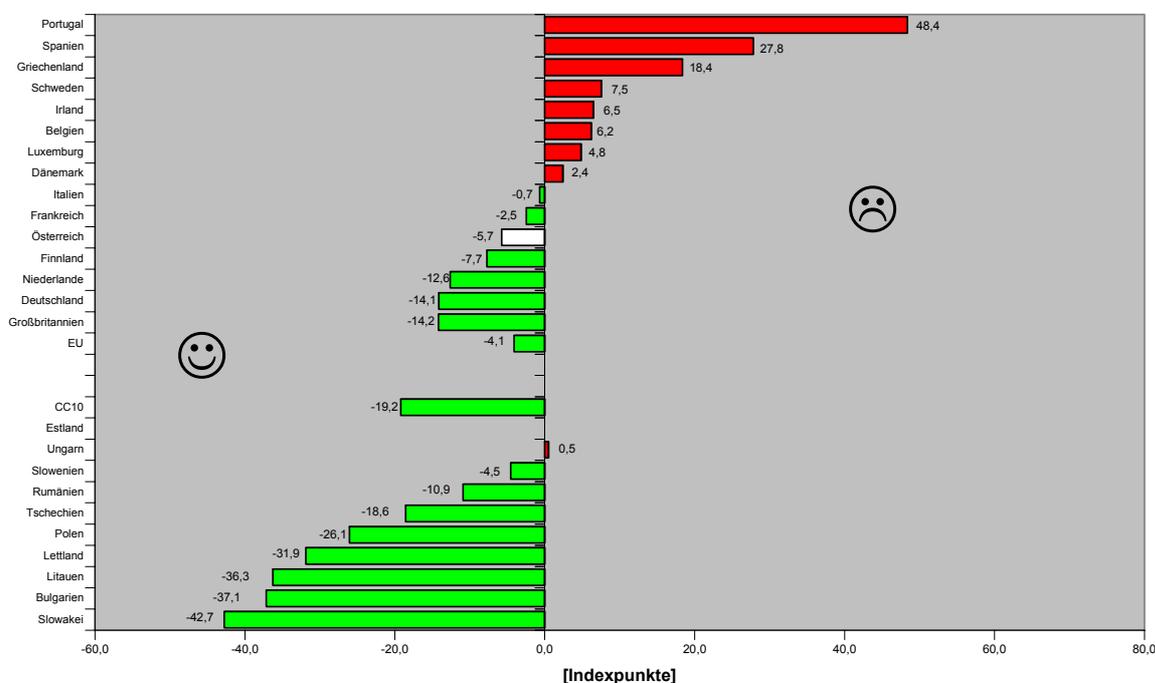
*Tabelle 8: NMVOC Emissionen der EU-Mitgliedsstaaten und ausgewählter Beitrittskandidatenländer in Relation zu den landesspezifischen Zielen*

Länder	Emissionen 1990	Emissionen 2000	Ziel 2010	Differenz 1990- 2000	Differenz 1990- Ziel 2010	Notwendige Reduktion 2000- 2010
	[Gg]	[Gg]	[Gg]	[%]	[%]	[%]
Belgien	303	248	139	-18%	-54%	-44%
Dänemark	171	132	85	-23%	-50%	-36%
Deutschland	3.221	1.653	995	-49%	-69%	-40%
Finnland	224	160	130	-29%	-42%	-19%
Frankreich	2.385	1.659	1.050	-30%	-56%	-37%
Griechenland	317	350	261	10%	-18%	-25%
Großbritannien	2.508	1.498	1.200	-40%	-52%	-20%
Irland	111	90	55	-19%	-50%	-39%
Italien	2.213	1.671	1.159	-24%	-48%	-31%
Luxemburg	19	15	9	-21%	-53%	-40%
Niederlande	504	281	185	-44%	-63%	-34%
<b>Österreich</b>	<b>360</b>	<b>239</b>	<b>159</b>	<b>-34%</b>	<b>-56%</b>	<b>-33%</b>
Portugal	380	484	180	27%	-53%	-63%
Schweden	517	418	241	-19%	-53%	-42%
Spanien	1.610	1.584	662	-2%	-59%	-58%
<b>EU15</b>	<b>14.842</b>	<b>10.481</b>	<b>6.510</b>	<b>-29%</b>	<b>-56%</b>	<b>-38%</b>
Bulgarien	217	120	185	-45%	-15%	54%
Estland	88	34	-	-62%	-	-
Lettland	152	96	136	-37%	-11%	42%
Litauen	108	61	92	-44%	-15%	51%
Polen	831	599	800	-28%	-4%	34%
Rumänien	772	638	523	-17%	-32%	-18%
Slowakei	262	89	140	-66%	-47%	57%
Slowenien	44	40	40	-9%	-9%	0%
Tschechien	435	247	220	-43%	-49%	-11%
Ungarn	205	172	137	-16%	-33%	-20%
<b>BKL10</b>	<b>3.115</b>	<b>2.096</b>	<b>2.273</b>	<b>-33%</b>	<b>-27%</b>	<b>8%</b>

Anmerkung: Für die EU-Staaten wurden die Ziele der EU-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-Richtlinie) verwendet, für die Beitrittskandidatenländer wurden jene des Göteborg-Protokolls herangezogen. Für folgende Länder wurde nicht das Jahr 2000, sondern das jeweils zuletzt verfügbare Jahr herangezogen: Belgien, Deutschland, Griechenland, Italien (1999); Portugal (1998); Rumänien (1994). Es ist zu beachten, dass es sich auch bei den Zahlen für Österreich um Werte handelt, die 2002 zur Verfügung standen. Sie können von den Zahlen im übrigen Bericht abweichen, da es 2003 zur Aktualisierung der gesamten Zeitreihe gekommen ist.

Quelle: EMEP (2002)

Folgende Abbildung zeigt die Abweichungen der einzelnen EU-Mitgliedsländer sowie der Beitrittskandidatenländer vom NMVOC-Zielpfad 2010 im Jahr 2000:



Anmerkung: Die Abbildung gibt die Abweichungen vom hypothetischen „NMVOC-Zielpfad 2010“ im Jahr 2000 an. Dieser Zielpfad ist eine gerade Linie zwischen dem Basisjahr 1990 und dem Zieljahr 2010 (vgl. Abbildung 4). Es wird deshalb eine gerade Linie angenommen, da eine Annäherung an das Emissionsziel in der Realität schrittweise erfolgt. Mit der Abweichung der tatsächlichen Emissionen vom Zielpfad wird somit ein Maß dafür gegeben werden, ob sich ein Land im Jahr 2000 auf Zielerreichungskurs befunden hat oder nicht. Für folgende Länder wurde nicht das Jahr 2000, sondern das jeweils zuletzt verfügbare Jahr herangezogen: Belgien, Deutschland, Griechenland, Italien (1999); Portugal (1998); Rumänien (1994).

Abbildung 76: Abweichungen vom NMVOC-Zielpfad 2010 im Jahr 2000

## 10.5 Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

Mehr als 90% aller Ammoniakemissionen in der EU entstehen in der Landwirtschaft. Im EU-Durchschnitt gingen die NH<sub>3</sub> Emissionen zwischen 1990 und 2000 leicht zurück (-7%). Dies ist vor allem auf niedrigere Rinderzahlen und auf verbessertes Güllemanagement zurückzuführen.

Abbildung 77 zeigt, dass die Pro-Kopf-Emissionen insbesondere in jenen Ländern hoch sind, die stark landwirtschaftlich geprägt sind bzw. wo die Intensivtierhaltung sehr ausgeprägt ist. Beispielsweise existierten in Irland im Jahr 2000 1768 Rinder pro 1000 Einwohner, im EU-Durchschnitt waren es 219 und in Österreich 265. Die Anzahl der Schweine ist in Dänemark mit 2165 pro 1000 Einwohner am höchsten (EU-Durchschnitt: 330; Österreich: 434).

Alle EU-Mitgliedsstaaten mit Ausnahme von Irland, Spanien und Schweden und alle Beitrittskandidatenländer haben ihre Pro-Kopf-Emissionen gesenkt. Die durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen in den Beitrittskandidatenländern liegen leicht unter dem EU-Durchschnitt.

In folgender Abbildung sind die  $\text{NH}_3$  Emissionen pro Kopf für die EU-Mitgliedsländer sowie für die Beitrittskandidatenländer dargestellt:

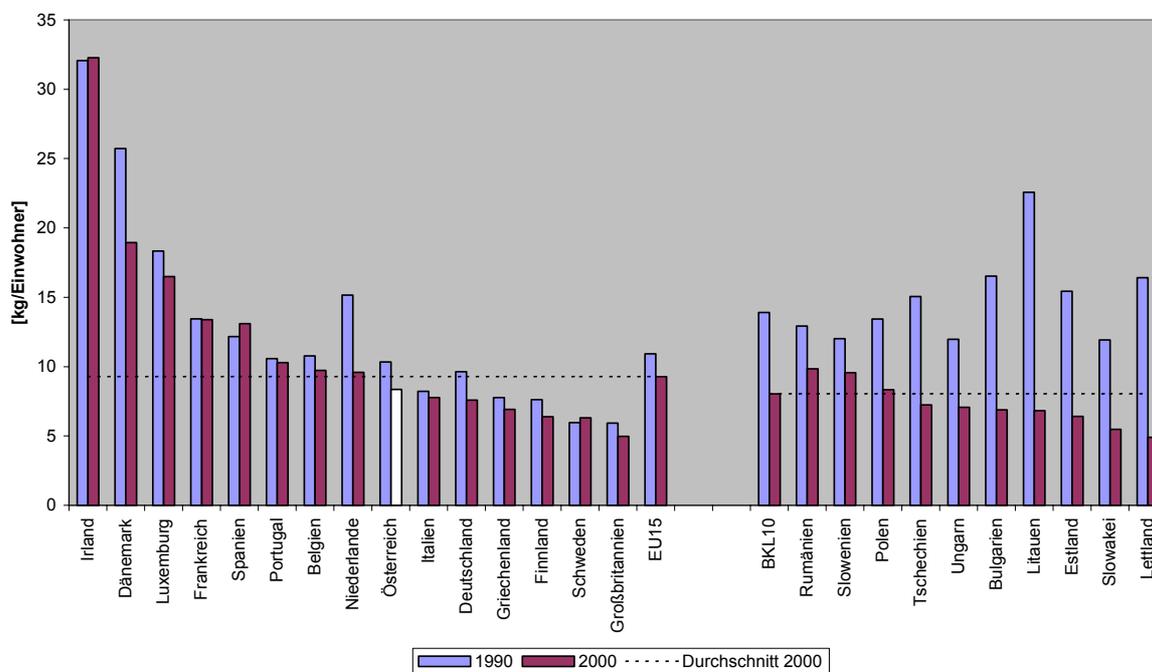


Abbildung 77:  $\text{NH}_3$ -Pro-Kopf-Emissionen 1990/2000

### $\text{NH}_3$ Ziel 2010

Tabelle 9 zeigt die  $\text{NH}_3$  Emissionen der EU-Mitgliedsstaaten und der Beitrittskandidatenländer in Relation zu den Zielen der NEC-Richtlinie (EU-Staaten) und des Göteborg-Protokolls (Beitrittskandidatenländer). Fast alle EU-Staaten müssen ihre  $\text{NH}_3$  Emissionen bis 2010 unter den Wert von 1990 senken; lediglich Luxemburg hat ein Stabilisierungsziel, während Frankreich, Irland und Schweden ihre Emissionen erhöhen dürfen. Die österreichische Reduktionsverpflichtung liegt mit -17% im EU-Durchschnitt. Nach Emissionsminderungen von 15% zwischen 1990 und 2000 muss Österreich seine Emissionen bis 2010 noch um 2% auf Basis 2000 reduzieren.

Auch viele andere EU-Staaten müssen die  $\text{NH}_3$  Emissionen weiter senken. Belgien, Dänemark und Spanien müssen ihre Emissionen bis 2010 um mehr als 20% auf Basis 2000 reduzieren, um das NEC-Ziel zu erreichen. Die EU als Ganzes hat einen 11%igen Reduktionsbedarf auf Basis 2000. Bessere Methoden des Güllemanagements, etwa das Einpflügen von Gülle in die Erde, aber auch weiterhin fallende Nutztierzahlen sollen zur Senkung von  $\text{NH}_3$  Emissionen beitragen. Allerdings kann das Einpflügen von  $\text{NH}_3$  auch unerwünschte Nebenwirkungen haben: in den Niederlanden führte diese Methode zu erhöhten Emissionen des Klimagases  $\text{N}_2\text{O}$ .

Alle Beitrittskandidatenländer außer Rumänien lagen im Jahr 2000 deutlich unter ihrem Zielwert für 2010.

Abbildung 78 zeigt, dass die EU als ganzes im Jahr 2000 leicht unter dem Plansoll des  $\text{NH}_3$ -Zielkurses 2010 lag. Neun EU-Staaten lagen zum Teil deutlich über ihrem Plansoll, wobei Spanien besonders hohen Handlungsbedarf hat. Österreich lag hingegen zusammen mit

sechs weiteren EU-Staaten deutlich unter dem Plansoll für 2000 und damit auf Kurs in Richtung NH<sub>3</sub>-Ziel 2010.

Alle Beitrittskandidatenländer lagen im Jahr 2000 weit unter ihrem Plansoll und damit voll auf Zielerreichungskurs.

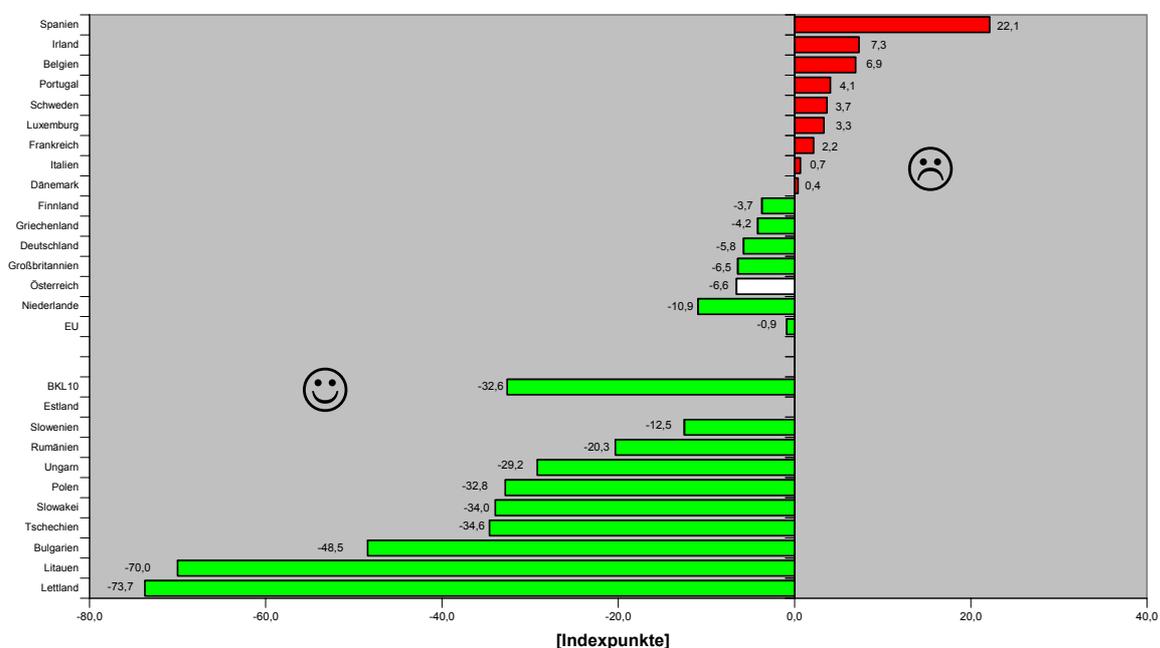
*Tabelle 9: NH<sub>3</sub> Emissionen der EU-Mitgliedsstaaten und ausgewählter Beitrittskandidatenländer in Relation zu den landesspezifischen Zielen*

Länder	Emissionen 1990	Emissionen 2000	Ziel 2010	Differenz 1990-2000	Differenz 1990-Ziel 2010	Notwendige Reduktion 2000-2010
	[Gg]	[Gg]	[Gg]	[%]	[%]	[%]
Belgien	107	100	74	-7%	-31%	-26%
Dänemark	132	101	69	-24%	-48%	-32%
Deutschland	765	624	550	-18%	-28%	-12%
Finnland	38	33	31	-13%	-18%	-6%
Frankreich	763	788	780	3%	2%	-1%
Griechenland	79	73	73	-8%	-8%	0%
Großbritannien	341	297	297	-13%	-13%	0%
Irland	112	122	116	9%	3%	-5%
Italien	466	448	419	-4%	-10%	-6%
Luxemburg	7	7	7	3%	0%	-3%
Niederlande	227	153	128	-33%	-44%	-16%
<b>Österreich</b>	<b>80</b>	<b>68</b>	<b>66</b>	<b>-15%</b>	<b>-17%</b>	<b>-2%</b>
Portugal	105	103	90	-2%	-14%	-13%
Schweden	51	56	57	10%	12%	2%
Spanien	472	517	353	10%	-25%	-32%
<b>EU15</b>	<b>3.745</b>	<b>3.490</b>	<b>3.110</b>	<b>-7%</b>	<b>-17%</b>	<b>-11%</b>
Bulgarien	144	56	108	-61%	-25%	92%
Estland	24	9	-	-64%	-	-
Lettland	44	12	44	-74%	0%	279%
Litauen	84	25	84	-70%	0%	233%
Polen	512	322	468	-37%	-9%	45%
Rumänien	300	221	210	-26%	-30%	-5%
Slowakei	63	30	39	-53%	-38%	32%
Slowenien	24	19	20	-21%	-17%	5%
Tschechien	156	74	101	-52%	-35%	36%
Ungarn	124	71	90	-43%	-27%	27%
<b>BKL10</b>	<b>1.475</b>	<b>839</b>	<b>1.164</b>	<b>-43%</b>	<b>-21%</b>	<b>39%</b>

Anmerkung: Für die EU-Staaten wurden die Ziele der EU-Richtlinie 2001/81/EG über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-Richtlinie) verwendet, für die Beitrittskandidatenländer wurden jene des Göteborg-Protokolls herangezogen. Für folgende Länder wurde nicht das Jahr 2000, sondern das jeweils zuletzt verfügbare Jahr herangezogen: Belgien, Deutschland, Griechenland, Italien (1999); Portugal (1998); Spanien (1996); Rumänien (1994). Es ist zu beachten, dass es sich auch bei den Zahlen für Österreich um Werte handelt, die 2002 zur Verfügung standen. Sie können von den Zahlen im übrigen Bericht abweichen, da es 2003 zur Aktualisierung der gesamten Zeitreihe gekommen ist.

Quelle: EMEP (2002)

Folgende Abbildung zeigt die Abweichungen der einzelnen EU-Mitgliedsländer sowie der Beitrittskandidatenländer vom NH<sub>3</sub>-Zielpfad 2010 im Jahr 2000:



Anmerkung: Die Abbildung gibt die Abweichungen vom hypothetischen „NH<sub>3</sub>-Zielpfad 2010“ im Jahr 2000 an. Dieser Zielpfad ist eine gerade Linie zwischen dem Basisjahr 1990 und dem Zieljahr 2010 (vgl. Abbildung 4). Es wird deshalb eine gerade Linie angenommen, da eine Annäherung an das Emissionsziel in der Realität schrittweise erfolgt. Mit der Abweichung der tatsächlichen Emissionen vom Zielpfad wird somit ein Maß dafür gegeben, ob sich ein Land im Jahr 2000 auf Zielerreichungskurs befunden hat oder nicht. Für folgende Länder wurde nicht das Jahr 2000, sondern das jeweils zuletzt verfügbare Jahr herangezogen: Belgien, Deutschland, Griechenland, Italien (1999); Portugal (1998); Spanien (1996); Rumänien (1994).

Abbildung 78: Abweichungen vom NH<sub>3</sub>-Zielpfad 2010 im Jahr 2000

## 10.6 Kohlenmonoxid (CO)

Der Hauptverursacher für CO Emissionen in der EU ist der Verkehr mit einem Anteil von 58% im Jahr 2000, und hier überwiegend die benzinbetriebenen Fahrzeuge. Der Kleinverbrauch (20%) und die Industrie (17%) sind weitere wichtige Quellen von CO Emissionen. Die CO Emissionen haben sich zwischen 1990 und 2000 in der EU um 36 % reduziert. Wichtige Ursachen für diese Verringerung sind technologische Verbesserungen bei benzinbetriebenen PKW und der Trend zu Dieselfahrzeugen.

In folgender Abbildung sind die CO Emissionen pro Kopf für die EU-Mitgliedsländer sowie für die Beitrittskandidatenländer dargestellt:

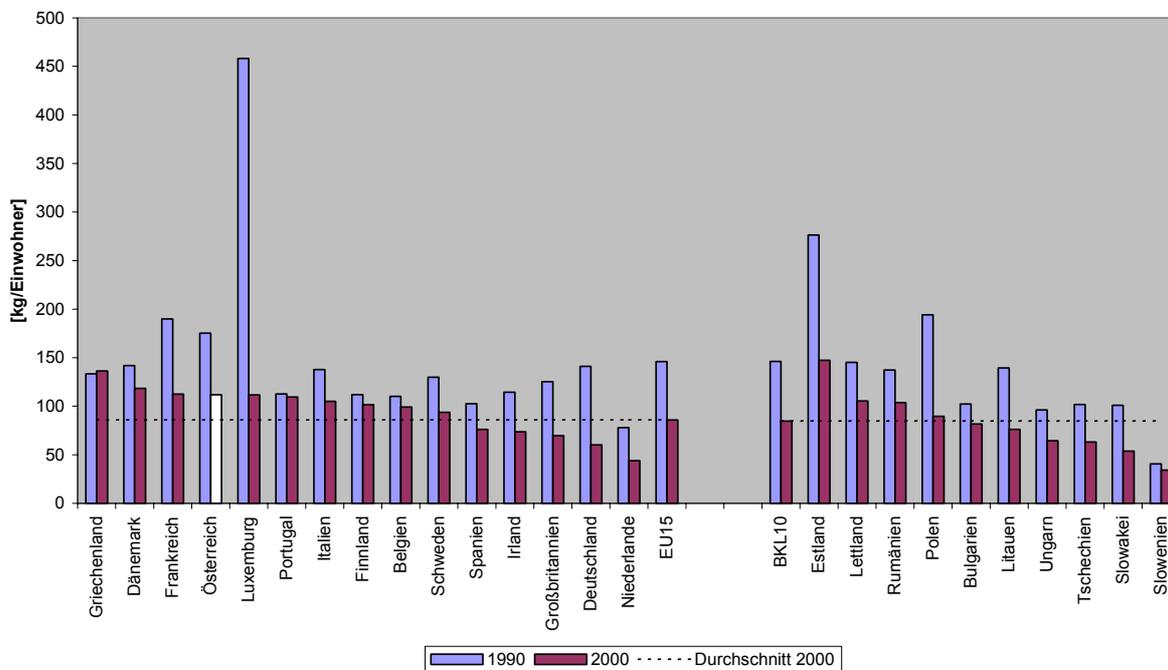


Abbildung 79: CO-Pro-Kopf-Emissionen 1990/2000

Die CO Emissionen pro Kopf haben sich in allen betrachteten Ländern mit Ausnahme von Griechenland reduziert (Abbildung 79). Die starke Reduktion der CO Emissionen in Luxemburg ist zum Großteil auf eine Verfahrensumstellung in der Eisen- und Stahlindustrie zurückzuführen. Ein Grund für die relativ hohen österreichischen Pro-Kopf-Emissionen aus CO ist die relativ weite Verbreitung von veralteten Holzfeuerungen in Haushalten.

Auch die Beitrittskandidatenländer konnten ihre Pro-Kopf-Emissionen deutlich reduzieren. Mit Ausnahme von Estland, Lettland, Rumänien und Polen lagen alle Beitrittskandidatenländer unter dem EU-Schnitt.

Es gibt keine international vereinbarten Emissionsreduktionsziele bzw. Emissionsobergrenzen für CO. Allerdings verlangt die gemäß Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie 96/62/EG erlassene Tochtrichtlinie über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft (Richtlinie 2000/69/EG) von den EU-Staaten Maßnahmen zur Einhaltung bestimmter Immissionsgrenzwerte der CO-Konzentrationen in der Luft.

## 11 LITERATURVERZEICHNIS

AMON, TH. (1998): Reduktionspotentiale für klimarelevante Spurengase durch dezentrale Biomethanisierung in der Landwirtschaft, Schriftenreihe des BMUJF, Band 26/1998, ISBN 3-901 305-97-1, Wien.

EMEP TASK FORCE ON EMISSION INVENTORIES (1999): EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 2<sup>nd</sup> Edition.

EEA (2001a): Annual European Community Greenhouse Gas Inventory 1990-99. Submission to the Secretariat of the UNFCCC. Technical report No. 60. Copenhagen.

EEA (2001b): European Community and Member States greenhouse gas emission trends 1990-1999. Topic report 10/2001. Copenhagen.

EMEP TASK FORCE ON EMISSION INVENTORIES (1999): EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 2<sup>nd</sup> Edition.

EMEP (2001): Emission data reported to UNECE/EMEP: Evaluation of the spatial distribution of emissions. MSC-W Status Report 2001. Meteorological Synthesizing Centre – West. Oslo

HAUSBERGER, ST (1998): GLOBEMI – Globale Modellbildung für Emissions- und Verbrauchsszenarien im Verkehrssektor. Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz. Graz, 1998.

HAUSBERGER, ST. (2003): Emission Functions for Heavy Duty Vehicles. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, BMLFUW und BMVIT. Umweltbundesamt Wien, Bericht BE-223.

HÄUSLER, G. (2000): Emissionen aus Österreichischen Abfalldeponien in den Jahren 1980 bis 1998, IB-623 Umweltbundesamt, Wien.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (1997): Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

ÖSTERREICHISCHE EMISSIONSINVENTUR FÜR DIE SCHWERMETALLE KADMIUM; QUECKSILBER UND BLEI 1995-2000 (2001): Österreichische Emissionsinventur für die Schwermetalle Cadmium, Quecksilber und Blei. C. Hübner, FTU Forschungsgesellschaft, im Auftrag der Umweltbundesamt GmbH, 2001.

ÖSTERREICHISCHE EMISSIONSINVENTUR FÜR STAUB (2001): Österreichische Emissionsinventur für Staub, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. W. Winiwarter; C. Trenker; W. Höflinger, 2001.

UMWELTBUNDESAMT (2003): Kyoto-Fortschrittsbericht Österreich. BE-222. Umweltbundesamt GmbH Wien, Februar 2003.

UMWELTBUNDESAMT (2002): Emissionen Österreichischer Großfeuerungsanlagen 1990-2001. BE-215. Umweltbundesamt GmbH, Wien, Dezember 2002.

UMWELTBUNDESAMT (2001a): Österreichische Emissionsinventur für POPS Zeitreihe 1985-1999. FTU Forschungsgesellschaft. IB-650. Umweltbundesamt, Wien.

UMWELTBUNDESAMT (2001b): Umweltsituation in Österreich – Sechster Umweltkontrollbericht. Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2001.

UMWELTBUNDESAMT (2000): Schwermetallzeitreihe (Cd, Hg, Pb) von 85-99; interne UBA-Berechnung.

WINDSPERGER, A.; MAYR, B.; SCHMIDT-STEJSKAL, H.; ORTHOFER, R. & WINIWARTER; W. (1999): Entwicklung der Schwermetallemissionen.

## ANHANG

## Verursachertabellen

Tabelle 1: CO<sub>2</sub> Emissionen in Millionen Tonnen [Tg]

Verursacher	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	11,55	10,67	10,18	9,82	10,64	10,84	10,46	10,75	9,20	10,06	13,34	14,22	11,10	11,04	11,41	12,58	13,79	13,82	13,02	13,09	12,42	14,58
Kleinverbraucher	15,99	15,31	15,43	14,54	14,62	15,37	15,61	15,97	14,10	13,23	13,64	14,91	14,17	14,08	12,93	14,12	15,53	14,10	14,10	14,14	13,37	14,66
Industrie	22,44	20,70	18,70	18,82	20,00	20,09	18,87	18,53	18,95	19,40	19,85	19,84	18,68	19,56	20,66	21,09	20,81	22,82	21,67	20,89	21,25	20,59
Verkehr	11,34	10,86	10,79	11,14	10,91	11,02	11,33	11,50	12,15	12,56	12,74	14,17	14,11	14,26	14,37	14,45	16,10	15,05	17,14	16,50	17,48	18,89
Landwirtschaft	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sonstige	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,59	0,60	0,58	0,57	0,54	0,45	0,39	0,37	0,37	0,39	0,39	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>61,84</b>	<b>58,06</b>	<b>55,64</b>	<b>54,87</b>	<b>56,73</b>	<b>57,90</b>	<b>56,86</b>	<b>57,34</b>	<b>54,98</b>	<b>55,81</b>	<b>60,11</b>	<b>63,59</b>	<b>58,45</b>	<b>59,31</b>	<b>59,74</b>	<b>62,63</b>	<b>66,63</b>	<b>66,21</b>	<b>66,33</b>	<b>65,02</b>	<b>64,93</b>	<b>69,12</b>
Natur*	-4,45	-11,08	-13,27	-13,53	-9,50	-12,87	-11,15	-12,98	-11,31	-12,49	-9,21	-13,50	-8,66	-8,98	-7,86	-7,25	-5,39	-7,63	-7,63	-7,63	-7,63	-7,63

\*: Hier sind negative Zahlen angeführt, da es sich um Senken handelt. Unter CO<sub>2</sub>-Senken versteht man einen Vorgang, eine Tätigkeit oder einen Mechanismus, durch die ein Treibhausgas, Aerosol oder eine Vorläufersubstanz eines Treibhausgases aus der Atmosphäre entfernt wird. Dies geschieht zum Beispiel beim Aufforsten in der Forstwirtschaft. Die Bäume nehmen dabei beim Wachstum CO<sub>2</sub> auf und können deshalb für die CO<sub>2</sub>-Bilanz als Senke betrachtet werden. Die Quantifizierung und Anrechnung dieses Effektes ist allerdings komplex und wird international noch diskutiert.

Tabelle 2: CH<sub>4</sub> Emissionen in 1000 Tonnen [Gg]

Verursacher	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	3,82	3,65	3,51	3,48	3,86	4,12	3,99	4,18	3,96	4,22	4,67	4,95	4,86	5,10	5,23	5,67	6,04	5,87	6,00	6,11	5,94	6,32
Kleinverbraucher	22,04	23,48	23,84	24,04	25,70	25,96	23,98	23,19	20,48	18,87	18,39	19,89	17,88	17,89	16,14	16,84	17,90	10,69	10,28	10,26	9,63	10,34
Industrie	0,57	0,54	0,52	0,51	0,52	0,57	0,56	0,57	0,64	0,65	0,69	0,72	0,72	0,71	0,75	0,76	0,77	0,82	0,83	0,77	0,78	0,72
Verkehr	3,54	3,49	3,44	3,49	3,43	3,35	3,33	3,34	3,21	3,08	2,87	2,97	2,78	2,63	2,51	2,31	2,10	1,92	1,92	1,73	1,63	1,58
Landwirtschaft	208,26	209,80	211,57	217,50	220,67	219,58	218,26	215,75	211,68	212,51	210,64	207,69	199,70	206,78	206,29	206,18	203,52	201,46	201,52	197,96	195,17	193,38
Sonstige	263,62	264,27	265,15	265,23	265,78	266,01	265,60	265,10	267,34	269,09	270,91	266,25	263,57	259,20	253,28	247,98	243,73	236,81	229,06	226,01	221,82	219,77
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>501,85</b>	<b>505,23</b>	<b>508,02</b>	<b>514,24</b>	<b>519,96</b>	<b>519,68</b>	<b>515,72</b>	<b>512,15</b>	<b>507,31</b>	<b>508,41</b>	<b>508,17</b>	<b>502,46</b>	<b>489,50</b>	<b>491,31</b>	<b>484,21</b>	<b>479,73</b>	<b>474,07</b>	<b>457,57</b>	<b>449,60</b>	<b>442,84</b>	<b>434,97</b>	<b>432,11</b>

Tabelle 3: N<sub>2</sub>O Emissionen in 1000 Tonnen [Gg]

Verursacher	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	0,13	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,12	0,10	0,10	0,14	0,16	0,13	0,14	0,14	0,16	0,15	0,15	0,16	0,16	0,15	0,17
Kleinverbraucher	0,76	0,75	0,77	0,78	0,80	0,84	0,83	0,84	0,83	0,84	0,88	0,94	0,93	0,94	0,92	0,97	1,04	1,03	1,03	1,04	1,01	1,05
Industrie	3,25	3,22	3,23	3,24	3,24	3,27	3,28	3,27	3,32	3,33	3,32	3,39	2,26	3,00	3,11	3,21	3,27	3,27	3,36	3,44	3,54	2,96
Verkehr	0,49	0,46	0,47	0,48	0,48	0,49	0,51	0,52	0,86	1,24	1,57	2,10	2,40	2,66	2,96	3,03	2,97	2,85	3,04	2,83	2,77	2,76
Landwirtschaft	11,34	11,40	11,47	11,58	11,69	11,71	11,70	13,21	11,05	11,93	12,00	13,33	10,38	12,03	13,83	12,32	11,59	12,67	11,75	11,63	11,55	11,42
Sonstige	0,81	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>16,78</b>	<b>16,77</b>	<b>16,86</b>	<b>16,99</b>	<b>17,11</b>	<b>17,21</b>	<b>17,24</b>	<b>18,79</b>	<b>16,97</b>	<b>18,25</b>	<b>18,72</b>	<b>20,75</b>	<b>16,92</b>	<b>19,59</b>	<b>21,78</b>	<b>20,51</b>	<b>19,85</b>	<b>20,79</b>	<b>20,17</b>	<b>19,93</b>	<b>19,85</b>	<b>19,20</b>

Tabelle 4: Zusammensetzung der F-Gase in 1000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten [Gg]

Verursacher	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
HFCs	3,7	5,8	8,5	12,1	16,9	546,1	624,8	718,0	815,6	870,5	1033,2	1033,2
PFCs	963,2	974,3	576,2	48,1	53,6	15,6	14,8	18,3	20,8	25,3	25,2	25,2
SF <sub>6</sub>	517,7	682,9	725,4	822,8	1032,8	1174,7	1246,1	1148,1	954,9	729,9	677,0	677,0
<b>F-Gase gesamt</b>	<b>1484,6</b>	<b>1663,1</b>	<b>1310,1</b>	<b>883,1</b>	<b>1103,3</b>	<b>1736,4</b>	<b>1885,8</b>	<b>1884,3</b>	<b>1791,4</b>	<b>1625,7</b>	<b>1735,4</b>	<b>1735,4</b>

Tabelle 5: F-Gas Emissionen in 1000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten [Gg]

Verursacher	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kleinverbraucher	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industrie	1484,6	1663,1	1310,1	883,1	1103,3	1736,4	1885,8	1884,3	1791,4	1625,7	1735,4	1735,4
Verkehr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Landwirtschaft	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sonstige	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>1484,6</b>	<b>1663,1</b>	<b>1310,1</b>	<b>883,1</b>	<b>1103,3</b>	<b>1736,4</b>	<b>1885,8</b>	<b>1884,3</b>	<b>1791,4</b>	<b>1625,7</b>	<b>1735,4</b>	<b>1735,4</b>

Tabelle 6: Treibhausgasmissionen in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten [Tg]

Verursacher	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	13,49	14,38	11,25	11,19	11,56	12,74	13,97	13,99	13,19	13,27	12,60	14,77
Kleinverbraucher	14,30	15,62	14,83	14,74	13,56	14,78	16,23	14,64	14,64	14,67	13,88	15,20
Industrie	22,37	22,57	20,71	21,39	22,74	23,84	23,72	25,73	24,52	23,60	24,10	23,25
Verkehr	13,28	14,88	14,91	15,14	15,34	15,44	17,07	15,97	18,12	17,41	18,37	19,77
Landwirtschaft	8,14	8,50	7,41	8,07	8,62	8,15	7,87	8,16	7,88	7,76	7,68	7,60
Sonstige	6,49	6,30	6,18	6,05	5,95	5,85	5,76	5,65	5,47	5,41	5,32	5,28
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>78,07</b>	<b>82,24</b>	<b>75,29</b>	<b>76,58</b>	<b>77,77</b>	<b>80,80</b>	<b>84,62</b>	<b>84,15</b>	<b>83,82</b>	<b>82,12</b>	<b>81,95</b>	<b>85,88</b>

Tabelle 7: SO<sub>2</sub> Emissionen in 1000 Tonnen [Gg]

Verursacher	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	109,92	96,65	94,36	67,04	65,43	57,14	43,44	31,10	20,70	21,53	15,50	13,89	10,04	12,18	9,02	10,47	9,02	9,10	7,42	7,68	7,27	7,98
Kleinverbraucher	102,27	92,56	88,24	57,53	52,05	52,44	51,66	51,48	44,15	39,26	32,61	29,21	24,82	22,28	19,52	18,87	19,41	13,27	12,35	11,78	10,51	10,63
Industrie	122,50	106,36	98,06	84,22	75,56	68,95	62,78	54,64	36,41	29,19	26,14	23,58	19,24	17,89	17,32	17,40	19,83	20,74	20,13	16,52	17,33	14,86
Verkehr	8,40	7,55	7,52	7,71	7,33	4,46	4,66	3,52	3,91	4,14	4,37	4,93	5,16	5,51	5,72	5,22	2,85	2,60	3,04	2,95	2,87	3,15
Landwirtschaft	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sonstige	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,21	0,13	0,06	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>343,54</b>	<b>303,58</b>	<b>288,64</b>	<b>216,94</b>	<b>200,82</b>	<b>182,84</b>	<b>162,99</b>	<b>141,19</b>	<b>105,44</b>	<b>94,29</b>	<b>78,68</b>	<b>71,67</b>	<b>59,09</b>	<b>57,91</b>	<b>51,63</b>	<b>52,01</b>	<b>51,16</b>	<b>45,77</b>	<b>42,99</b>	<b>38,99</b>	<b>38,05</b>	<b>36,67</b>

Tabelle 8: NO<sub>x</sub> Emissionen in 1000 Tonnen [Gg]

Verursacher	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	26,49	24,61	24,38	24,99	27,65	28,50	22,97	20,08	15,94	16,36	16,51	14,37	13,88	12,05	11,01	12,30	11,20	11,90	10,66	11,12	11,43	13,04
Kleinverbraucher	32,74	31,15	31,39	30,78	30,97	32,54	33,13	33,47	32,42	32,05	34,17	35,68	34,96	34,82	33,97	36,05	38,52	39,07	39,42	39,80	39,11	40,35
Industrie	64,18	58,49	54,89	53,21	52,64	53,18	48,49	47,17	48,35	47,30	45,98	46,31	45,25	45,28	45,12	43,15	43,22	46,00	44,71	43,02	43,12	39,48
Verkehr	113,89	108,25	107,98	112,41	110,25	111,91	115,23	116,53	115,48	111,59	101,99	107,18	101,71	99,45	94,65	91,26	108,51	92,19	102,97	93,46	97,62	101,46
Landwirtschaft	5,08	5,13	5,16	5,25	5,28	5,28	5,26	5,71	4,97	5,26	5,20	5,60	4,63	5,36	5,86	5,36	5,16	5,52	5,22	5,12	5,08	5,02
Sonstige	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,11	0,07	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>242,57</b>	<b>227,82</b>	<b>223,99</b>	<b>226,82</b>	<b>226,98</b>	<b>231,61</b>	<b>225,28</b>	<b>223,15</b>	<b>217,27</b>	<b>212,63</b>	<b>203,88</b>	<b>209,16</b>	<b>200,46</b>	<b>196,98</b>	<b>190,63</b>	<b>188,15</b>	<b>206,64</b>	<b>194,70</b>	<b>203,00</b>	<b>192,55</b>	<b>196,38</b>	<b>199,40</b>

Tabelle 9: NMVOC Emissionen in 1000 Tonnen [Gg]

Verursacher	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	9,52	8,90	8,26	7,80	7,85	8,17	8,25	8,38	8,25	8,52	9,19	10,11	10,13	10,12	7,59	6,83	5,98	5,45	5,01	4,12	4,18	4,30
Kleinverbraucher	76,34	79,98	81,01	81,67	86,09	86,83	81,37	79,00	71,82	67,47	66,36	70,77	65,22	65,34	60,73	62,67	65,91	44,90	43,54	43,46	41,47	44,18
Industrie	26,71	25,30	24,33	24,03	23,79	22,97	22,04	22,12	22,87	22,93	20,26	21,91	23,53	24,93	25,39	25,12	25,11	25,15	24,69	24,97	24,67	24,38
Verkehr	104,05	102,34	101,07	102,62	101,43	100,17	100,92	101,50	95,30	88,00	79,10	77,72	69,78	63,77	58,18	52,25	47,94	42,08	40,17	35,21	32,18	30,33
Landwirtschaft	4,91	4,84	4,96	4,87	4,93	4,96	4,87	4,90	5,02	4,97	1,94	1,93	1,87	1,84	1,90	1,91	1,89	1,97	1,93	1,97	1,87	1,92
Sonstige	140,43	144,03	147,63	151,23	154,83	158,42	162,42	166,42	169,85	172,65	167,95	140,28	122,63	116,02	116,19	122,35	121,85	130,31	127,15	127,14	127,14	127,14
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>361,96</b>	<b>365,38</b>	<b>367,26</b>	<b>372,21</b>	<b>378,91</b>	<b>381,53</b>	<b>379,88</b>	<b>382,33</b>	<b>373,12</b>	<b>364,54</b>	<b>344,78</b>	<b>322,72</b>	<b>293,17</b>	<b>282,02</b>	<b>269,97</b>	<b>271,13</b>	<b>268,68</b>	<b>249,86</b>	<b>242,49</b>	<b>236,86</b>	<b>231,51</b>	<b>232,25</b>

Tabelle 10: CO Emissionen in 1000 Tonnen [Gg]

Verursacher	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	15,98	15,94	15,83	14,67	15,68	15,46	15,13	20,09	17,26	15,84	5,29	1,59	1,46	1,39	1,49	1,68	1,73	1,81	1,53	2,50	2,70	3,21
Kleinverbraucher	585,09	593,90	608,93	600,73	636,64	645,90	611,07	602,89	546,62	508,52	498,50	535,14	482,06	470,40	431,26	446,04	468,71	419,40	401,71	398,47	372,03	402,93
Industrie	355,74	352,63	349,87	349,05	381,49	390,44	380,46	325,88	334,21	350,90	282,40	254,01	298,92	310,52	324,89	253,69	275,53	284,10	270,73	248,57	239,26	215,40
Verkehr	788,83	739,56	695,26	680,65	645,15	607,39	590,74	580,82	542,92	502,61	431,37	435,56	395,37	364,89	340,21	309,80	286,13	262,48	262,15	240,93	228,38	221,98
Landwirtschaft	30,26	30,26	30,26	30,25	30,25	30,25	30,24	30,24	30,24	30,24	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,74	1,74	1,73	1,73	1,72	1,72	1,72
Sonstige	18,88	18,85	18,84	18,77	18,73	18,67	18,56	18,44	18,53	18,58	18,63	18,25	17,99	17,55	17,16	16,73	16,39	15,85	15,23	14,99	14,65	14,50
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>1794,8</b>	<b>1751,1</b>	<b>1718,8</b>	<b>1694,1</b>	<b>1727,9</b>	<b>1708,1</b>	<b>1646,2</b>	<b>1578,4</b>	<b>1489,8</b>	<b>1426,7</b>	<b>1238,0</b>	<b>1246,3</b>	<b>1197,6</b>	<b>1166,5</b>	<b>1116,8</b>	<b>1029,7</b>	<b>1050,2</b>	<b>985,4</b>	<b>953,1</b>	<b>907,2</b>	<b>858,7</b>	<b>859,7</b>

Tabelle 11: NH<sub>3</sub> Emissionen in 1000 Tonnen [Gg]

Verursacher	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	0,24	0,21	0,20	0,17	0,16	0,16	0,17	0,17	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,25	0,25	0,24	0,26	0,27	0,28	0,26	0,22	0,25
Kleinverbraucher	0,55	0,57	0,58	0,59	0,62	0,66	0,66	0,68	0,62	0,60	0,62	0,69	0,65	0,66	0,61	0,67	0,74	0,68	0,68	0,68	0,63	0,72
Industrie	0,50	0,45	0,43	0,43	0,45	0,47	0,46	0,45	0,49	0,47	0,37	0,37	0,36	0,41	0,37	0,33	0,33	0,38	0,35	0,36	0,33	0,28
Verkehr	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,21	0,25	0,28	0,34	0,37	0,39	0,40	0,39	0,38	0,35	0,37	0,34	0,32	0,32
Landwirtschaft	49,85	50,72	51,01	52,02	52,41	52,10	51,53	52,47	49,86	50,95	50,80	51,82	48,33	54,74	55,89	55,24	53,81	55,18	54,47	53,30	52,20	52,14
Sonstige	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>51,35</b>	<b>52,13</b>	<b>52,41</b>	<b>53,40</b>	<b>53,83</b>	<b>53,67</b>	<b>53,00</b>	<b>53,95</b>	<b>51,33</b>	<b>52,44</b>	<b>52,27</b>	<b>53,41</b>	<b>49,92</b>	<b>56,45</b>	<b>57,53</b>	<b>56,88</b>	<b>55,54</b>	<b>56,86</b>	<b>56,14</b>	<b>54,94</b>	<b>53,72</b>	<b>53,72</b>

Tabelle 12: Cd Emissionen in Tonnen [Mg]

Verursacher	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	1,29	1,11	0,63	0,36	0,36	0,28	0,31	0,40	0,53	0,46	0,36	0,36	0,41	0,45	0,38	0,27	0,35
Kleinverbraucher	1,37	1,30	1,31	1,17	1,11	1,12	1,11	0,94	0,84	0,69	0,65	0,70	0,61	0,59	0,59	0,55	0,60
Industrie	1,84	1,60	1,46	1,39	1,23	1,07	0,98	0,78	0,78	0,68	0,59	0,56	0,64	0,56	0,52	0,51	0,48
Verkehr	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09
Landwirtschaft	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Sonstige	0,14	0,12	0,11	0,08	0,06	0,06	0,05	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>4,89</b>	<b>4,38</b>	<b>3,76</b>	<b>3,25</b>	<b>3,01</b>	<b>2,69</b>	<b>2,50</b>	<b>2,18</b>	<b>2,21</b>	<b>1,90</b>	<b>1,67</b>	<b>1,71</b>	<b>1,73</b>	<b>1,68</b>	<b>1,58</b>	<b>1,43</b>	<b>1,53</b>

Tabelle 13: Hg Emissionen in Tonnen [Mg]

Verursacher	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	1,23	1,05	0,69	0,45	0,43	0,56	0,59	0,54	0,59	0,54	0,46	0,45	0,49	0,48	0,45	0,40	0,43
Kleinverbraucher	0,72	0,69	0,67	0,58	0,51	0,49	0,51	0,43	0,39	0,35	0,35	0,36	0,30	0,28	0,27	0,25	0,25
Industrie	2,26	2,05	1,86	1,71	1,56	1,39	1,24	1,02	0,88	0,71	0,72	0,68	0,73	0,60	0,54	0,49	0,47
Verkehr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Landwirtschaft	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sonstige	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>4,33</b>	<b>3,90</b>	<b>3,33</b>	<b>2,84</b>	<b>2,59</b>	<b>2,50</b>	<b>2,39</b>	<b>2,03</b>	<b>1,89</b>	<b>1,62</b>	<b>1,57</b>	<b>1,52</b>	<b>1,55</b>	<b>1,37</b>	<b>1,27</b>	<b>1,15</b>	<b>1,16</b>

Tabelle 14: Pb Emissionen in Tonnen [Mg]

Verursacher	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	11,64	9,33	4,49	2,06	1,57	1,19	1,24	1,26	1,28	1,09	0,92	1,00	1,12	1,07	0,97	0,93	1,16
Kleinverbraucher	11,29	10,95	10,96	10,23	9,79	9,65	9,59	8,24	7,47	6,31	5,56	5,93	5,31	5,07	5,03	4,67	5,05
Industrie	78,14	66,62	62,08	58,67	51,55	42,15	37,02	26,81	22,85	19,33	11,97	11,08	10,67	9,37	8,65	8,14	7,98
Verkehr	222,82	223,50	222,27	200,80	176,54	151,52	121,76	81,72	54,26	33,74	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Landwirtschaft	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Sonstige	5,87	5,29	4,72	2,62	1,66	1,04	0,80	0,51	0,41	0,29	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>330,89</b>	<b>316,82</b>	<b>305,65</b>	<b>275,50</b>	<b>242,24</b>	<b>205,62</b>	<b>170,47</b>	<b>118,61</b>	<b>86,34</b>	<b>60,83</b>	<b>18,56</b>	<b>18,12</b>	<b>17,20</b>	<b>15,62</b>	<b>14,76</b>	<b>13,85</b>	<b>14,30</b>

Tabelle 15: PAH Emissionen in Tonnen [Mg]

Verursacher	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Kleinverbraucher	10,88	10,21	10,03	9,04	8,52	8,49	9,32	8,40	8,34	7,42	7,86	8,38	7,48	7,01	6,85	6,25	6,89
Industrie	7,99	7,93	8,02	7,60	7,71	7,56	7,31	3,73	0,66	0,73	0,63	1,04	0,63	0,54	0,40	0,34	0,32
Verkehr	0,86	0,88	0,88	0,88	0,85	0,82	0,86	0,83	0,82	0,81	0,82	0,98	0,89	1,04	1,00	1,08	1,19
Landwirtschaft	8,47	8,46	8,46	8,46	8,46	0,49	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Sonstige	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,11	0,07	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>28,35</b>	<b>27,64</b>	<b>27,56</b>	<b>26,14</b>	<b>25,70</b>	<b>17,51</b>	<b>18,13</b>	<b>13,56</b>	<b>10,39</b>	<b>9,51</b>	<b>9,83</b>	<b>10,90</b>	<b>9,50</b>	<b>9,08</b>	<b>8,74</b>	<b>8,16</b>	<b>8,89</b>

Tabelle 16: Emissionen von Dioxinen in g

Verursacher	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	3,00	2,98	3,01	1,07	1,08	0,73	0,76	1,06	0,28	0,30	0,34	0,39	0,41	0,41	0,44	0,46	0,49
Kleinverbraucher	58,36	54,96	54,45	49,24	46,06	45,14	49,25	44,01	42,49	37,73	39,44	41,52	36,52	34,03	33,10	30,13	33,22
Industrie	94,39	95,83	104,10	98,02	92,44	91,12	61,97	26,56	20,98	15,37	16,21	15,34	20,61	19,15	16,37	17,61	17,19
Verkehr	4,78	4,86	4,88	4,47	3,98	3,43	3,30	2,76	2,38	2,05	1,73	1,58	1,29	1,25	1,04	0,96	0,93
Landwirtschaft	6,05	6,05	6,05	6,05	6,05	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35
Sonstige	21,09	22,09	16,13	16,54	16,35	19,25	18,79	0,55	0,24	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>187,67</b>	<b>186,78</b>	<b>188,62</b>	<b>175,38</b>	<b>165,96</b>	<b>160,02</b>	<b>134,42</b>	<b>75,28</b>	<b>66,73</b>	<b>55,89</b>	<b>58,16</b>	<b>59,26</b>	<b>59,27</b>	<b>55,27</b>	<b>51,38</b>	<b>49,69</b>	<b>52,25</b>

Tabelle 17: HCB Emissionen in kg

Verursacher	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	0,30	0,30	0,30	0,16	0,17	0,19	0,21	0,26	0,19	0,20	0,22	0,22	0,23	0,23	0,26	0,27	0,28
Kleinverbraucher	66,89	63,42	63,25	57,59	54,49	54,19	59,35	53,14	51,51	45,77	48,18	51,07	45,08	42,29	41,42	37,63	41,73
Industrie	27,80	28,38	31,24	30,25	28,66	27,17	17,04	6,56	5,00	3,78	3,97	3,76	5,99	5,72	3,86	4,14	4,07
Verkehr	0,96	0,97	0,98	0,89	0,80	0,89	0,66	0,55	0,48	0,41	0,35	0,32	0,26	0,25	0,21	0,19	0,19
Landwirtschaft	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Sonstige	8,82	9,23	9,22	8,92	9,86	9,44	6,66	7,60	6,52	1,27	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	<b>105,97</b>	<b>103,50</b>	<b>106,19</b>	<b>99,03</b>	<b>95,18</b>	<b>91,76</b>	<b>84,00</b>	<b>68,17</b>	<b>63,76</b>	<b>51,50</b>	<b>52,81</b>	<b>55,46</b>	<b>51,65</b>	<b>48,56</b>	<b>45,84</b>	<b>42,32</b>	<b>46,36</b>

Tabelle 18: TSP Emissionen in Gg\*

Verursacher	1990	1995	2000	2001
Energieversorgung	1242	868	1130	1174
Klein-verbraucher	13051	12487	11157	11868
Industrie	30896	32542	34669	34019
Verkehr	11624	13401	15430	16538
Landwirtschaft	16983	16775	15871	15878
Sonstige	166	184	205	205
Gesamt (anthropogen)	73962	76257	78461	79682

Tabelle 19: PM<sub>10</sub> Emissionen in Gg

Verursacher	1990	1995	2000	2001
Energieversorgung	1021	711	960	981
Klein-verbraucher	11956	11496	10330	10964
Industrie	19523	19644	20672	20078
Verkehr	6299	7368	8216	8715
Landwirtschaft	7655	7555	7142	7148
Sonstige	79	87	97	97
Gesamt (anthropogen)	46532	46860	47416	47983

Tabelle 20: PM<sub>2,5</sub> Emissionen in Gg

Verursacher	1990	1995	2000	2001
Energieversorgung	778	539	750	756
Klein-verbraucher	10883	10518	9510	10066
Industrie	10531	10273	10609	10096
Verkehr	4463	5290	5732	6022
Landwirtschaft	898	868	804	808
Sonstige	25	27	30	30
Gesamt (anthropogen)	27577	27514	27435	27779

\* [ein Gg entspricht 1000 Tonnen]

Tabelle 21: Emissionen der Versauerung in 1000 Tonnen Versauerungsäquivalenten [Gg]

Verursacher	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Energieversorgung	4,03	3,57	3,49	2,65	2,66	2,42	1,87	1,42	1,00	1,04	0,85	0,76	0,63	0,66	0,54	0,61	0,54	0,56	0,48	0,50	0,49	0,55
Kleinverbraucher	3,94	3,61	3,48	2,50	2,34	2,39	2,37	2,38	2,12	1,96	1,80	1,73	1,57	1,49	1,38	1,41	1,49	1,30	1,28	1,27	1,22	1,25
Industrie	5,26	4,62	4,29	3,82	3,53	3,32	3,04	2,76	2,22	1,97	1,84	1,76	1,60	1,57	1,54	1,50	1,58	1,67	1,62	1,47	1,50	1,34
Verkehr	2,75	2,60	2,59	2,69	2,63	2,58	2,66	2,65	2,64	2,57	2,37	2,50	2,39	2,35	2,26	2,17	2,47	2,10	2,35	2,14	2,23	2,32
Landwirtschaft	3,04	3,09	3,11	3,17	3,20	3,18	3,15	3,21	3,04	3,11	3,10	3,17	2,94	3,34	3,41	3,36	3,28	3,36	3,32	3,25	3,18	3,17
Sonstige	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Gesamt (anthropogen)</b>	19,04	17,51	16,98	14,85	14,38	13,90	13,11	12,43	11,03	10,65	9,96	9,92	9,13	9,41	9,14	9,06	9,35	9,00	9,05	8,63	8,61	8,63