

Umweltsignale 2000

Europäische Umweltagentur
Regelmäßiger Indikatorbericht

European Environment Agency



Inhalt

Vorwort	5
1. Einführung	5
2. Einbeziehung der Umweltbelange in die sektorbezogenen Politiken.....	11
3. Energieverbrauch.....	14
4. Der Energiesektor.....	21
5. Verkehr	26
6. Landwirtschaft	32
7. Industrie	41
8. Klimaveränderung.....	47
9. Ozonabbau in der Stratosphäre.....	62
10. Luftverschmutzung	70
11. Abfall	85
12. Wassermenge	92
13. Eutrophierung.....	99
14. Feuchtgebiete	109
15. Umweltsteuern	116
16. Entwicklungen bei den Indikatoren: Gesamter RohstoffverbrauchTMR.....	120

Vorwort

Die erste Ausgabe der "Umweltsignale" markiert den Beginn eines neuen Abschnitts in der Umweltberichterstattung der Europäischen Umweltagentur für politische Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit. Bei den vorhergehenden Berichten wie "Die Umwelt in Europa: Der zweite Lagebericht" und "Umwelt in der Europäischen Union - an der Wende des Jahrhunderts" handelt es sich um umfassende Dokumente mit detaillierten Informationen, die der Unterstützung bei der Entwicklung strategischer, langfristiger Umweltpolitiken dienen und allgemeine öffentliche Informationen bereitstellen sollten. Die EUA wird diese umfassenden Berichte über Umweltzustand und -perspektiven fortführen, die nächste Ausgabe ist für 2003/2004 vorgesehen. In der Zwischenzeit wird die EUA regelmäßige indikatorgestützte Berichte herausgeben, die wir "Umweltsignale" genannt haben.

Warum "Umweltsignale"? Die indikatorgestützten Bewertungen, die in dieser jährlichen Reihe vorgenommen werden, werden Signale über den Fortschritt bei der Umsetzung von Umweltpolitiken und deren Einbeziehung in andere (mit jährlichen wirtschaftlichen und sozialen Fortschrittsindikatoren verbundene) Politiken liefern. Die Signale werden sowohl positiver als auch negativer Natur sein – sie geben Fortschritt in Richtung oder entgegen der Zielsetzungen der aktuellen Umweltpolitiken wieder.

Auch wenn es mir lieber gewesen wäre, so enthält dieser Bericht nicht nur positive Signale. Es werden auch negative Trends ersichtlich: bei der zunehmenden Abfallerzeugung, beim Energieverbrauch und bei der Intensität des Pestizideinsatzes. Darüber hinaus entwickeln sich einige Indikatoren zwar in eine positive Richtung, aber zu langsam, um die politischen Ziele vor der vereinbarten Frist zu erreichen (z.B. Treibhausgasemissionen und Luftqualität) oder größeren Schaden in der Umwelt zu verhindern (z.B. Wasserentnahme).

Meiner Ansicht nach sind diese negativen Trends der langsamen Einbeziehung von Umweltbelangen in die sektorbezogenen Politiken zuzuschreiben. Die aktuellen Entwicklungen in einigen Sektoren – insbesondere Verkehr, Tourismus und Landwirtschaft – entsprechen nicht den Umwelanforderungen des jeweiligen Sektors, beispielsweise was den Landschaftsverbrauch und die räumliche Entwicklung betrifft. Aus diesem Grunde können sie sich nicht nachhaltiger entwickeln.

Die beim Einbeziehungsprozeß entstehenden Schwierigkeiten zeigen einen Mangel an Bezugsgrößen und Orientierungshilfen hinsichtlich der grundlegenden Fragen in bezug auf eine nachhaltige Entwicklung. Was erwarten wir von den Verkehrspolitikern: bessere Verkehrsmittel oder bessere Zugänglichkeit von Arbeitsplatz, Schulen, Geschäften, Verwandten und Freunden? Was erwarten wir vom Landwirtschaftssektor: mehr oder bessere Nahrungsmittel, Schutz der natürlichen Ressourcen und Erbringung von Dienstleistungen (Wasser, Landschaften, Freizeit usw.)? Und was erwarten wir vom Energiesektor: mehr Energie oder Verbesserungen in der Lebensqualität durch eine bessere Gestaltung von Gebäuden und Einrichtungen, Raumplanung und erneuerbare Energien? Diese Fragen berühren nicht nur die betroffenen Sektoren, sie sind auch mit der Rolle eines jeden Europäers als Verbraucher verflochten. Was erwarten wir von unserer Zukunft? Erwarten wir wirtschaftliche Entwicklung auf Kosten des Naturerbes oder eine bessere Lebensqualität für uns und die nachfolgenden Generationen durch effiziente und nachhaltige Verwendung der natürlichen Ressourcen?

Wie im Amsterdamer Vertrag festgelegt hat die EU bereits beschlossen, eine bessere Umwelt und eine nachhaltige Entwicklung anzustreben. Das von Margot Wallström (für die Umwelt zuständiges EU-Kommissionsmitglied) angekündigte sechste Umweltaktionsprogramm sowie nationale Beiträge zum Rio+10-Prozeß und vor allem

die Mitwirkung zahlreicher Bürger an diesen Prozessen sollten den Weg in das neue Jahrhundert weisen.

*Jährliche Berichte der EUA zu "Umweltsignalen" – gemeinsam mit der vom Europäischen Rat geforderten Entwicklung und Anwendung von sektorspezifischen Indikatoren (für Verkehr, Energie, Landwirtschaft usw.) – sollten uns über unsere Fortschritte Aufschluß geben. Sie sollten uns außerdem Trends und Perspektiven aufzeigen. Mit Hilfe der Indikatorentwicklung werden wir in der Lage sein, nicht nur die schlimmsten Fälle zu ermitteln ("Namen nennen und anprangern"), sondern auch bewährte Praktiken und Erfolgsbeispiele ("Namen nennen und belohnen") für spezifische Themenbereiche. Es sollte auch möglich sein herauszufinden, was auf sektorieller, nationaler, regionaler und lokaler Ebene geschieht. Die Indikatoren sollten ferner einen proaktiven Ansatz fördern, indem es den Sektoren, Ländern, Regionen, Gemeinden und Unternehmen ermöglicht wird, in einen **Wettbewerb** um herausragendes Umweltverhalten, eine bessere Lebensqualität und eine nachhaltigere Wirtschaftstätigkeit zu treten.*

Wir sollten auf diese Herausforderung vorbereitet sein. Es wird nicht leicht sein: Um ausreichende und zuverlässige Daten zu gewährleisten und Trends und Perspektiven aufzeigen zu können, muß unser Informationssystem gestärkt werden. Die Vorteile sind jedoch enorm. Ich hoffe, die Indikatoren in diesem Bericht stellen einen nützlichen ersten Schritt auf diesem Weg dar.

*Domingo Jiménez-Beltrán
Exekutivdirektor*

November 1999

1. Einführung

Der Beginn einer Reihe

Dieser Bericht ist der erste in einer Reihe von regelmäßigen, indikatorgestützten Berichten der Europäischen Umweltagentur für hochrangige politische Entscheidungsträger in den Mitgliedsländern der Europäischen Umweltagentur und der Europäischen Union. Anhand von Umweltindikatoren sollen die in einer Reihe von Politikfeldern erzielten Fortschritte dargestellt werden. Der Bericht soll auch eine erste Bewertung der Gründe liefern, denen das Ausmaß der Fortschritte in den wichtigsten Bereichen zuzuschreiben ist.

Ein weiteres wichtiges Ziel dieses Berichts besteht darin, Fragen anzureißen, wie beispielsweise die folgenden: Wie kommt es, daß in Land X in einem bestimmten Bereich so große Erfolge erzielt wurden? Und warum haben die auf Problem Y gerichteten Maßnahmen bisher noch keine Ergebnisse gebracht?

Aufgrund seines begrenzten Umfangs kann der Bericht nicht alle Informationen liefern, die zur Beantwortung dieser Fragen erforderlich wären. Hintergrundinformationen zu den Umweltproblemen in Europa können den jüngsten Berichten der EUA zum Zustand der Umwelt (EUA, 1998; EUA, 1999a) entnommen werden. Außerdem bietet die Website der EUA (<http://www.eea.eu.int>) ein Portal zu detaillierten Umweltinformationen auf europäischer, EU- und nationaler Ebene. Auf dieser Website können die meisten statistischen Zahlen, auf denen die Indikatoren in diesem Bericht beruhen, eingesehen werden, wodurch die Benutzer ihre eigene Fassung der Indikatoren erstellen können. Ein Verzeichnis der Ziele der aktuellen Umweltpolitik und der Referenzwerte für eine nachhaltige Entwicklung (STAR-Datenbank) bietet zusätzliche Informationen über einzelstaatliche und grenzübergreifende Ziele der Umweltpolitik.

Dieser Bericht behandelt ausgewählte Umweltprobleme, die derzeit im Mittelpunkt der politischen Diskussion stehen und für die aktuelle Daten vorliegen. Einige weitere Fragestellungen, wie die Bewirtschaftung von Küstengebieten und Böden, werden in den nächsten Ausgaben hinzu kommen, und einige in der vorliegenden Ausgabe behandelte Themen werden künftig möglicherweise nicht so häufig aufgegriffen werden. So wird beispielsweise das Thema Feuchtgebiete unter den Gesichtspunkten des Naturschutzes und der biologischen Vielfalt möglicherweise erst in drei oder vier Jahren wieder aufgegriffen werden, während der Zustand anderer Lebensräume vielleicht in der Zwischenzeit behandelt wird. In jeder Ausgabe werden im Rahmen der Themen Abfall, Wasserbelastung und Umweltsteuern ausgewählte Unterthemen behandelt. Am Ende jedes Kapitels wird ein Überblick über die geplanten Themen gegeben.

Manche Indikatoren werden möglicherweise seltener aufgegriffen, andere kommen vielleicht gar nicht mehr vor, weil sie Zwischenprodukte auf dem Weg zur Entwicklung stabilerer Indikatoren sind. Einige Indikatoren in diesem Bericht, wie beispielsweise die im Kapitel über Feuchtgebiete aufgeführten, werden derzeit erst entwickelt. Andere wurden international vereinbart und sind im Prinzip stabil. Doch können in manchen Fällen aufgrund von Datenproblemen nur das erste Jahr oder eine erste "Generation" des Indikators benutzt werden; die Kapitel über Abfall, Wasserbelastung und Eutrophierung enthalten einige solcher Indikatoren. Eine letzte Gruppe von Indikatoren kann als stabil bezeichnet werden: Für sie liegen Zeitreihen vor. Diese Indikatoren beziehen sich auf konkrete Zielvorgaben und zeichnen ein deutliches Bild der erzielten Fortschritte und der noch bestehenden Mängel - kurz gesagt: sie entsprechen den

OECD-Kriterien für geeignete Umweltindikatoren. Die Indikatoren in den Kapiteln über Luftverschmutzung und Klimaveränderung gehören zu dieser Kategorie.

Die EUA zögert aber dennoch, die vorgestellte Zusammenstellung von Indikatoren (oder auch nur die Untergruppe der stabilen Indikatoren) als "EUA-Umweltindikatoren" zu bezeichnen. Obwohl für eine kohärente Berichterstattung über den Zustand der Umwelt in Europa einvernehmlich festgelegte Indikatoren benötigt werden, vertritt die EUA den Standpunkt, daß für jeden Bericht die jeweils geeigneten Indikatoren ausgewählt und vorgestellt werden sollten. In den kommenden Jahren werden die EUA und ihre Themenzentren für jedes Umweltthema, mit dem sich die EUA befaßt, jeweils ein Paket von Indikatoren veröffentlichen. Bei der Auswahl dieser Indikatoren wird man sich um Einigkeit und in der Folge um Stabilisierung der erarbeiteten Indikatoren bemühen.

1.1. Auswahl und Darstellung der Indikatoren

Der Auswahl der Indikatoren für diesen Bericht wurden zwei Hauptkriterien zugrunde gelegt: sie mußten für die meisten Mitgliedsländer der EUA politisch relevant sein, und es mußten geeignete Daten von ausreichend vielen Mitgliedsländern vorliegen.

Obwohl für die Indikatoren und ihre Analyse der *Rahmenansatz für die Analyse der Umweltproblematik (DPSIR)* – siehe Abbildung 1.1) zugrunde gelegt wurde, wurde nicht versucht, Indikatoren für jede einzelne DPSIR-Kategorie vorzulegen. Da die meisten politischen Maßnahmen auf die Verursacher (**D**riving forces) und die Belastungen (**P**ressures) in der Kausalkette gerichtet sind, beziehen sich die für die Umweltpolitik relevantesten Indikatoren auch auf die Entwicklung bei diesen beiden Kategorien. Einige Indikatoren wurden in diesen Bericht aufgenommen, weil das jeweilige Thema im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses steht (wie z.B. die Zunahme der UV-Strahlung durch den Abbau der Ozonschicht) oder weil im jeweiligen Bereich Qualitätsziele bestehen (z.B. bei der Luftverschmutzung oder dem weltweiten Temperaturanstieg). Indikatoren zu den Maßnahmen sind wegen Datenmangels schwer zu erstellen. Dennoch werden sie in einer Reihe von Kapiteln verwendet: "Abbau der Ozonschicht in der Stratosphäre", "Feuchtgebiete" und natürlich im Kapitel "Umweltsteuern".

Abbildung 1.1: DPSIR-Diagramm Klimaveränderung

Quelle: EUA

Indikatoren, die mehrere DPSIR-Kategorien umfassen, ermöglichen einen Einblick in Umweltprozesse und die Zusammenhänge zwischen menschlichen Aktivitäten und der Umwelt (EUA, 1999b). Die sektorbezogenen Kapitel dieses Berichts (Energienutzung, Energiesektor, Verkehr, Landwirtschaft und Industrie) enthalten eine Reihe von Ökoeffizienz-Indikatoren, die sich sowohl auf die Kategorie D (driving forces - Verursacher) als auch auf P (pressures - Belastungen) beziehen. Im Kapitel über Eutrophierung (siehe Abbildungen 13.2 und 13.4) wird eine Kombination von D und P benutzt, um die Relationen zwischen den Variablen zu verdeutlichen. In Modelldiagrammen aus den Niederlanden (siehe Abbildungen 10.16 und 10.17) im Kapitel über Luftverschmutzung gelang es bereits, die Kategorien D, R und P zu kombinieren.

Die verwendeten Indikatoren sind eine Mischung aus verschiedenen Arten von Indikatoren (siehe EUA, 1999b). Um eine genaue Einschätzung der erzielten Fortschritte zu erreichen, wurden möglichst viele *Leistungsindikatoren* (Indikatoren, die sich auf Zielvorgaben beziehen oder Zielvorgaben umfassen) in diesen Bericht aufgenommen.

Der Bericht enthält aber auch eine große Zahl von *beschreibenden Indikatoren*. Beschreibende Indikatoren zeigen die Entwicklung einer Variablen an, sind aber nicht mit einer konkreten umweltpolitischen Zielvorgabe verknüpft. Es können in umweltpolitischen Dokumenten aber dennoch qualitative Ziele für solche Indikatoren ("Steigerung...", "Stabilisierung...") angegeben werden. Wie bereits erwähnt, wurden in den sektorbezogenen Kapiteln *Ökoeffizienz-Indikatoren* verwendet.

Innerhalb des oben skizzierten Rahmens werden die Indikatoren in einem Standard-Format präsentiert. Die meisten Indikatoren werden auf internationaler Ebene vorgestellt, und es werden Gesamtwerte für die EU- bzw. EUA-Mitgliedsländer angegeben. Das ist besonders relevant in Bereichen, in denen internationale Vereinbarungen über Maßnahmen zur Bewältigung europa- oder weltweiter Probleme (z.B. Treibhausgasemissionen) bestehen oder allgemeine Umweltprozesse im Gange sind (z.B. Zerstörung von Feuchtgebieten durch Infrastrukturprojekte). Je nach Verfügbarkeit und Relevanz werden die Daten nach Ländern aufgeschlüsselt. Diese Abbildungen können beim Benchmarking der Umwelleistung der einzelnen Mitgliedsländer eine wichtige Rolle spielen, indem sie Fragen bezüglich der Diskrepanz zwischen Vorreiter-Ländern und Ländern, die der Entwicklung noch hinterherhinken, aufwerfen. Die gleiche Aufgabe haben die Vergleichstabellen, die am Ende der meisten Kapitel stehen und detaillierte statistische Zahlen liefern.

In einigen Kapiteln werden neben Indikatoren, die eine allgemeine Entwicklung aufzeigen, wie beispielsweise bei der Energieversorgung, Unter-Indikatoren aufgeführt, die spezielle, besondere Aufmerksamkeit erfordern Trends verdeutlichen. Bei diesen Unter-Indikatoren sind häufig große Veränderungen zu beobachten. Obwohl das absolute Ausmaß dieser Entwicklungen im Vergleich mit den Gesamtwerten klein erscheinen mag, können sie dennoch Aufschluß über signifikante neue Trends geben. Beispiele für diese "signifikanten Signale" sind der große Zuwachs in der ökologischen Landwirtschaft und die geringe Zunahme bei erneuerbaren Energiequellen.

Die Smileys in den Tabellen neben den Indikatoren sollen eine prägnante Einschätzung des Indikators ermöglichen.

- ☺ positiver Trend, Entwicklung in Richtung auf die Zielvorgabe
- ☹ einige positive Entwicklungen, die aber nicht ausreichen, um die Zielvorgabe zu erreichen, oder unterschiedliche Trends innerhalb des Indikators
- ☹ ungünstige Entwicklung

Soweit nicht anders vermerkt bezieht sich die Bewertung auf den gesamten Zeitraum

Jedes Kapitel enthält auch einen Kasten, in dem eine neue, interessante Antwort auf die Verschlechterung der Umweltsituation beschrieben wird. Es handelt sich bei diesen einzelnen "Erfolgsgeschichten" zwar um relativ kleine Maßnahmen, deren Wirkung sich in den europäischen Statistiken nicht unbedingt niederschlägt, doch die Gesamtwirkung dieser und vieler weiterer nicht genannter Aktionen von Haushalten, Unternehmen und Verwaltungen hat maßgeblichen Anteil an der Entwicklung der positiven Trends, die von vielen Indikatoren in diesem Bericht nachgewiesen werden.

Der Einsatz von Indikatoren als Richtwerte für die Bewertung der Leistung eines Landes oder eines Sektors und die "signifikanten Signale" werden in den späteren Ausgaben dieses Berichts genauer erläutert.

1.2. Entwicklung von Umweltindikatoren

In den letzten Jahren hat sich der Schwerpunkt der Diskussion zu Umweltindikatoren vom Einsatz von Indikatoren, die Veränderungen im Zustand der Umwelt beschreiben, zur Entwicklung von Gruppen aufeinander bezogener Indikatoren verlagert (siehe Abbildung 1.2).

Im Zuge der Erweiterung der Umweltpolitik hin zur Einbeziehung von ökologischen Aspekten in andere Politikfelder wurden sektorspezifische Indikatoren entwickelt. An diesen lassen sich die Zusammenhänge zwischen den Aktivitäten sozioökonomischer Sektoren (Verkehr, Energie, Forstwirtschaft usw.) und der Umwelt ablesen. Neben der absoluten Umweltbelastung eines Sektors und der Entwicklung seiner Ökoeffizienz verdeutlichen sektorspezifische Indikatoren die Entwicklung eines Sektors im Hinblick auf seine Größe und seine Merkmale sowie seine speziellen Reaktionen auf Umweltprobleme.

Innerhalb der EU wurden Arbeitsgruppen eingerichtet, die Reihen von Indikatoren entwickeln und Berichte über die Fortschritte in bestimmten Bereichen für die jeweiligen Ratstagungen der Fachminister erarbeiten sollen. Diese Arbeit ist in den verschiedenen Sektoren unterschiedlich weit gediehen.

Für den Bereich *Verkehr und Umwelt* wurde eine Liste von etwa 30 Indikatoren vereinbart, die Indikatoren wurden entwickelt, und Eurostat stellt derzeit die zugrundeliegenden statistischen Zahlen in einem Bericht zusammen. Während der Veröffentlichung des vorliegenden Berichts nahm die Europäische Umweltagentur auch eine Beurteilung der Fortschritte bei der Einbeziehung von Umweltbelangen in die Verkehrspolitik vor (EUA, 2000). In Kapitel 5 werden einige der wichtigsten Indikatoren aus der Liste der 30 vorgestellt.

Für den Bereich *Energie und Umwelt* wurde ein Vorschlag für eine Liste von Indikatoren erstellt, die Liste selbst aber noch nicht förmlich angenommen. In der Liste wird zwischen Energienutzung und Energieerzeugung unterschieden, was sich auch in diesem Bericht niederschlägt. Kapitel 3 (Energienutzung) und Kapitel 4 (der Energiesektor) enthalten eine Auswahl der wichtigsten Indikatoren. Eurostat hat ein statistisches Taschenbuch über Energie-Indikatoren herausgegeben, in dem die meisten Indikatoren, die für den Berichterstattungsmechanismus über Energie und Umwelt ausgewählt wurden, enthalten sind (Eurostat, 1999).

Im Bereich *Landwirtschaft und Umwelt* wurde mit den Beratungen über einen Berichterstattungsmechanismus erst kürzlich begonnen. Kapitel 6 stützt sich im wesentlichen auf Arbeiten der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) zu Umweltindikatoren für die Landwirtschaft.

Weitere Sektoren und Politikbereiche – u.a. Industrie, Entwicklung und Binnenmarkt – wurden ebenfalls nachdrücklich aufgefordert, Strategien für die Einbeziehung von Umweltbelangen auszuarbeiten und Indikatoren zur Bewertung der Fortschritte zu entwickeln. Dennoch ist in diesen Bereichen bisher wenig geschehen.

Sektorspezifische Indikatoren und herkömmliche Umweltindikatoren bestehen nebeneinander und hängen miteinander zusammen. Problemspezifische Indikatoren können den Beitrag einzelner Sektoren deutlich machen (siehe beispielsweise die Kapitel über Klimaveränderung und Luftverschmutzung), während sektorspezifische Indikatoren die Entwicklung des Beitrags eines Sektors zu bestimmten Umweltproblemen verdeutlichen können (siehe die Sektorprofile und die Ökoeffizienz-Diagramme in den sektorbezogenen Kapiteln).

Abbildung 1.2: Indikatorinitiativen

Aufgrund der Ausdehnung von umweltpolitischen Maßnahmen auf andere Politikfelder müssen die wichtigsten Fragestellungen auch an andere Beteiligte vermittelt werden. So muß beispielsweise ein Umweltminister sein Anliegen möglicherweise in fünf Sätzen seinem Kollegen vom Verkehrsministerium erklären können. Dieser Bedarf führte zu dem Konzept der "umweltspezifischen Kernindikatoren" (Abbildung 1.2).

Die umweltspezifischen Kernindikatoren sollen politischen Entscheidungsträgern und der breiten Öffentlichkeit einfache und klare Informationen über die Schlüsselfaktoren, die den Zustand der Umwelt bestimmen, und zur Frage, ob wir uns in Richtung auf Nachhaltigkeit bewegen, vermitteln. Ein Paket von Kernindikatoren ist definitionsgemäß recht klein. Ein Vorschlag für ein Paket von umweltspezifischen Kernindikatoren für die EU enthält 10 problemspezifische Indikatoren. Es wird wahrscheinlich um noch einmal so viele Kernindikatoren für die Sektoren ergänzt werden.

Da zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts die umweltspezifischen Kernindikatoren für die EU gerade erst entwickelt wurden, konnten sie hier noch nicht umfassend berücksichtigt werden. Die folgenden Indikatoren erscheinen jedoch auch in der Liste der umweltspezifischen Kernindikatoren der EU:

- Emissionen der Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Stickstoffoxid (siehe Abbildung 8.1),
- Anzahl der Tage, an denen die Luftschadstoffbelastung der Bevölkerung die EU-Normen überschreitet (siehe Abbildungen 10.3 und 10.5),
- Emissionen von säurebildenden Gasen (siehe Abbildung 10.6),
- Emissionen von Ozon-Vorläufersubstanzen (siehe Abbildung 10.7),
- Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen in großen Flüssen (siehe Abbildung 13.1),
- Trinkwasserentnahme insgesamt (siehe Abbildung 12.2),
- Bruttoinlands-Energieverbrauch (siehe Abbildung 3.2),
- Personenverkehr nach verschiedenen Verkehrsarten (siehe Abbildung 5.3) .

1.3. Die Zukunft dieses Berichts

Zum Auftrag der EUA gehört es, rechtzeitige, zielgerichtete und verlässliche Informationen zur Verfügung zu stellen. Eine der praktischen Konsequenzen des Konzeptes der "zielgerichteten Information" ist die Abstimmung der wichtigsten EUA-Berichte auf politische Ereignisse wie Ministerkonferenzen, die Ausarbeitung von Weißbüchern und strategischen Planungsprozessen. Der vorliegende Bericht wurde im Vorfeld der Tagung des Europäischen Rates in Helsinki im Dezember 1999 ausgearbeitet, um die Fäden der sektorbezogenen EU-Mechanismen zur Berichterstattung über die Integration von Umweltbelangen aufzugreifen und ihre Koordinierung mit problembezogenen Umweltindikatoren in Angriff zu nehmen.

Nach einer eingehenden Bewertung des aktuellen Berichts werden die nächsten Ausgaben dieses Berichts im Sommer 2001 für die Tagung des Europäischen Rates in Göteborg erwartet und 2002, um für eine ganze Reihe von politischen Prozessen von Nutzen zu sein, einschließlich der Rio+10-Konferenz sowie der nächsten

gesamteuropäischen Umweltministerkonferenz im Rahmen des Prozesses "Umwelt für Europa" in Kiew .

1.4. Literaturverzeichnis und weiterführende Literatur

EUA (1998). *Die Umwelt in Europa: Der zweite Lagebericht*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1999a). *Umwelt in der Europäischen Union – an der Wende des Jahrhunderts*. Umweltbewertungsbericht Nr. 2. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1999b). *Environmental indicators: typology and overview*. Fachspezifischer Bericht Nr. 25. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1999c). *A checklist for state of the environment reporting*. Fachspezifischer Bericht Nr. 15. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (2000). *Stimmt die Richtung? Indikatoren zur Integration von Verkehr und Umwelt in der EU*. (erscheint demnächst). Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

Eurostat (1999). *Indikatoren zur Integration von Energie und Umwelt*. Reihe über Schlüsselindikatoren. Europäische Gemeinschaften, Luxemburg.

In diesem Bericht verwendete Ländergruppen

EU: Österreich, Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Griechenland, Irland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Portugal, Spanien, Schweden und Großbritannien

EUA: EU + Island, Liechtenstein und Norwegen

Skandinavische Länder: Finnland, Island, Norwegen und Schweden

Mitteuropa: Österreich, Belgien, Dänemark, Deutschland, Irland, Liechtenstein, Luxemburg, Niederlande und Großbritannien

Südeuropa: Frankreich, Griechenland, Italien, Portugal und Spanien

2. Einbeziehung der Umweltbelange in die sektorbezogenen Politiken

Auf dem Gipfel von Cardiff im Juni 1998 hat der Europäische Rat alle in Frage kommenden Fachministerräte aufgefordert, eigene Strategien zu entwickeln, um die Belange der Umwelt in ihre Politiken einzubeziehen und Reihen von Indikatoren zur Überprüfung der erzielten Fortschritte zu entwickeln. Diese sektorspezifischen Indikatoren können dazu verwendet werden, die in den einzelnen Sektoren gemachten Fortschritte zu beschreiben, sie dienen aber auch für Vergleiche zwischen den Sektoren. Die wenigen Indikatoren, die Gegenstand des vorliegenden Berichts sind, lassen für die Sektoren Verkehr und Energie einen Trend weg von den gesteckten Zielen erkennen: in beiden Sektoren wirken preisliche Anreize einer Erfüllung der Zielvorgaben entgegen. In der Landwirtschaft zeigen die Indikatoren einerseits eine anhaltende Intensivierung, andererseits aber auch (auf begrenzten Flächen) eine stärkere Berücksichtigung von Umweltbelangen.

Die Berücksichtigung von Umweltbelangen in den sektorbezogenen Politiken wurde bereits im Fünften Umweltaktionsprogramm als ein wichtiges politisches Anliegen genannt. Der Europäische Rat von Cardiff gab dann den Anstoß zur praktischen Organisation der Entwicklung von Strategien zur Einbeziehung der Umweltbelange in die einzelnen Politikbereiche und der entsprechenden Berichterstattung zum jeweils erreichten Stand. In den nachfolgenden Kapiteln werden die bisher erzielten Ergebnisse anhand einer begrenzten Anzahl von Indikatoren beschrieben. In diesem Kapitel wird versucht, den Entwicklungsstand im Vergleich der verschiedenen Sektoren untereinander zu bewerten.

Trotz beträchtlicher Unterschiede zwischen den einzelnen Sektoren lassen sich in diesem Integrationsprozeß eine Reihe von Gemeinsamkeiten erkennen (EUA, 1999a und 1999b):

- Welches sind die für die Umwelt ausschlaggebenden Merkmale in *Größe und Struktur des Sektors*? Wie haben sich diese im Zeitablauf entwickelt? Für den Verkehrssektor beispielsweise ist das Hauptproblem die Entwicklung hin zur totalen Mobilität bei unterschiedlichen Trends in den einzelnen Verkehrsarten; im Energiesektor geht es um die Entwicklung des Energieverbrauchs und um die Wahl zwischen fossilen Brennstoffen, erneuerbarer Energie und Kernenergie; in der Landwirtschaft sind die Hauptmerkmale der Umfang der Agrarproduktion und das verwendete Produktionssystem.
- Wie haben sich die vom Sektor ausgehenden positiven wie negativen *Umwelteinflüsse* verändert?
- Wie hat sich die Ökoeffizienz des Sektors entwickelt, d.h. stellt der Sektor seine Waren und Dienstleistungen bei geringerem Einsatz von Ressourcen und Energie und bei einer geringeren Umweltbelastung pro Einheit des jeweiligen Produktes bereit?
- Welche Fortschritte sind bei der Implementierung der *Integrationsmaßnahmen* erzielt worden - auf den Märkten, im Management und in den Institutionen?

2.1. Fortschritte in Richtung Integration

Die Entwicklungen in Größe und Struktur der Sektoren zeigen ein gemischtes Bild. Im Verkehrssektor ist ein klarer Trend weg von den durch die Politik gesetzten Zielen zu beobachten: Personen- wie Güterverkehr haben ständig zugenommen, wobei das

Aufkommen im Straßenverkehr schneller gewachsen ist als das bei anderen Verkehrsarten (vgl. Abb. 5.3 und 5.4). Der Energiesektor zeigt ein ähnliches Bild: der Energieverbrauch hat zugenommen, wobei die Zunahme bei Energie aus fossilen Brennstoffen am größten ist und die Nutzung erneuerbarer Energien nur langsam vorankommt (vgl. Abb. 3.3 und 3.4). Für die Landwirtschaft zeigen die Indikatoren zwei getrennte Entwicklungen an: Flächen mit weiterhin intensiver Landwirtschaft – und folglich verstärktem Einsatz von Mineraldünger und Pflanzenschutzmitteln (PSM) pro Hektar (vgl. Abb. 6.3 und 6.5) – stehen zunehmend Flächen gegenüber, die nach speziellen Verträgen über Agrar-Umwelt-Programme bewirtschaftet werden. Für die Industrie schließlich ist das Datenmaterial, das eine solche Bewertung erlauben würde, noch zu gering. Hier müßten auch die weltweiten Entwicklungen im Bereich des Handels und die Auswirkungen der Globalisierung berücksichtigt werden.

Die Fortschritte in puncto Umweltwirksamkeit zeigen in allen Sektoren gemeinsame Trends. Abgesehen von der Situation bei Schwefeldioxid (Abb. 2.1) ist die Emissionsentwicklung weiter an die Entwicklung beim Produktionsausstoß gekoppelt. Die Schwefeldioxid- und Stickstoffmonoxid-Emissionen sind zwar zurückgegangen, weniger aber der CO₂-Ausstoß. Im Verkehrssektor besteht ein enger Zusammenhang zwischen Verkehrsaufkommen, Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß. Im Energiesektor geht die leicht auseinanderlaufende Entwicklung von CO₂-Emissionen und Produktion vor allem auf den verstärkten Einsatz von Erdgas zu Lasten von Kohle und Erdöl in Kraftwerken und auf die gestiegene Erzeugung von Kernenergie zurück. Die Zunahme der Umweltwirksamkeit in den entscheidenden Sektoren Verkehr und Landwirtschaft ist hinter den im Industrie- und im Energiesektor erreichten Werten zurückgeblieben.

Leider beschränkt sich die Bestimmung der Ökoeffizienz bisher auf die Luftverschmutzung und eine Reihe von Inputs, die in den einzelnen Sektoren verwendet werden. Konsistente und systematische Daten zur Abfallproduktion und anderen umweltbelastenden Faktoren liegen noch nicht vor.

Abb. 2.1: Umweltwirksamkeit in den vier Sektoren, ermittelt anhand der Emissionen der wichtigsten Luftschadstoffe

Quelle: EUA

Die Berichterstattung über Fortschritte bei der Implementierung typischer Integrationsmaßnahmen beschränkt sich derzeit auf Überlegungen zur "richtigen" Preisgestaltung, d.h. auf ökonomische Instrumente. Eine stärker qualitativ angelegte Übersichtsdarstellung über die Fortschritte im Integrationsprozeß ist in Vorbereitung (EUA, 2000b).

Obwohl ein Großteil der Energiepreise auf Steuern entfällt, ist der reale Preis fast aller Brennstoffe im vergangenen Jahrzehnt zurückgegangen (Abb. 3.5). Ein wirtschaftlicher Anreiz, Energie zu sparen, besteht somit nicht. Eine ähnliche Entwicklung hat im Verkehrssektor stattgefunden. Wie Daten aus Dänemark und Großbritannien (EUA, 2000a) zeigen, sind die Preise im öffentlichen Verkehr schneller und stärker gestiegen als im Individualverkehr. Auch diese Entwicklung läuft konträr zu den politischen Zielen. Um diese Trends umzukehren, bedarf es daher weiterer Initiativen der Politik sowohl für den Energie- als auch für den Verkehrssektor.

In der Landwirtschaft werden ökonomische Instrumente seit vielen Jahren über vertraglich vereinbarte Agrar-Umwelt-Programme zum Schutz von Umwelt und Landschaft eingesetzt. Verglichen mit den Gesamtmitteln, die der Landwirtschaft zur Verfügung stehen, sind diese Agrar-Umwelt-Maßnahmen jedoch sehr begrenzt. Weit weniger Erfahrungen gibt es mit der Internalisierung der monetären Kosten von landwirtschaftsbedingten negativen Umwelteinflüssen in die Preise von Agrarprodukten. Nur drei EU-Mitgliedstaaten und Norwegen haben PSM-Steuern und nur zwei (darunter

Norwegen) eine Steuer auf Düngemittel eingeführt (vgl. Kapitel 6). Angesichts des möglichen Trends in Richtung einer lokalen Intensivierung der Landwirtschaft wird die Frage von Steuern und Abgaben auf landwirtschaftliche Inputs und Outputs in Zukunft noch an Bedeutung gewinnen.

Die Industrie sieht sich vor allem mit Abgaben belegt, die in den verfügbaren Steuerstatistiken nicht ausgewiesen sind (vgl. Kapitel 15). Die meisten dieser Abgaben betreffen den Output industrieller Prozesse, während die Besteuerung des Input (der Ressourcen) - wie in der Landwirtschaft - nicht verbreitet ist.

2.2. Verwendete und weiterführende Literatur

EUA (1999a). *Umwelt in der Europäischen Union - an der Wende des Jahrhunderts*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1999b). *Towards a common framework for the assessment of progress in environment-sector integration*. (In Vorbereitung). Technischer Bericht. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (2000a). *Stimmt die Richtung? Indikatoren zur Integration von Verkehr und Umwelt in der EU*. (In Vorbereitung). Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (2000b). *Monitoring progress towards integration*. (In Vorbereitung). Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

3. Energienutzung

Indikator	Politische Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Energieintensität	Bedingt Wirtschaftswachstum immer noch zusätzlichen Energieverbrauch?	Verursacher	☹
Energieversorgung	Ist es uns gelungen, den Gesamtenergieverbrauch zu senken?	Verursacher	☹
Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung insgesamt	Nimmt der Anteil der erneuerbaren Energien zu?	Verursacher	☹
Energiepreise	Entwickeln sich die Preise in eine Richtung, die zur Senkung des Energieverbrauchs motiviert?	Verursacher	☹
Energiesteuern	Entwickeln sich die Steuern in eine Richtung, die zur Senkung des Energieverbrauchs motiviert?	Maßnahme	☺

Der Energieverbrauch in den Mitgliedsländern der EUA hat sich im Zeitraum 1985-1997 erhöht. In diesem Zeitraum befanden sich die realen Preise für fast alle Brennstoffe auf niedrigem Niveau, was teilweise erklären mag, warum wir so viel Energie verbrauchen. Der Rückgang bei den reinen Energiepreisen wurde auch durch die Energiesteuern nicht kompensiert.

Dieses Kapitel befaßt sich mit Energie, wie sie erzeugt, umgewandelt und in allen Bereichen der Gesellschaft genutzt wird. Das nächste Kapitel ist dem Energiesektor - als dem für die Energieversorgung der anderen Sektoren (Verkehr, private Haushalte, Industrie) zuständigen Wirtschaftssektor – gewidmet.

Die allgemeine Energiepolitik in der EU ruht auf drei "Pfeilern" oder grundlegenden Zielen: Wettbewerbsfähigkeit allgemein; Versorgungssicherheit und Schutz der Umwelt (Europäische Kommission, 1995). Von entscheidender Bedeutung für das zuletzt genannte Ziel sind international vereinbarte Obergrenzen für Treibhausgasemissionen (vgl. Kapitel 8) und Luftschadstoffe (Kapitel 10). Der Energieverbrauch ist die Quelle für die meisten der Hauptemissionen, für die Obergrenzen vereinbart worden sind (Abb. 3.1).

Abb. 3.1: Anteil der energiebedingten Luftemissionen an den gesamten Luftemissionen in den EU-Mitgliedstaaten, 1996

Quelle: EUA-ETC/AE

Die durch den Energieverbrauch bedingten Schwefeldioxidemissionen sind zwischen 1980 und 1996 erheblich zurückgegangen (vgl. dazu auch Abb. 10.8). Die EU insgesamt hat das durch das zweite Schwefelprotokoll zum UNECE-Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP) für das Jahr 2000 festgesetzte Emissionsziel für Schwefeldioxid 1996 erreicht. Die Stickstoffmonoxidemissionen gingen im gleichen Zeitraum ebenfalls zurück (vgl. dazu auch Abb. 10.10), wenn auch in geringerem Maße.

Die gesamten CO₂-Emissionen in der EU (alle Quellen, einschließlich Energieverbrauch) waren 1996 so hoch wie 1990 (vgl. Abb. 8.3). Die CO₂-Emissionen aus dem Energieverbrauch - der Hauptquelle dieses Treibhausgases - nahmen in der Union zwischen 1990 und 1996 um fast 1,5 % zu. Diese Zunahme unterstreicht die

Notwendigkeit zusätzlicher Initiativen in diesem Bereich, wenn die Ziele des Protokolls von Kyoto erreicht werden sollen.

Die Faktoren, die zur Senkung der Emissionen beitragen, sind in den Kapiteln 8 und 10 aufgeführt.

3.1. Trends bei der Energieintensität

Der Energieverbrauch in den EUA-Mitgliedsländern ist in den letzten zehn Jahren kontinuierlich weiter angestiegen (Tabelle 3.1). Die Energieintensität, d.h. die Energiemenge, die zur Produktion einer Einheit des Bruttoinlandprodukts (BIP) benötigt wird, ist nur langsam zurückgegangen. Dieser Rückgang hat jedoch nicht ausgereicht, um ein Wachstum des BIP ohne gleichzeitige Zunahme des Energieverbrauchs zu ermöglichen (Abb. 3.2). Zwischen 1985 und 1997 stieg das BIP in den EUA-Mitgliedsländern real um 34 %, die bereitgestellte Energiemenge um 13 %. Die Energieintensität ging im Zeitraum 1985-97 um durchschnittlich 1,4% pro Jahr zurück. Dieser Rückgang erfolgte im wesentlichen zwischen 1985 und 1990, wo er 2 % jährlich betrug. In den Jahren zwischen 1991 und 1997 war der Rückgang sehr viel geringer (-0,9 %). Ähnliche Werte wurden auch in der EU beobachtet.

Abb. 3.2: Bereitgestellte Energiemenge im Vergleich zum Bruttoinlandprodukt in den EUA-Mitgliedsländern, 1985-1997

Anmerkung: Der Bruttoinlandsenergieverbrauch ist definiert als die Gesamtmenge an Energie, die für die Umwandlung in andere Produkte (insbesondere Strom und Wärme) und für den Energieverbrauch benötigt wird.

Quelle: Eurostat

⊗ Das Wirtschaftswachstum ist nach wie vor mit einem Anstieg des Energieverbrauchs verbunden. Die Kopplung zwischen dem Wachstum des Bruttoinlandprodukts und dem Anstieg des Energieverbrauchs ist nicht überwunden worden.

Der Anteil, den Initiativen zur besseren Energienutzung wie z.B. die Gemeinschaftsprogramme THERMIE und SAVE, der Abschluß von Umweltvereinbarungen und die Verleihung von Umweltzeichen am Rückgang der Energieintensität insgesamt haben, ist schwer zu bestimmen. Der beobachtete Rückgang in den EUA-Mitgliedsländern wird als nicht signifikant höher angesehen als er ohnehin durch Verbesserungen aufgrund der laufenden Investitionen in den Kapitalstock und der Sparmaßnahmen gegen Energieverschwendung (autonome Verbesserung der Energienutzung) zu erwarten war. Der begrenzte Rückgang der Energieintensität in der EU im Zeitraum 1991-1997 bleibt hinter der Prognose des auf dem heutigen Erkenntnisstand beruhenden Basisszenarios der EU-Kommission für 1990-2000 (Europäische Kommission, 1996) zurück. Dies ist ein Hinweis darauf, daß es Bedarf für weitere Energieeffizienz-Initiativen und Raum für eine konsequentere Umsetzung der vorhandenen Initiativen gibt.

Im Zeitraum 1985-1997 war die Hauptenergiequelle in den EUA-Mitgliedsländern das Erdöl (Abb. 3.3). Der in den 80er Jahren zweitwichtigste Brennstoff Kohle ist in dieser Position seit 1992 vom Gas abgelöst worden. Der Gasverbrauch stieg zwischen 1985 und 1997 von 16 % des Bruttoinlandsenergieverbrauchs auf 21 % – eine Zunahme von etwa 50 %. Der Anteil der Kernenergie erreichte 1997 fast 15 % des

Bruttoinlandsenergieverbrauchs. Der Beitrag der erneuerbaren Energien belief sich 1997 auf geringfügig mehr als 6 % (in der EU auf 5,8 %) (Abb. 3.4 und Tabelle 3.2).

Abb.3.3: Energiequellen in den EUA-Mitgliedsländern, 1985-1997

Quelle: Eurostat

⊗ Die Energieversorgung in den EUA-Mitgliedsländern ist nach wie vor von Brennstoffen abhängig, die die Umwelt erheblich belasten bzw. ein entsprechendes Risiko in sich bergen (fossile Brennstoffe und Kernenergie).

Trotz eines gewissen Anstiegs beim Verbrauch von erneuerbaren Energien wird das Potential dieser Energieformen zur Senkung des CO₂-Ausstoßes und anderer Schadstoffemissionen bei weitem nicht ausgeschöpft. Das Ziel der EU, den Anteil der erneuerbaren Energien bis 2010 auf 12 % zu steigern, macht noch erhebliche zusätzliche Initiativen erforderlich.

Abb. 3.4: Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung in den EUA-Mitgliedsländern, 1985-1997

Quelle: Eurostat

⊗ Erneuerbare Energiequellen tragen weiterhin nur zu einem geringen Teil zur Energieversorgung in den EUA-Mitgliedsländern bei.

Aufgrund der noch schwachen Ausgangsbasis kommt dem Beitrag der effektivsten erneuerbaren Energien (Wind- und Solarenergie) zur Energieversorgung insgesamt nur marginale Bedeutung zu. Dennoch hat sich dieser Beitrag in vielen EUA-Mitgliedsländern beträchtlich erhöht. Die Zunahme in der Nutzung von Windkraft und Sonnenwärme war - relativ betrachtet - sehr stark in Deutschland, Dänemark und Griechenland, in den beiden zuerst genannten Ländern aufgrund des öffentlichen wie privaten Interesses am Ausbau der Windkraftnutzung, in letzterem aufgrund der Verwendung von Solarwärme zur Warmwasserbereitung.

Zu den politischen Programmen zur Förderung der erneuerbaren Energieträger gehören die EU-Programme THERMIE und ALTENER sowie nationale Subventionsprogramme. Einige EU-Mitgliedstaaten haben für Strom aus erneuerbaren Energieträgern garantierte Preise. Die Europäische Kommission arbeitet derzeit am Entwurf eines Vorschlags für eine Richtlinie, mit der die derzeitigen nationalen Systeme zur Subventionierung von Strom aus erneuerbaren Energieträgern mit den liberalisierten Strommärkten in der EU in Einklang gebracht werden sollen. In einigen Mitgliedstaaten laufen aber auch "Bottom-up"-Initiativen, bei denen die Kunden "grünen Strom" gegen Aufpreis kaufen können, der entweder über Fonds oder direkt zu zahlen ist (vgl. Kasten "Kunden unter Strom" in Kapitel 4).

Im Jahre 1996 erreichte der Anteil des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen an der Gesamtenergieerzeugung im EU-Durchschnitt 9,3 % , allerdings mit beträchtlichen Unterschieden zwischen den einzelnen EU-Mitgliedstaaten (vgl. Abb. 4.5).

3.2. Trends bei den Energiepreisen

Ein wahrscheinlicher Grund für den hohen Energieverbrauch sind die niedrigen Energiepreise (Abb. 3.5). Rückwirkend betrachtet ging die Energienachfrage nur nach den Preiserhöhungen infolge der Ölkrisen der Jahre 1973 und 1979 stark zurück.

Das Sinken der Preise für Brennstoffe nach 1985 war das Ergebnis vor allem des Zusammenbruchs der Ölpreise im Jahre 1986 und der Tatsache, daß die Preise für andere Brennstoffe häufig an den Ölpreis gebunden sind. Weitere Faktoren waren der Prozeß der Liberalisierung der Energiemärkte in einigen EU-Mitgliedstaaten und die zunehmende Liberalisierung des Welthandels mit Zugang zu neuen Brennstoffquellen. Von der anhaltenden Liberalisierung des Strombinnenmarktes in der EU werden – bei Beibehaltung des derzeitigen politischen Rahmens – in gewissem Umfang weitere Preisrückgänge zu erwarten sein.

Abb. 3.5: Durchschnittliche reale Energiepreise in den EU-Mitgliedstaaten, 1985-1996
(Basis: 1990)

Anmerkung: Die angegebenen Preise sind reale, d.h. inflationsbereinigte Preise. Als Grundlage für die Inflationsbereinigung wurden die Angaben für 1990 herangezogen. Die meisten der genannten Preise sind Endabnehmerpreise unter Einschluß aller Steuern. Die Preise für industrielle Verbraucher und für Dieselmotoren verstehen sich ohne Mehrwertsteuer. Erläuterungen zur Berechnung der EU-Durchschnittspreise siehe Eurostat (1999).

Quelle: GD Energie

⊗ Zwischen 1985 und 1996 blieben die realen Preise für alle Brennstoffe auf niedrigem Niveau und boten somit wenig Anreiz für eine Verringerung des Brennstoffverbrauchs.

Die Preise für schweres Heizöl und Erdgas für industrielle Abnehmer gingen zwischen 1985 und 1996 am stärksten zurück (durchschnittlich um 7,9 % bzw. 7,3 % pro Jahr). Die Preise für Haushaltsstrom und das mit einem höheren Steuersatz belegte verbleite Benzin ließen dagegen am wenigsten nach, erstere real um 1 % pro Jahr über den gesamten Zeitraum und letztere um 1,3 %.

Im Laufe der 90er Jahre zogen die realen Preise für Kraftstoffe wieder an. Dies bewirkte jedoch kaum Veränderungen in der Nachfrage – Beleg für die "geringe Elastizität der Verkehrsnachfrage gegenüber dem Preis". Dieselmotoren sind weiterhin deutlich billiger als bleifreies Benzin. Dadurch entsteht wenig Anreiz für private Autobesitzer, vom Diesel auf das weniger umweltschädliche bleifreie Benzin überzuwechseln.

Ohne die Erhöhung der Steuern für viele Brennstoffe (Abb. 3.6) wären die Endabnehmerpreise im Zeitraum 1990 bis 1997 noch weiter gefallen, womit der Anreiz, den Brennstoffverbrauch weiter zu erhöhen, noch größer hätte sein können.

Allerdings spiegeln die Mineralölsteuererhöhungen eher ein Interesse an höheren Einnahmen wider als den Wunsch nach Senkung des Kraftstoffverbrauchs. Die Einnahmen aus Energiesteuern in der EU stiegen von 1990 bis 1997 von etwa 100 Mrd. ECU auf 158 Mrd. ECU (vgl. Kapitel 15). Neben den erhöhten Steuersätzen schlägt sich in diesen Zahlen auch ein höherer Verbrauch nieder.

Abb.3.6: Anteil der Steuern an den Energiepreisen für Endabnehmer in den EU-Mitgliedstaaten 1990-1997

Anmerkung: Die steuerliche Komponente der Energiepreise für industrielle Abnehmer enthält nichtabzugsfähige und Mehrwertsteuern.

Quelle: Eurostat

☹ Der Anteil der Steuern an den Endabnehmerpreisen ist für fast alle Brennstoffe gestiegen. Allerdings haben der Rückgang bei den reinen Energiepreisen und/oder der nur schwach ausgeprägte Zusammenhang zwischen Nachfrage und Preis keine Anreize für eine Senkung des Energieverbrauchs geschaffen.

Die Besteuerung ist je nach Brennstoffart und Sektor – private Haushalte, Industrie, Verkehr – unterschiedlich. Die Steuern sind am höchsten bei Kraftstoffen für Fahrzeuge und sehr viel niedriger bei Energie für industrielle Abnehmer – häufig mit Ausnahmen für besonders energieintensive Industriezweige. In den niedrigen Energiesteuern für die Industrie spiegelt sich die Politik der jeweiligen Regierung, die vermeiden will, daß die Wettbewerbsfähigkeit ihrer Industrie auf den internationalen Märkten beeinträchtigt wird.

Mit 16 % des Endabnehmerpreises waren die Steuern auf Erdgas für private Haushalte 1997 niedriger als alle anderen Energiesteuern. Die hier niedrigen Steuern gehen zum Teil auf politische Bedenken dahingehend zurück, daß sich durch eine Anhebung der Steuern höhere Heizkosten für die Bevölkerung ergeben. Energie wird häufig als ein Grundrecht der Verbraucher angesehen, für dessen Verfügbarkeit und Versorgung zu einem fairen Preis der Staat durch Instrumente der Regulierung und Besteuerung zu sorgen hat.

Tabelle 3.1: Bruttoinlandsenergieverbrauch pro Einwohner in den EUA-Mitgliedsländern

Einheit: Tonnen Rohöläquivalent pro Einwohner

	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Belgien	4,4	4,7	4,9	5,0	4,8	4,9	5,0	5,3	5,4
Dänemark	3,8	3,5	3,9	3,7	3,8	3,9	3,9	4,4	4,1
Deutschland	4,6	4,5	4,3	4,2	4,1	4,1	4,1	4,3	4,2
Finnland	5,5	5,7	5,8	5,6	5,8	6,0	5,7	6,0	6,4
Frankreich	3,7	3,9	4,1	4,0	4,1	3,9	4,0	4,2	4,1
Griechenland	1,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4
Großbritannien	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,8	3,8	4,0	3,8
Irland	2,5	2,9	2,9	2,9	2,9	3,1	3,1	3,2	3,4
Island	7,2	8,2	7,7	7,7	7,9	7,9	8,0	8,4	n/a
Italien	2,4	2,7	2,8	2,8	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9
Luxemburg	8,5	9,3	9,7	9,7	9,7	9,3	8,1	8,2	8,0
Niederlande	4,2	4,5	4,6	4,6	4,6	4,6	4,8	4,9	4,8
Norwegen	4,9	5,1	5,2	5,2	5,4	5,4	5,4	5,3	5,6
Österreich	3,1	3,3	3,5	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5
Portugal	1,2	1,7	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1
Schweden	5,6	5,5	5,6	5,3	5,3	5,6	5,7	5,8	5,7
Spanien	1,9	2,3	2,4	2,4	2,3	2,5	2,6	2,6	2,7
EU	3,46	3,61	3,67	3,62	3,60	3,60	3,67	3,80	3,76
EUA	3,48	3,63	3,69	3,64	3,63	3,62	3,70	3,82	3,78

Anmerkungen: Alle EUA-Gesamtwerte ohne Liechtenstein. EUA-Gesamtwert für 1997 ohne Island.

Quelle: Eurostat

Tabelle 3.2: Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoinlandsenergieverbrauch in den EUA-Mitgliedsländern

	Anteil (alle erneuerbaren Energien) (%)								Anteil 1997 (%)		
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Wasser- kraft	Biomasse, Abfall	Erdwärme, Wind, Sonne, Sonstige
Belgien	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,6	1,5	1,4	0,0	1,1	0,2
Dänemark	6,3	6,4	6,7	6,9	7,0	7,3	6,8	8,0	0,0	7,1	0,8
Deutschland	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,8	2,3	0,4	1,7	0,1
Finnland	18,5	18,2	19,2	19,7	19,2	21,4	19,8	20,7	3,2	17,0	0,5
Frankreich	5,4	7,0	7,2	6,9	7,4	7,3	6,9	6,6	2,2	4,3	0,1
Griechenland	5,0	5,5	5,0	5,2	5,1	5,4	5,4	5,3	1,3	3,6	0,5

Großbritannien	0,5	0,5	0,7	0,7	0,9	1,0	0,9	0,9	0,2	0,7	0,0
Irland	1,6	1,7	1,6	1,6	2,2	2,0	1,6	1,8	0,5	1,3	0,0
Island	63,2	65,5	64,3	63,4	62,8	64,4	61,8		18,1	0,0	43,7
Italien	5,4	5,9	5,9	6,1	6,4	5,6	6,0	7,9	2,1	4,0	1,8
Luxemburg	1,3	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4	1,2	1,4	0,2	1,2	0,0
Niederlande	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,7	2,0	0,0	1,9	0,1
Norwegen	52,2	46,6	48,2	47,4	45,1	47,6	42,5	41,2	38,3	2,9	0,1
Österreich	22,4	20,7	23,3	24,3	22,4	23,1	23,4	23,3	10,9	12,4	0,0
Portugal	15,8	15,6	13,2	15,9	16,0	13,9	17,9	16,9	5,3	11,3	0,3
Schweden	24,6	22,7	26,4	27,3	23,8	25,6	22,7	26,7	11,8	14,9	0,0
Spanien	6,7	6,6	5,7	6,5	6,5	5,7	7,2	6,5	2,8	3,6	0,1
EU	4,7	5,0	5,2	5,3	5,4	5,3	5,4	5,8	1,8	3,7	0,3
EUA	5,5	5,7	5,9	6,0	6,0	6,0	5,9	6,4	2,4	3,7	0,3

Anmerkungen: Alle EUA-Gesamtwerte ohne Liechtenstein. EUA-Gesamtwert für 1997 ohne Island. Die Daten für 1996 wurden wegen des besonders hohen isländischen Anteils an erneuerbaren Energien herangezogen.

Quelle: Eurostat

3.3. Verwendete und weiterführende Literatur

Europäische Kommission (1995). *Weißbuch – Eine Energiepolitik für die Europäische Union*. KOM(95)682 endg. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Kommission (1996). *European Energy to 2020. A scenario approach*. Energy in Europe, Sonderausgabe. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Kommission (1997). *Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan*. KOM(97)599 endg. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Kommission (1998a). *Förderung der Einbeziehung von Umweltaspekten in die Energiepolitik der Gemeinschaft*. KOM(1998)571 endg. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Kommission, GD XVII (1998b). *Energy in Europe. 1998 annual energy review, special issue*. Europäische Kommission, Brüssel.

Eurostat (1999). *Integration indicators for energy*. Reihe über Schlüsselindikatoren. Europäische Gemeinschaften, Luxemburg.

4. Der Energiesektor

Indikator	Politische Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Energieeffizienz von Wärmekraftwerken	Hat der Sektor die Gesamteffizienz dieses überwiegend genutzten Prozesses verbessert?	Verursacher	☺
Emissionsintensität des Energiesektors	Ist es dem Sektor gelungen, die Höhe der Emissionen von der Wirtschaftsleistung abzukoppeln?	Belastung	☹
Stromversorgung nach Energieträgern	Ist die Abhängigkeit des Sektors von fossilen Brennstoffen geringer geworden?	Verursacher	☹
Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung	.. und ist der Anteil der erneuerbaren Energien gestiegen?	Verursacher	☺
Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der Stromerzeugung	... und sind alle Möglichkeiten für eine Kraft-Wärme-Kopplung geprüft worden?	Verursacher	☹

Fossile Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Gas) sind immer noch die wichtigste Energiequelle für die Stromerzeugung. In einer Reihe von EU-Mitgliedsländern spielt auch die Kernkraft als Energiequelle eine wichtige Rolle. Trotz der in letzter Zeit in einigen Mitgliedstaaten registrierten hohen Wachstumsraten bei Wind- und Sonnenenergie ist der Anteil der erneuerbaren Energieträger an der Stromerzeugung insgesamt gering. Wasserkraft (vor allem in großen Wasserkraftwerken) ist nach wie vor die wichtigste Quelle erneuerbarer Energie. Die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung bleibt trotz beachtenswerter Fortschritte in einer kleinen Anzahl von Mitgliedstaaten - gemessen am EU-Ziel - gering.

Die Haupttätigkeit des Energiesektors ist die Stromerzeugung, wobei etwa die Hälfte des Stroms in Wärmekraftwerken unter Verwendung von fossilen Brennstoffen erzeugt wird. Beherrschendes Antriebsmoment im Sektor ist die Politik der EU und der Mitgliedstaaten zur Liberalisierung der Energiemärkte und zur Förderung des Wettbewerbs. Der verstärkte Wettbewerb könnte zu effizienteren Stromerzeugungstechnologien führen. Alle Vorteile für die Umwelt, die mit einer solchen Entwicklung einhergehen würden, könnten jedoch zunichte gemacht werden, wenn der verschärfte Wettbewerb zur Senkung der Energiepreise führt. Dieses wiederum würde die Nachfrage nach Energie erhöhen und damit eine Zunahme der Emissionen zur Folge haben. Innerhalb dieser makroökonomischen Entwicklungen ist bei dem derzeitigen Anstieg des Energieverbrauchs die Erhöhung der Ökoeffizienz der eigenen Produktion ein wichtiges sektorinternes Ziel.

4.1. Ökoeffizienz des Energiesektors

Die Effizienz der Stromerzeugung in konventionellen Wärmekraftwerken verbesserte sich nur langsam von 36 % im Jahre 1985 auf 39 % im Jahre 1996, insbesondere infolge der laufenden Investitionen und des Ersatzes von Anlagen (Abb. 4.1). Dies bedeutet im Umkehrschluß, daß etwa 60 % des Energieeinsatzes während des Stromerzeugungsprozesses als Wärme verlorengehen, wovon jedoch ein gewisser Teil für Anwendungen vor Ort genutzt wird. Darüber hinaus haben einige Länder in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen für Fernheizungssysteme und industrielle Nutzung investiert (vgl. Abb. 4.6). Wegen des nach wie vor geringen Anteils dieser Anwendungen ändert

sich die Größenordnung der Energieverluste in der EU allerdings nur unwesentlich. Wenn die dadurch erzielten Verbesserungen der Energieeffizienz aber nur gering sind, müssen der Produktion nachgelagerte Vorgänge ("end-of-pipe treatment") sowie Veränderungen im Prozeß (einschließlich Umstellung auf andere Energieträger) maßgeblich für die Reduzierung der sektorbedingten Umweltbelastung verantwortlich sein. Bisher hat sich dieses Konzept bei den meisten traditionellen Luftschadstoffen als erfolgreich erwiesen, nicht aber bei CO₂ (Abb. 4.2). Dem Energiesektor kommt eine wichtige Rolle bei der Lösung von Problemen im Zusammenhang mit der Klimaänderung und dem sauren Regen zu, da er die Hauptquelle der Schwefeldioxidemissionen und eine nicht unwesentliche Quelle der CO₂- und Stickstoffmonoxidemissionen ist (Abb. 4.3).

Abb. 4.1: Energieeffizienz von Wärmekraftwerken in den EU-Mitgliedstaaten

Anmerkung: Wärmekrafterzeugung ist definiert als Prozeß der Stromerzeugung unter Verwendung von Brennstoffen (Kohle, Gas, Erdöl, Abfall oder Biomasse) oder vorhandenen Wärmequellen (geothermische Energie).

Quelle: Eurostat

☹ Die durchschnittliche Effizienz der Wärmekraftwerke verbessert sich stetig, aber langsam.

Abb. 4.2: Ökoeffizienz des Energiesektors, EU-Mitgliedstaaten

Anmerkungen: Emissionen aus öffentlicher Strom- und Wärmeerzeugung, der Erdölraffinerie und der Herstellung fester Brennstoffe. Diese Definition des Energiesektors entspricht der Kategorie 1A1 für Energieindustrien nach den Berichtsvorgaben des IPCC (Zwischenstaatlicher Ausschuß für Klimaveränderungen). Nach dieser Definition werden flüchtige Emissionen nicht dem Energiesektor zugerechnet. Bei Berücksichtigung der flüchtigen Emissionen aus der Förderung, Erzeugung, Lagerung und dem Transport von Brennstoffen sinken die Methanwerte sowohl im Verhältnis zur Bruttowertschöpfung als auch in absoluten Zahlen.

Quelle: EUA-ETC/AE; NTUA

☹ Obwohl die Kopplung des Emissionsvolumens bei sauren Gasen (Schwefeldioxid und Stickstoffoxide) an die Wirtschaftsleistung/den Output des Energiesektors beseitigt worden ist, sind die Treibhausgasemissionen des Sektors nur geringfügig zurückgegangen.

Der Rückgang der Schwefeldioxidemissionen (Abb. 4.2) war teilweise durch die Richtlinie für Großfeuerungsanlagen bedingt, die Emissionsgrenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und Partikel aus Kraftwerken festgesetzt und zu einer Reihe von technischen Verbesserungen geführt hat. Außerdem hat die Umstellung von Kohle auf Gas in den Kraftwerken zur Reduzierung des CO₂-Ausstosses ebenso wie zur Verringerung der Emissionen von sauren Gasen beigetragen. Diese Umstellung war durch das größere Erdgasangebot, durch die Änderung von Rechtsvorschriften in der EU und einigen Mitgliedstaaten, die den Einsatz von Erdgas in der Stromerzeugung erlaubte, durch den Abbau der Kohlesubventionen in einigen Mitgliedstaaten und durch

die Liberalisierung der Strom- und Gasmärkte in der EU möglich geworden. Auch die Umstrukturierung des Energiesektors in der ehemaligen DDR trug zur Reduzierung des Ausstoßes von CO₂ und sauren Gasen bei.

Nach der IVU-Richtlinie (Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) sind die Kraftwerke verpflichtet, die besten verfügbaren Techniken einzusetzen, um der Umweltverschmutzung durch weitere Reduzierung der sektorbedingten Emissionen entgegenzuwirken. Allerdings ist diese Richtlinie gerade erst für Neuanlagen in Kraft getreten und wird für die vorhandenen Anlagen erst 2007 wirksam werden.

Abb. 4.3: Anteil des Energiesektors an den Gesamtemissionen in den EU-Mitgliedstaaten - 1996

Anmerkungen: Emissionen aus öffentlicher Strom- und Wärmeerzeugung, der Erdölraffinerie und der Herstellung fester Brennstoffe. Diese Definition des Energiesektors entspricht der Kategorie 1A1 für Energieindustrien nach den Berichtsvorgaben des IPCC (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaveränderungen). Nach dieser Definition werden flüchtige Emissionen nicht dem Energiesektor zugerechnet. Flüchtige Emissionen beinhalten hier Emissionen aus der Förderung, Erzeugung, Lagerung und dem Transport von Brennstoffen .

Quelle: EUA-ETC/AE

Der Energiesektor produziert auch beträchtliche Mengen von Abfall. Er hat in der Vergangenheit zur Kontamination der Böden beigetragen. Der Sektor gehört zu den Hauptnutzern natürlicher Ressourcen – von den fossilen Brennstoffen selbst über das Kühlwasser (vgl. Abb. 12.3), die Wasserkraft, den Grund und Boden bis zu den Rohstoffen. Kernkraftwerke bergen das Risiko nuklearer Unfälle und der daraus resultierenden Freisetzung von Radioaktivität und erzeugen außerdem radioaktiven Müll. Weitere Themen von Belang für den Sektor sind die Wasserverschmutzung und die Abwasserbeseitigung.

4.2. Trends im Stromsektor

Im Jahre 1996 wurden 48 % des Stroms in den EUA-Mitgliedsländern durch Wärmekraft (hauptsächlich unter Einsatz fossiler Brennstoffe) erzeugt, 34 % durch Kernkraft und der Rest durch Wasser- und Windkraft (überwiegend Wasserkraft) (Abb. 4.4). Die entsprechenden Zahlen für die EU betragen 52 bzw. 35 %.

Abb. 4.4: Stromversorgung in den EUA-Mitgliedsländern

Anmerkung: Fossile Brennstoffe sind der wichtigste Energieträger für die Erzeugung von Strom durch Wärmekraft. Weniger als 5 % des aus Wärmekraft stammenden Stroms werden durch Biomasse oder geothermische Quellen erzeugt.

Quelle: GD Energie

⊗ Für die Stromerzeugung in Wärmekraftwerken werden nach wie vor hauptsächlich fossile Brennstoffe eingesetzt. Aber auch die Kernkraft mit ihren spezifischen Umwelteinwirkungen und –risiken ist in einer Reihe von EUA-Mitgliedsländern zu einer zunehmend wichtigeren Quelle für die Stromerzeugung geworden.

Abb. 4.5: Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung in den EU-Mitgliedstaaten - 1996

Quelle: GD Energie

☹ Auf die erneuerbaren Energieträger entfallen nur in wenigen Mitgliedstaaten der EU größere Mengen der Stromerzeugung. Die Windkraft trägt trotz der in letzter Zeit hohen Wachstumsraten nur marginal und in wenigen Mitgliedstaaten zur Gesamterzeugung bei. Der Anteil der Solarenergie ist sogar noch geringer.

Den höchsten Anteil haben die erneuerbaren Energieträger an der Gesamtstromerzeugung im eigenen Land in Österreich, Portugal und Schweden (Abb. 4.5), während Schweden, Frankreich und Italien den größten Beitrag zur Gesamtstromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen auf EU-Ebene leisten. Unter den erneuerbaren Energieträgern spielt die Wasserkraft in der EU die bei weitem wichtigste Rolle. Der größte Teil des aus Wasserkraft gewonnenen Stromes wird in Großkraftwerken erzeugt, die erhebliche Auswirkungen auf die Ökosysteme haben können.

Bei der Erzeugung von Strom durch Wind- und Solaranlagen sind beachtliche Fortschritte erzielt worden, so z.B. bei Windenergie in Dänemark und Deutschland. Dennoch bleibt der derzeitige Beitrag des "grünen" Stroms weit hinter seinen Möglichkeiten zurück. Bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen könnte also mehr getan werden, um das EU-Ziel eines 12 %igen Anteils erneuerbarer Energien am Bruttoinlandsenergieverbrauch bis zum Jahre 2010 zu erreichen.

Kunden unter Strom

Die meisten Menschen genießen es, ab und zu ein heißes Bad zu nehmen, aber wie viele von ihnen denken dabei daran, daß nur ein Bad pro Woche neben dem täglichen Duschen die jährliche Stromrechnung des Haushalts um 223 kWh erhöht?

Die meisten Menschen haben Schwierigkeiten, die Bedeutung dieser Zahlen richtig einzuschätzen. Die Kunden des schwedischen Energieversorgungsunternehmens Vattenfall AB können jetzt Modelle zur Verbrauchsberechnung und zur Simulation der durch ihren Haushalt verursachten Umweltbelastung aus dem Internet abrufen. Der einzelne Haushalt kann dann gut informiert über das Maß an Umweltbelastung, das er hervorruft, selbst entscheiden.

Vattenfall bietet seinen Kunden mehrere unterschiedliche Arten von Strom an. Neben Strom aus gemischten Quellen (wenn der Kunde keinen speziellen Bezugswunsch äußert) ist Strom aus Wind- und Wasserkraft mit unterschiedlichen Umweltzertifizierungen lieferbar.

Viele schwedische Haushalte und Unternehmen stellen auf umweltzertifizierten Strom aus Wind- und Wasserkraft um, auch wenn die Preise geringfügig höher liegen. Nach Angaben der Vattenfall AB hat sich seit Juni 1998 der Absatz von Strom aus Windkraft um das Fünffache und der von Strom aus Wasserkraft um das 2,5fache erhöht.

Quelle: www.vattenfall.se; vgl. 'huset'

Durch Kraft-Wärme-Kopplung wurden 1996 in den EU-Mitgliedstaaten nur 10 % des Stromes gewonnen. Für die Erhöhung dieses Anteils haben sich die EU und einige Mitgliedstaaten Ziele gesetzt. Das EU-Ziel für 2010 ist ein Anteil in Höhe von 18 % an der Stromerzeugung insgesamt. Einige Mitgliedstaaten melden eine stärkere Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung, vor allem Dänemark, Finnland und die Niederlande und – in geringerem Maße – Österreich (Abb. 4.6).

Abb. 4.6: Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der Stromerzeugung in den EU-Mitgliedstaaten - 1996

Quelle: Eurostat

☺ Die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) spielt in einigen EU-Ländern eine wichtige Rolle, ist aber für die EU insgesamt -gemessen an dem gesteckten Ziel - noch gering.

4.3. Entwicklung von Indikatoren

Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt auf der Stromerzeugung. Einen vollständigeren Überblick über den Energiesektor könnte eine Analyse der Raffinerien, einem wichtigen Teil des Sektors, ergeben. Zwar ist die Datenverfügbarkeit im allgemeinen gut, doch sind zu den Maßnahmenindikatoren für die Kraft-Wärme-Kopplung, die erneuerbaren Energien, den Einsatz von Preismechanismen und die Energieeffizienz sowie zur Analyse ihrer Effektivität bei der Senkung der Umweltbelastungen weitere Untersuchungen erforderlich.

In Zukunft müssen auch Indikatoren für die Abfallerzeugung im Sektor, den Einsatz natürlicher Ressourcen, die Verschmutzung von Gewässern und die Abwasserbeseitigung mit berücksichtigt werden.

4.4. Verwendete und weiterführende Literatur

Europäische Kommission, GD XVIII (1998). *Energy in Europe, 1998 annual energy review, special issue*. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Kommission (1997). *Gemeinschaftsstrategie zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und zum Abbau von Hindernissen, die ihrer Entwicklung im Wege stehen*. KOM (97)514 endg. Europäische Kommission, Brüssel.

IEA/OECD (1999). *International Energy Agency/OECD balances 1996-97*. Internationale Energieagentur/OECD, Paris.

5. Verkehr

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Ökoeffizienz des Verkehrs	Konnte die Umwelteffizienz des Sektors verbessert werden?	Belastung	☹
Personenverkehrsnachfrage	Hat sich die Aufteilung der Verkehrsströme zugunsten umweltfreundlicher Beförderungsarten entwickelt?	Verursacher	☹
Güterverkehrsnachfrage	Hat sich die Aufteilung der Verkehrsströme zugunsten umweltfreundlicher Beförderungsarten entwickelt?	Verursacher	☹
Preis von Kraftstoffen im Verkehrssektor	Fördert die Entwicklung der Kraftstoffpreise eine Verringerung des Straßenverkehrs?	Verursacher	☹

Durch ein rasch zunehmendes Verkehrsaufkommen, vor allem auf der Straße und in der Luft, wurden im letzten Jahrzehnt aus technischen Verbesserungen resultierende Umweltverbesserungen zunichte gemacht. Es sind Maßnahmen zur Bedarfssteuerung notwendig, um die Zunahme des Verkehrsaufkommens vom wirtschaftlichen Wachstum abzukoppeln und ein verbessertes Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Beförderungsarten zu erreichen. Derzeit können die erheblichen externen Kosten des Sektors durch die Erträge aus dem Verkehrssystem nur teilweise gedeckt werden, und die Preisgestaltung begünstigt meist den privaten Straßenverkehr gegenüber öffentlichen Verkehrsmitteln.

Als unverzichtbarer Faktor für Wirtschaftstätigkeit und Wohlstand trägt der Verkehr immer stärker zu vielen Belastungen für die Umwelt und die menschliche Gesundheit bei - insbesondere Klimaveränderung, Versauerung, Ozonbildung in Bodennähe, Luftverschmutzung, Lärm, Flächenverbrauch und Zerstörung natürlicher Lebensräume. Die gemeinsame Verkehrspolitik (Europäische Kommission, 1998) bietet einen Rahmen, in dem die Sicherung des Verkehrsnetzes mit Anstrengungen zur Verbesserung der Umweltsituation und der Verkehrssicherheit koordiniert werden kann. In einer kürzlich veröffentlichten politischen Erklärung der Europäischen Kommission zur Gemeinsamen Verkehrspolitik für den Zeitraum 2000 - 2004 heißt es: *"Eine besondere Aufmerksamkeit wird Maßnahmen zur Entkoppelung des Wirtschaftswachstums vom Verkehrsaufkommen und vom Energieverbrauch sowie der Entwicklung umweltfreundlicher alternativer Energien für den Verkehr zu schenken sein."*

5.1. Ökoeffizienz des Verkehrs

Der Verkehr ist sehr stark von nicht erneuerbaren fossilen Brennstoffen abhängig und hat deshalb maßgeblichen Anteil an der Verursachung von Treibhausgas-Emissionen (vor allem Kohlendioxid-Emissionen, siehe Abbildung 5.1). Bei der Energie- und Kohlendioxid-Effizienz (d.h. dem Energieverbrauch pro Fahrgast und pro Transporteinheit im Güterverkehr) konnten seit Anfang der 70er Jahre kaum Fortschritte erzielt werden. Durch den zunehmenden Einsatz schwererer Fahrzeuge mit höherer Motorleistung - in Verbindung mit sinkenden Belegungs- und

Fahrzeugauslastungsgraden - wurden die Verbesserungen bei der Energieeffizienz der Fahrzeuge durch den technologischen Fortschritt mehr als ausgeglichen. Das hat dazu geführt, daß sich durch das steigende Verkehrsaufkommen zwischen 1990 und 1996 der Energieverbrauch um 14 % und die Kohlendioxid-Emissionen um 12 % erhöhten. Diese Entwicklungen machen deutlich, daß jetzt vor allem Maßnahmen zur Bedarfssteuerung im Sinne einer Verringerung des Verkehrsaufkommens sowie technische Effizienzverbesserungen notwendig sind, um den Energieverbrauch und die Emissionen dieses Sektors zu vermindern.

Abbildung 5.1: Umweltprofil des Verkehrs in den EU-Mitgliedstaaten, 1996

Quelle: EUA - ETC/Luftemissionen und Eurostat

Im Jahr 2010 wird der Verkehr voraussichtlich die Hauptquelle von Treibhausgas-Emissionen in der EU sein. Dadurch könnte das Erreichen des Zieles einer Verringerung der Treibhausgas-Emissionen um 8 % bis zu den Jahren 2008 - 2012 gefährdet werden, zu der sich die EU im Kyoto-Protokoll verpflichtet hat.

Positiv ist zu vermerken, daß sich die Emissionen von flüchtigen organischen Nichtmethanverbindungen und Stickstoffoxiden seit 1990 verringert haben (Abbildung 5.2), was vor allem auf die Einführung von Katalysatoren bei Kraftfahrzeugen zurückzuführen ist. Die Verringerung stellte sich jedoch langsamer ein als erwartet, da die durch technische Verbesserungen bei den Motoren erzielten Verbesserungen durch die steigende Verkehrsnachfrage zum Teil wieder zunichte gemacht wurden. Der Verkehr ist weiterhin ein wichtiger Verursacher von Versauerung und Beeinträchtigungen der Luftqualität (Abbildung 5.1). Eine weitere erhebliche Verringerung der Emissionen aus dem Straßenverkehr ist bei der Umsetzung der Richtlinien aus dem Auto-Öl-Programm zu erwarten (siehe Kapitel 10).

Der Verkehrslärm ist ein Hauptproblem der städtischen Umwelt, doch liegen hierüber keine vereinheitlichten Länderdaten vor. Es wird jedoch geschätzt, daß über 30 % aller EU-Bürger starkem Straßenverkehrslärm, $\pm 10\%$ der Menschen einem hohen Lärmpegel durch Bahnverkehr und wahrscheinlich ähnlich viele Personen Lärmemissionen von Flugzeugen ausgesetzt sind. Die Verkehrsinfrastruktur beansprucht große Flächen und kann ein Hindernis für die Bewegung von Tier- und Pflanzenarten darstellen. Sie hat somit direkte Auswirkungen auf das Vorkommen und die Ausbreitung von Tier- und Pflanzenarten (siehe Abbildung 14.3).

Abbildung 5.2: Ökoeffizienz des Verkehrs (Luftemissionen) in den Mitgliedstaaten der EU

Quelle: EUA - ETC/Luftemissionen und Eurostat

☺ Bei der Ökoeffizienz des Verkehrs konnten in den Mitgliedstaaten der EU in begrenztem Umfang Verbesserungen erzielt werden.

5.2. Trends im Verkehr

Das Volumen des Personen- und Güterverkehrs hat sich in den vergangenen 25 Jahren mehr als verdoppelt. Das stärkste Wachstum verzeichneten Luft- und Straßenverkehr (Abbildung 5.3, Abbildung 5.4 und Tabelle 5.1). In den letzten Jahrzehnten hat sich der Verkehr in erheblichem Umfang auf die Straße verlagert: Der Pkw-Anteil am Personenverkehr stieg zwischen 1970 und 1997 von 65 % auf 74 %, und 45 % des

gesamten Güterverkehrs (gegenüber 30 % im Jahr 1970) wird heute per LKW abgewickelt.

Zwischen 1970 und 1997 erhöhten sich das Personen- und Güterverkehrsaufkommen in der EU jährlich im Schnitt um 2,8 % bzw. 2,6 %, während das Bruttoinlandsprodukt (BIP) im selben Zeitraum um 2,5 % stieg. Vor allem beim Personenverkehr auf der Straße und bei Flugreisen kann die starke Nachfragesteigerung auf höhere Einkommen, real sinkende Beförderungspreise und veränderte Reisegewohnheiten (beispielsweise als Folge der Urbanisierung) zurückgeführt werden. Beim Güterverkehr stehen Nachfrage und Intensität wiederum in engem Zusammenhang mit Veränderungen des Volumens und der Struktur der Wirtschaft und der Infrastrukturversorgung.

Strategien bei der Infrastrukturplanung (die zwischen 1970 und 1996 zu einer Zunahme des Autobahnnetzes um 195 % geführt haben, während sich der Umfang des Schienennetzes leicht verringerte) haben in den letzten Jahrzehnten die Verlagerung des Verkehrs auf die Straße verstärkt. Durch Maßnahmen im Rahmen der gemeinsamen Verkehrspolitik der EU zur Stärkung des Eisenbahnverkehrs und zur Förderung von Binnenschifffahrt, kombiniertem Verkehr und öffentlichen Verkehrsmitteln konnte diese Entwicklung bisher nicht gestoppt werden. Einige positive Entwicklungen sind jedoch zu beobachten, wie beispielsweise eine verbesserte Leistungsfähigkeit bei der Kurzstreckebeförderung auf dem Seeweg und der Ausbau des Netzes für Hochgeschwindigkeitszüge. Eine verbesserte Koordination zwischen Verkehrs- und Raumplanung (auf städtischer und regionaler Ebene) und der Einsatz von Telekommunikationsmitteln könnten ebenfalls dazu beitragen, daß sich die Zugangsmöglichkeiten verbessern und der Mobilitätsbedarf gleichzeitig gesenkt wird. Solche Bedarfssteuerungsmaßnahmen kommen in der gemeinsamen Verkehrspolitik jedoch nur unzureichend zum Einsatz.

Abbildung 5.3: Personenverkehr in den EU-Mitgliedstaaten

Quelle: Eurostat

Abbildung 5.4: Güterverkehr in den EU-Mitgliedstaaten

Quelle: Eurostat

⊗ Das Volumen des Personen und Güterverkehrs hat sich in den letzten 25 Jahren mehr als verdoppelt. Der Straßenverkehr ist zur wichtigsten Beförderungsart geworden.

5.3. Preise und Steuern

Die Preisgestaltung ist eines der wichtigsten politischen Instrumente zur Förderung eines umweltfreundlichen Gleichgewichts zwischen den verschiedenen Beförderungsarten. Zur Zeit begünstigt die Preisgestaltung jedoch meist den privaten Straßenverkehr gegenüber den öffentlichen Verkehrsmitteln. So sind die Fahrpreise für Züge und Busse im letzten Jahrzehnt schneller gestiegen als das Bruttoinlandsprodukt (BIP), während die Kosten für den Betrieb eines Privatwagens weitgehend stabil blieben (EUA, 2000). Diese Preisentwicklung bei privaten und öffentlichen Dienstleistungen ist zum Teil darauf zurückzuführen, daß die Kraftstoffpreise für den Straßenverkehr (die wahrgenommenen Grenzkosten für den Betrieb eines Privatkraftwagens) in den 90er Jahren nur leicht gestiegen sind (Abbildung 3.5 und Abbildung 5.5). Verschiedene Strategien zur Förderung einer fairen und effizienten Preisgestaltung wurden mit dem Aktionsplan zur gemeinsamen Verkehrspolitik 1995 - 2000 ins Leben gerufen.

Derzeit können die erheblichen externen Kosten des Verkehrssektors durch die Einkünfte nur teilweise gedeckt werden. Die externen Kosten, die durch Straßen- und Schienenverkehrslärm, Luftverschmutzung, Klimaveränderung und Unfälle entstehen, werden auf etwa 4 % des BIP geschätzt; hinzu kommen der Verschleiß von Infrastruktur und Verluste durch Verkehrsüberlastung. Die Kosten, für die nicht die Verbraucher selbst aufkommen, werden für das Jahr 1991 beim Straßenverkehr auf 70 % und beim Schienenverkehr auf 62 % geschätzt (EUA, 1999). Es wird erwartet, daß die Internalisierung externer Kosten zu technologischen Verbesserungen und erhöhter operativer und organisatorischer Effizienz führen wird. Die Auswirkungen auf die Mobilitätsnachfrage und die Verkehrsaufteilung wird insgesamt geringer eingeschätzt und wird auch in starkem Maße von der Bereitstellung effizienter Alternativen abhängen, die beispielsweise den Straßenverkehr ersetzen können. Es wird geschätzt, daß eine Politik der Internalisierung externer Kosten mittelfristig zu einer Verringerung des Verkehrsaufkommens (Personen- und Güterverkehr) um 10 - 15 % im Vergleich zu den Werten führen würde, die bei Fortsetzung der gegenwärtigen Trends zu erwarten sind (ECMT, 1998).

Die Kraftstoffsteuer bringt von allen Umweltsteuern (in den Bereichen Energie, Umweltverschmutzung und Verkehr) die höchsten Erträge ein (siehe Kapitel 15). Die Kraftstoffpreise sind in den einzelnen Mitgliedstaaten recht unterschiedlich. In einigen Ländern ist ein Aufwärtstrend, in anderen eine sinkende Tendenz zu verzeichnen. Die Kraftstoffsteuern werden vorwiegend dazu eingesetzt, die Verlagerung auf umweltfreundlichere Kraftstoffe zu fördern. Die Staffelung der Kraftstoffsteuern war beispielsweise ein wichtiger Faktor bei der stufenweisen Abschaffung von verbleitem Benzin in der EU. 1998 war verbleites Benzin 4 - 17 % teurer als bleifreies Benzin und bis zu 58 % teurer als Diesel. Das führte dazu, daß unverbleite Kraftstoffe 1997 einen Marktanteil von 75 % erreichten und im Jahr 2005 voraussichtlich kein verbleites Benzin mehr im Handel sein wird. Durch erhöhte Kraftstoffsteuern werden Energieeinsparungen durch technische Verbesserungen gefördert und die Kraftstoffnachfrage somit gesenkt.

Abbildung 5.5: Kraftstoffpreise im Straßenverkehr in den EU-Mitgliedstaaten

Preis von verbleitem Benzin

Preis von unverbleitem Benzin

Preis von Dieselmotorkraftstoff

Anmerkung: Es wurde der Kurs des ECU von 1990 zugrundegelegt. In Österreich, Dänemark, Finnland, Deutschland, den Niederlanden und Schweden wird kein verbleites Benzin mehr verkauft.

Quelle: Eurostat

☺ Die Preise für Kraftstoffe im Verkehrssektor sind seit 1990 nur leicht gestiegen.

Eine Möglichkeit zur effizienteren Gestaltung der Besteuerung ist die Umstellung von nationalen Abgaben (z.B. jährlichen Kraftfahrzeugsteuern) auf eher räumlich orientierte Gebühren (z.B. kilometerabhängige Gebühren oder Straßenbenutzungsgebühren). Die Einführung von grenzkostenbezogenen Gebühren, wie z.B. elektronisch erhobene kilometerabhängige Benutzungsgebühren für LKW, wird als notwendige Ergänzung zu

den Kraftstoffsteuern angesehen (ECMT, 1999). Straßenbenutzungsgebühren werden bereits in manchen Ländern auf Autobahnen und in einigen Fällen auch im innerstädtischen Verkehr erhoben. Der Anteil der Einkünfte aus Verkehrssteuern (Kraftstoffsteuern nicht eingerechnet) an der allgemeinen Steuerlast hat sich jedoch zwischen 1980 und 1997 nicht verändert (siehe Abbildung 15.2), was deutlich macht, daß eine klar definierte Wende zu einer ökologischen Steuerreform in diesem Bereich nicht stattgefunden hat.

Preisveränderungen sind nur einer der Faktoren, die die Verkehrsnachfrage beeinflussen: Bequemlichkeit und Sicherheit haben ebenfalls entscheidenden Einfluß auf die Entscheidung des einzelnen, ob und wie er sich fortbewegt.

Fahrradfreundliche Arbeitgeber in Nottingham

Der Autoverkehr nimmt in ganz Europa weiter zu, doch bei mehr als der Hälfte aller Autofahrten wird eine Strecke von weniger als 6 km zurückgelegt; bei 10 % handelt es sich um Kurzstrecken von weniger als 1000 m. Kurze Autofahrten sind besonders umweltbelastend.

In einem Fünftel aller Autos, die auf den Straßen des Vereinigten Königreichs unterwegs sind, fahren Menschen zur Arbeit oder von der Arbeit nach Hause. Verschiedene Radfahrervereinigungen darunter Sustrans und der Cycle Touring Club haben sich zusammengeschlossen, um Arbeitgeber über Möglichkeiten zur Erstellung ökologischer Pendlerprogramme für ihre Mitarbeiter zu informieren. Sie werden über Zugangswege, sichere Parkmöglichkeiten, Sensibilisierung der Mitarbeiter, die Bereitstellung von Umkleideräumen und die Schaffung von Anreizen für die Benutzung des Fahrrads oder öffentlicher Verkehrsmittel für dienstliche Fahrten beraten.

Als entscheidender Hinderungsgrund für die Benutzung des Fahrrads auf dem Weg zur Arbeit wird oft die mangelnde Sicherheit im Straßenverkehr genannt. In Nottingham beteiligte sich das zum Boots-Konzern gehörende Unternehmen plc an der Finanzierung eines kombinierten Fußgänger-/Radweges zum Eingang des Betriebsgeländes. Andere Unternehmen in Nottingham leisteten einen Beitrag zur Verbesserung der städtischen Fahrrad-Infrastruktur.

Quelle: Sustrans-Informationsblatt über fahrradfreundliche Arbeitgeber. www.sustrans.org.uk

Ergebnisse einer Verkehrsumfrage in Nottingham über Faktoren, die die Fahrradnutzung auf dem Weg zur Arbeit fördern

5.4. Entwicklung von Indikatoren

In diesem Kapitel werden einige der 31 Indikatoren zur Einbeziehung von Umweltbelangen in die Verkehrspolitik aufgeführt, die im Rahmen des Mechanismus für die Berichterstattung über Verkehr und Umwelt der EU (TERM) entwickelt werden (EUA, 2000). Ein vorrangiges Ziel ist die Verbesserung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Emissionsschätzungen, insbesondere für die Treibhausgase. Bei vielen Indikatoren für Umweltbelastungen ist noch eine genauere Aufschlüsselung nach Beförderungsart erforderlich.

Zu den künftigen Aufgaben gehört die Verbesserung bzw. Ergänzung von TERM-Indikatoren über gesundheitliche Auswirkungen der Luftverschmutzung durch den Verkehr, die Lärmbelastung durch den Verkehr, die Zerschneidung von Lebensräumen, Preise und Steuern im Verkehrssektor, externe Effekte des Verkehrs und die Energieeffizienz des Personen- und Güterverkehrs. Ebenfalls wünschenswert wäre eine Analyse der Wirksamkeit von umweltpolitischen Maßnahmen wie beispielsweise des Einsatzes von wirtschaftlichen Instrumenten (Preise, Beihilfen, Steuern).

Tabelle 5.1: Jährlicher PKW-Personenverkehr pro Kopf

Einheit 1000 Personen-Km/Kopf

	1980	1990	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Österreich	6,3	8,1	8,8	8,5	8,5	8,5	8,2	8,3
Belgien	6,6	8,1	8,4	8,6	8,8	9,0	9,1	9,2
Dänemark	7,4	10,4	10,9	11,1	11,4	11,7	12,1	12,4
Finnland	7,1	10,3	10,0	9,8	9,7	9,8	9,8	10,0
Frankreich	8,4	10,3	10,8	11,0	11,2	11,4	11,6	11,7
Deutschland	6,6	8,6	8,9	9,0	8,9	8,9	8,9	9,0
Griechenland	2,9	4,8	4,9	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
Großbritannien	7,0	10,4	10,3	10,2	10,3	10,4	10,6	10,7
Irland	8,2	10,4	10,9	11,2	11,5	11,8	12,1	12,5
Italien	5,7	9,2	10,6	10,6	10,5	10,7	10,8	11,0
Luxemburg	7,4	10,5	11,0	11,3	11,4	11,5	11,3	11,5
Niederlande	7,6	9,1	9,1	9,2	9,5	9,5	9,4	9,7
Portugal	4,2	6,6	7,3	8,4	9,1	10,0	10,6	11,0
Spanien	5,1	7,3	7,8	8,0	8,1	8,4	8,6	8,9
Schweden	8,0	10,5	10,6	10,4	9,6	9,9	10,5	10,6
EU	6,6	9,1	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,1

Quelle: GDVII; Eurostat

5.5. Verwendete und weiterführende Literatur

ECMT (1998). *Efficient transport for Europe – policies for internalisation of external costs*. Europäische Verkehrsministerkonferenz, Paris.

ECMT (1998). *Efficient transport taxes: international comparison of the taxation of freight and passenger transport by road and rail*. (in Vorbereitung) Paris.

EUA (1999). *Umwelt in der Europäischen Union – an der Wende des Jahrhunderts*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (2000). *Stimmt die Richtung? Indikatoren zur Integration von Verkehr und Umwelt in der EU*. (in Vorbereitung) Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

Europäische Kommission (1995), *Faire und effiziente Preise im Verkehr*: KOM(95)691. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Kommission (1998). *Die gemeinsame Verkehrspolitik - Nachhaltige Mobilität: Perspektiven für die Zukunft*. Europäische Kommission, Brüssel.

6. Landwirtschaft

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Ökoeffizienz in der Landwirtschaft	Wurden in der Landwirtschaft Fortschritte erzielt?	Belastung	☹️
Tierbestände	Wie hat sich die Landwirtschaft in bezug auf folgende umweltbezogene Aspekte entwickelt: Eutrophierung	Verursacher	☹️
Düngemittelverbrauch pro Hektar	„	Verursacher	☹️
Bewässerte Fläche	Wasserbelastung	Verursacher	☹️
Pestizidverbrauch pro Hektar	Wasserqualität	Verursacher	☹️
Im ökologischen Landbau bewirtschaftete Fläche	Weniger umweltbelastende landwirtschaftliche Verfahren	Maßnahme	😊

Die Landwirtschaft ist insgesamt unweilteffizienter geworden, doch die Belastungen haben sich, auch wenn erhebliche regionale Unterschiede bestehen, offenbar nicht verringert. Dies ist vor allem auf die fortschreitende Intensivierung und den damit verbundenen Einsatz großer und ökologisch kritischer Mengen von Pestiziden und Düngemitteln zurückzuführen. Andererseits hat sich der Anteil der durch Bewirtschaftungsverträge abgedeckten oder im ökologischen Landbau bewirtschafteten landwirtschaftlichen Nutzflächen erhöht.

In der Landwirtschaft, auf die 2,3 % des Bruttoinlandsprodukts und 5,3 % der Beschäftigung in der EU entfallen, sind im Zuge der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) und ihrer späteren Reformen zweifellos strukturelle Veränderungen im Gange. Auch Umfang und Vielfalt der Landwirtschaft wurden und werden durch veränderte Nachfragemuster, veränderte ländliche Strukturen, den technologischen Fortschritt und die Globalisierung der Wirtschaft stark beeinflusst. Diesen Trends werden sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Leistungen des Sektors im Hinblick auf Umweltqualität und Naturschutz zugeschrieben.

Mit dem Konzept der "Multifunktionalität" der Landwirtschaft sollen, wie in der Agenda 2000 betont wird, die verschiedenen Herausforderungen für diesen Sektor herausgestellt werden: die Erzeugung von Nahrungsmitteln, Fasern und Energieträgern; die Erhaltung der ländlichen Umwelt und Landschaft und die Förderung der Lebensfähigkeit der ländlichen Gebiete und einer ausgewogenen regionalen Entwicklung. Unter umweltpolitischen Gesichtspunkten entspricht eine ausgewogene Berücksichtigung dieser Ziele einer Verbesserung der Ökoeffizienz, d.h. einer Verringerung der Umweltbelastung bei gleichzeitiger Erhaltung eines bestimmten Produktivitätsniveaus. Die Ökoeffizienz in der Landwirtschaft wird in diesem Bericht versuchsweise anhand eines Vergleichs der Methanemissionen und ausgewählter Einträge mit den Entwicklungen in der Bruttowertschöpfung der Landwirtschaft (die in etwa den Gesamteinkünften entspricht) dargestellt (Abbildung 6.1).

6.1. Ökoeffizienz in der Landwirtschaft: Einige Aspekte

Abbildung 6.1: Ökoeffizienz in der Landwirtschaft in den Mitgliedstaaten der EU

Quelle: EMEP, IPCC, ECPA, OECD, FAO und Eurostat

☹ Insgesamt hat sich die Ökoeffizienz in der Landwirtschaft seit 1990 nur geringfügig verbessert.

Seit 1980 hat sich die Bruttowertschöpfung in der Landwirtschaft um 25 % erhöht und ist damit langsamer gestiegen als in anderen Sektoren. Dieser Zuwachs ist zum Teil auf Produktivitätssteigerungen und zum Teil auf eine steigende Verbrauchernachfrage nach Luxusprodukten mit hoher Wertschöpfung zurückzuführen. Gleichzeitig hat sich der Düngemiteleinsatz auf einem niedrigeren Niveau eingependelt (Abbildung 6.3), ohne daß die Erträge dadurch beeinträchtigt wurden. Die Erträge konnten gesteigert werden, indem durch Pflanzentechnologie das Gewicht des eßbaren Pflanzenteils im Verhältnis zum nicht eßbaren Teil erhöht wurde. Außerdem wurde mehr organischer Dünger eingesetzt. Die verringerten Methanemissionen werden auf eine verbesserte Nutzung von Tierfutter in der intensiven Viehwirtschaft und die sinkende Zahl der Rinder zurückgeführt (Abbildung 6.2).

Diese Veränderungen legen die Vermutung nahe, daß Verbesserungen bei der Ökoeffizienz der Landwirtschaft zum größten Teil durch unabhängige Entwicklungen in der Produktionseffizienz als Folge der landwirtschaftliche Forschung und des Verhaltens der Landwirte bedingt sind.

Während die wirtschaftliche Effizienz gesteigert wurde, ist jedoch die Menge der Einträge pro Hektar in den letzten Jahren konstant geblieben oder gestiegen (Abbildung 6.3 und Abbildung 6.5). Dies ist auf zwei Trends zurückzuführen: die kontinuierliche Verringerung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und die Intensivierung der Produktion (mit einer erhöhten Wertschöpfung pro Hektar). Diese Entwicklung steht voll und ganz im Einklang mit der GAP. In der Anfangszeit der GAP ging es vor allem um die Stützung der Produktpreise, seit den Reformen der GAP von 1992 und 1999 wird ein Großteil der Mittel zur Stützung landwirtschaftlicher Einkommen und für Ausgleichszahlungen verwendet, nur ein geringer Teil der Mittel fließt in Umweltschutzprogramme für die Landwirtschaft. Durch den Schutz der Produktion - in die möglicherweise mehr nicht-landwirtschaftliche Ressourcen flossen als sonst der Fall gewesen wäre - wurde die Intensivierung stimuliert. In dieser Situation ist die Einbeziehung von Umweltbelangen und die Umsetzung politischer Maßnahmen zur Verringerung von Stickstoffüberschüssen, Pestizidrückständen und/oder Wasserverbrauch keine leichte Aufgabe. Dies erklärt teilweise, warum die Einbeziehung von Umweltbelangen in der Landwirtschaft recht langsam vorangeht.

Der Umfang, in dem diese Entwicklungen eingetreten sind und aktiv unterstützt werden, ist innerhalb Europas sehr unterschiedlich. Form und Vielfalt der Landwirtschaft spiegeln die geographische Gestalt und politische Geschichte Europas wider. Nordwest-Europa wird allgemein mit großen, ertragreichen Ackerlandflächen und Viehzuchtbetrieben in Verbindung gebracht, während für Süddeutschland, Frankreich sowie Nord- und Mittelitalien gemischte oder in kleine Einheiten aufgegliederte Produktionsmodelle typisch sind (Potter, 1997). In Südeuropa findet sich meist eine weniger intensive Landwirtschaft. Auch in Teilen Nordeuropas gibt es jedoch bedeutende extensive Landwirtschaft, beispielsweise in Höhen- und Bergregionen, und

in Südeuropa existiert durchaus eine intensive Landwirtschaft, z.B. im Obst- und Gemüsebau.

Der Saldo zwischen den positiven Aspekten der Landwirtschaft (z.B. Erhaltung von Kulturlandschaften und ländlichen Gebieten, Kohlenstoffbindung, Wasserwirtschaft) und ihren negativen Aspekten (z.B. schlechte Wasserqualität, überhöhter Wasserverbrauch, Luftverschmutzung, Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt, Bodendegradation und Abfälle) ist je nach Region unterschiedlich. Eine Reihe von Faktoren spielen hier eine Rolle - von natürlichen Gegebenheiten (Bodenbeschaffenheit, Wasserverfügbarkeit, Klima) bis zu landwirtschaftlichen Verfahren (Intensivierung/Extensivierung, Umweltschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft).

6.2. Trends in der Landwirtschaft

In den letzten Jahrzehnten erlebte die Landwirtschaft in der EU eine zunehmende Spezialisierung und konzentrierte sich in den Gebieten mit den niedrigsten Produktionskosten. Dieser Prozeß, der vor allem durch den technologischen Wandel und preiswertere und schnellere Transportmöglichkeiten angestoßen wurde, vollzog sich durch zunehmende Intensivierung auf den besten Böden und in strategisch günstigen Produktionsgebieten in der Nähe bedeutender Märkte. So stammen z.B. 80% der landwirtschaftlichen Intensivproduktion in der EU aus den Küstengebieten der Nordsee und des Ärmelkanals. Höhere Arbeitskosten und sinkende Preise haben ebenfalls zur verminderten wirtschaftlichen Tragfähigkeit der Landwirtschaft in Randgebieten beigetragen, wo es zu Aufforstung, Entstehung von Grenzertragsflächen oder teilweise sogar völliger Stilllegung der Nutzflächen kommt.

In den letzten 20 Jahren verringerten sich die landwirtschaftlichen Produktionsflächen um 5 %, und die Ackerlandflächen nahmen auf Kosten des Dauergrünlands zu. Dennoch bearbeiten die Landwirte immer noch 44 % der Fläche Europas, der Landwirtschaft kommt also eindeutig eine Schlüsselrolle in der Gesellschaft zu.

Im Rahmen der Bemühungen zur Verringerung der Umweltbelastungen wurden auch die Leitsätze für die gute landwirtschaftliche Praxis erstellt, die Landwirten und Beratern helfen sollen, den Schadstoffausstoß in die Umwelt zu minimieren (MAFF, 1988). Viele Mitgliedstaaten haben als Reaktion auf die Nitratrichtlinie Maßnahmen ergriffen, deren Anforderungen aber meist nicht erfüllt. Einige Mitgliedstaaten haben Steuern auf Pestizide und Düngemittel sowie Umweltschutzmaßnahmen für die Landwirtschaft im Zuge der GAP-Reform von 1992 eingeführt. Im Rahmen der Agenda 2000 sollen die Mitgliedstaaten Leitsätze für die gute landwirtschaftliche Praxis erarbeiten, die sämtliche umweltrelevanten landwirtschaftlichen Einträge abdecken.

6.2.1. Tierbestände

Im Gegensatz zur Zahl der Rinder haben sich die Schweine- Geflügel-, Schaf- und Ziegenbestände vergrößert (Abbildung 6.2), während sich die für die Haltung dieser Tiere verwendete Nutzfläche insgesamt verringert hat. Hier zeigt sich die Tendenz zur Spezialisierung und Intensivierung. Durch die Lebensmittelskandale der letzten Zeit, die Sorge um das Wohl der Nutztiere und die Risiken im Zusammenhang mit den an sie verfütterten Futtermitteln werden einige moderne landwirtschaftliche Verfahren zunehmend in Frage gestellt.

Abbildung 6.2: Tierbestände in den EUA-Mitgliedsländern

Anmerkungen: Die Anzahl der Hühner ist in 10 Mio. Tieren angegeben.
Die Ziegenbestände in Dänemark, Irland, Schweden und dem Vereinigten Königreich wurden nicht berücksichtigt.
Die Hühnerbestände in Liechtenstein wurden nicht berücksichtigt.

Quelle: FAO

☺ Die Tierbestände in den EUA-Mitgliedsländern haben sich insgesamt vergrößert. In einigen Regionen haben sich die landwirtschaftlichen Betriebe stärker konzentriert, und die Effizienz in der Viehwirtschaft hat zugenommen.

Eine hohe Viehdichte geht mit einer übermäßigen Konzentration an Dung und einer erhöhten Gefahr der Wasserverschmutzung einher (siehe Kapitel 13). Auch zu den gasförmigen Emissionen trägt die Viehwirtschaft in erheblichem Umfang bei: Etwa 80 - 90 % aller Ammoniak-Emissionen (aus Ställen) und 45 % aller Methan-Emissionen stammen aus der Tierhaltung (siehe Abbildung 10.12 und 8.4).

6.2.2. Einsatz von Düngemitteln

Der Einsatz anorganischer Düngemittel (Stickstoff und Phosphor) wurde verringert, zeigt in jüngster Zeit jedoch wieder eine steigende Tendenz (Abbildung 6.3 und Tabelle 6.1). Teilweise ist die anfangs rückläufige Entwicklung wohl auf die Verwendung von Tierdung als Ergänzung oder Ersatz für anorganische Düngemittel zurückzuführen.

Rechtsvorschriften wie die Nitratrichtlinie und die Verordnung Nr. EWG/2078/92 über umweltgerechte Landwirtschaft zielen außerdem auf eine Verringerung der Nährstoffeinträge in Binnengewässer ab. Mitte der 90er Jahre führten Norwegen und Schweden Düngemittelsteuern ein. Schweden verfolgt damit das Ziel, den Stickstoffverbrauch bis zum Jahr 2000 um 20 % zu senken (Pretty, 1998). Darüber, ob der Düngemiteleinsatz durch diese Maßnahmen merklich zurückgegangen ist, sind die Meinungen geteilt.

Die Landwirtschaft ist nach wie vor die Hauptquelle der Stickstoffverschmutzung in Europa. Der Stickstoffüberschuß in der EU ging zwischen 1990 und 1995 nicht zurück (siehe Abbildung 13.3), wodurch die Wasserqualität beeinträchtigt und die menschliche Gesundheit potentiell gefährdet wird.

Abbildung 6.3: Düngemittelverbrauch pro Flächeneinheit der landwirtschaftlichen Nutzfläche in den EUA-Mitgliedsländern

Anmerkung: Ohne Liechtenstein

Quelle: FAO

☺ Der Einsatz von Stickstoff- und Phosphordünger wurde verringert, zeigt jedoch seit 1992 erneut eine steigende Tendenz. Trotz des verringerten Düngemiteleinsatzes werden die Erträge weiter gesteigert.

6.2.3. Bewässerte Fläche

Die Landwirtschaft verbraucht von allen Sektoren die größte Wassermenge (30 % des Wasserverbrauchs in den EUA-Mitgliedsländern, siehe Abbildung 12.3). Zwischen 1980 und 1996 hat die bewässerte Fläche vor allem in Südeuropa erheblich (um etwa 15 %) zugenommen (Abbildung 6.4). So hat sich beispielsweise in Frankreich die bewässerte Fläche zwischen 1980 und 1995 mit einer Zunahme von 870.000 Hektar auf 2,5 Mio. Hektar mehr als verdreifacht.

Die größte bewässerte Fläche besteht bei Maiskulturen. Bewässerung wird auch bei anderen einjährigen oder Dauerkulturen eingesetzt, um die Erträge zu steigern oder zu stabilisieren und eine hohe Produktqualität zu gewährleisten. Die Ausweitung der bewässerten Flächen hat dazu geführt, daß mehr nicht-landwirtschaftliche Ressourcen nachgefragt und eingesetzt werden. Dadurch entstehen zusätzlich zur Wasserbelastung weitere Belastungen für die Umwelt. Durch effizientere Bewässerungsverfahren wie die Tropfbewässerung konnte die Wassermenge verringert werden, doch die Wirkung dieser Verbesserungen wurde oft durch eine Zunahme der bewässerten Fläche aufgehoben.

Der Verlust landwirtschaftlicher Lebensräume, die an die trockeneren, traditionell weniger intensiven landwirtschaftlichen Verfahren Südeuropas gebunden waren, gibt ebenfalls Anlaß zur Sorge.

Abbildung 6.4: Anteil bewässerter Flächen an der Gesamtfläche in den südlichen EUA-Ländern und in den EUA-Mitgliedsländern insgesamt

Anmerkung: Angaben für Island, Irland und Liechtenstein wurden bei den Gesamtdaten nicht berücksichtigt.
Die Angaben zu Dänemark und den Niederlanden beziehen sich auf alle Flächen, die bewässert werden können (d.h. die landwirtschaftlichen Betriebe verfügen über Bewässerungsanlagen); es wird nicht zwischen der gesamten Bewässerungsfläche und den tatsächlich bewässerten Flächen unterschieden.

Quelle: FAO, Eurostat/NewCronos

☹ Die bewässerte Fläche hat, vor allem in den südeuropäischen Ländern, leicht zugenommen.

6.2.4. Einsatz von Pestiziden

Die Menge der verwendeten Pestizide (einschließlich Insektizide, Fungizide, Herbizide und andere Pflanzenschutzmittel) ist bezogen auf den Wirkstoffgehalt seit Anfang der 90er Jahre sowohl absolut als auch in bezug auf die Aufwandmenge zurückgegangen (Abbildung 6.5). Die Reformen der GAP von 1992 haben möglicherweise zu einer Verringerung des durchschnittlichen Pestizideinsatzes pro Hektar beigetragen. Ein weiterer Faktor ist die gleichzeitige Verbesserung der Pestizide, wodurch diese wirksamer und anwendungsspezifischer werden, aber auch ihre Toxizität zunimmt. Seit 1995 ist jedoch eine leichte Zunahme des Pestizideinsatzes zu verzeichnen. Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, die Niederlande und Schweden haben Zielvorgaben für die Verringerung des Pestizideinsatzes festgelegt. Ein solches Ziel wird auch im Fünften Umwelt-Aktionsprogramm der Europäischen Kommission angeregt. Trotzdem bedient sich die moderne Landwirtschaft nach wie vor in großem Umfang dieser nicht-landwirtschaftlichen Ressource.

Abgesehen von wenigen Ausnahmen, wie z.B. dem Atrazin, sind die Rückstandskonzentrationen offenbar trotz der EU-Rechtsvorschriften über

Pestizidrückstände in behandelten Kulturen, Oberflächentrinkwasser und Grundwasser nicht zurückgegangen (EUA, 1999).

Abbildung 6.5: Durchschnittlicher Pestizidverbrauch pro Flächeneinheit der landwirtschaftlichen Nutzfläche in den EUA-Mitgliedsländern

Anmerkung: Gewicht der verwendeten Wirkstoffe

Quelle: Eurostat; FAO; ECPA; OECD

⊗ Trotz einer verstärkten Sensibilisierung für die Gefährdung der Umwelt und der menschlichen Gesundheit durch Pestizide hat sich die Abhängigkeit von diesen Stoffen nicht verringert.

6.2.5. Umweltfreundliche Landwirtschaft

Während durch technische Veränderungen die Kosten für die meisten landwirtschaftlichen Erzeugnisse gesunken sind, bevorzugen heute viele Verbraucher Lebensmittel, die nach traditionelleren Verfahren und unter vorrangiger Berücksichtigung des Tierschutzes erzeugt wurden. Gleichzeitig wurden im Rahmen der Reform der GAP von 1992 Maßnahmen zur Belohnung von Landwirten eingeführt, die Umweltleistungen erbringen, indem sie z.B. Landschaften erhalten. Außerdem sollten die Landwirte dazu veranlaßt werden, die Umweltverträglichkeit ihrer Tätigkeiten zu verbessern, indem sie z.B. verstärkt Verfahren des ökologischen Landbaus anwenden.

Die im ökologischen Landbau bewirtschaftete Fläche hat sich in den EUA-Mitgliedsländern zwischen 1985 und 1997 verzehnfacht (Abbildung 6.6). Und diese Zuwachsrate hält an. Die betroffene Gesamtfläche (2,9 Millionen Hektar) ist mit knapp 2 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche jedoch immer noch klein. Die Zunahme des ökologischen Landbaus hat wahrscheinlich noch keine signifikanten Auswirkungen auf die Umweltbelastung durch die Landwirtschaft insgesamt.

Der ökologische Landbau sollte nicht als Patentlösung für die Umweltprobleme der Landwirtschaft betrachtet werden. Einzelne ökologische Betriebe sind oft sehr unterschiedlich, und der Nutzen des ökologischen Landbaus für die Umwelt zeigt sich in verschiedener und vielfältiger Form. Die im ökologischen Landbau bewirtschaftete Fläche ist in jedem Fall ein nützlicher Indikator für Fortschritte auf dem Weg zu einer umweltfreundlicheren Landwirtschaft.

Abbildung 6.6: Prozentualer Anteil der im ökologischen Landbau bewirtschafteten Fläche an der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche in den EUA-Mitgliedsländern

Anmerkung: Die Daten sind je nach Land unterschiedlich genau.

Quelle: FAO; Eurostat; Lampkin

☺ Der ökologische Landbau wurde erheblich ausgeweitet. Nur wenige Mitgliedstaaten haben jedoch Zielvorgaben für die Ausweitung der ökologisch bewirtschafteten Nutzflächen aufgestellt, und der Anteil der ökologisch bewirtschafteten Gesamtfläche in den EUA-Mitgliedsländern ist mit weniger als 2 % nach wie vor gering.

Ein weiterer Indikator für Entwicklungen hin zu einer umweltfreundlicheren Landwirtschaft ist die Fläche, für die spezielle Bewirtschaftungsverträge bestehen. Solche Vereinbarungen mit dem Ziel der Erhaltung der biologischen Vielfalt und von Landschaften existieren heute für mehr als 22 Mio. Hektar (20 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der EU). Damit wurde das im Fünften Umwelt-Aktionsprogramm der EU gesteckte Ziel von 15 % überschritten.

Zwar haben alle Mitgliedstaaten die Möglichkeiten im Rahmen der Verordnung Nr. 2078/92 über umweltgerechte landwirtschaftliche Produktionsverfahren genutzt, doch die Resonanz ist sehr unterschiedlich: Während in Österreich, Finnland und Schweden über 60 % aller Betriebe diese Möglichkeiten in Anspruch nahmen, waren es in Belgien, Griechenland, Spanien und Italien lediglich 7 % oder weniger. Die Fläche allein sagt jedoch nichts über die Auswirkungen der Maßnahmen aus, da viele der Programme keine hinreichend präzisen Umweltschutzziele enthalten und keine Überwachungsmechanismen vorsehen (Birdlife International, 1996).

Die Ausgaben für Bewirtschaftungsverträge sind bezogen auf den Gesamthaushalt der GAP sehr bescheiden (nur 4 % des Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft). Manchmal ist es für einen Landwirt profitabler, eine EU-Prämie zur Flächenstilllegung zu erhalten, als an einem Umweltprogramm teilzunehmen. Trotz dieser Einschränkungen hat die GAP-Reform von 1992 das Bewußtsein für die Bedeutung der Landwirtschaft für die Umwelt geschärft.

Der ökologische Fußabdruck der Landwirtschaft

Die Bevölkerung Europas wird immer größer (heute fast 375 Millionen Menschen), während die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Europa zurückgeht. Gleichzeitig hat sich der Fleischverbrauch pro Kopf seit 1990 um 0,5 kg erhöht. Für jedes Kilo Fleisch werden 5 bis 21 kg Tierfutter verbraucht, das irgendwo wachsen muß. Viele Länder müssen Futtermittel importieren. Die Niederlande sind ein extremes Beispiel: Dort nutzt die Agrarindustrie, indem sie auf die Landwirtschaft anderer Länder zurückgreift, eine Fläche für den Anbau von Futtermitteln, die 2,5 Mal so groß ist wie die landwirtschaftliche Nutzfläche der Niederlande.

Überdies liegt der durchschnittliche Fleischverbrauch der erwachsenen Europäer mit 94 kg/Jahr weit über dem empfohlenen Anteil der Eiweißlieferanten an der Gesamtkalorienzufuhr von 12 - 15 %. Die Überernährung ist einer der Faktoren, die zu der verzeichneten Zunahme der Fettleibigkeit, einer der wichtigsten vermeidbaren Krankheitsursachen unserer Zeit, beitragen.

Seit 25 Jahren bringt die niederländische Institution De Kleine Aarde diese Erkenntnisse an die Öffentlichkeit.

De Kleine Aarde wurde als Versuchs- und Bildungszentrum für ökologische Landwirtschaft und Ernährung und umweltfreundliches Bauen gegründet. Das Zentrum hat ein 10-Punkte-"Menü" für nachhaltige Landwirtschaft und ein Kreisdiagramm als Leitfaden für eine gesunde Ernährung ausgearbeitet, die den Schwerpunkt auf fleischlose Erzeugnisse legt. Das Diagramm, das den Anteil verschiedener Nahrungsmittel in einer ausgewogenen Ernährung illustriert, ist Teil einer Kampagne des Zentrums zur Halbierung des Fleischverbrauchs in den Niederlanden. Es wurde auch von den amtlichen Stellen für Ernährungs- und Gesundheitsinformation für ihre Kampagnen übernommen.

Quelle: <http://ificinfo.health.org/brochure/pyramid.htm>; <http://www.pz.nl/dekleineaarde/huis.htm>



6.3. Entwicklung von Indikatoren

Dieses Kapitel beschäftigt sich vorwiegend mit den landwirtschaftlichen Einträgen und somit mit den negativen Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt. In künftigen Ausgaben sollen anhand umweltspezifischer Indikatoren für die Landwirtschaft (die derzeit entwickelt werden) - darunter Indikatoren für Tätigkeiten der Landwirte in der Landschaftspflege - auch die positiven Auswirkungen der Landwirtschaft auf Landschaften und die biologische Vielfalt aufgezeigt werden. Derartige Beispiele für Tätigkeiten von Landwirten könnten in Verbindung mit Indikatoren für Preisaufschläge dazu führen, daß die Indikatoren für Maßnahmen, die Maßnahmen umfassender anzeigen. Die unterschiedlichen Flächentypen in der Landwirtschaft könnten möglicherweise stärker berücksichtigt und bessere Indikatoren über Intensivierungs- und Extensivierungsprozesse entwickelt werden.

Gleichzeitig werden die bestehenden Indikatoren verbessert, um ihre ökologische Aussagekraft zu verstärken; bei der bewässerten Fläche könnte beispielsweise Menge und Herkunft des Wassers berücksichtigt werden, beim Düngemiteleinsatz könnten Nährstoffbilanzen und beim Pestizideinsatz Toxizitätsdaten einbezogen werden.

Tabelle 6.1: Verbrauch von Stickstoff- und Phosphordünger pro Flächeneinheit der landwirtschaftlichen Nutzfläche in den EUA-Mitgliedsländern

Einheit: kg/ha

	1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Belgien + Luxemburg	191,6	188,6	177,9	167,4	155,1	148,3	146,8	145,8	145,8
Dänemark	167,0	172,1	173,4	160,9	144,0	138,8	136,4	124,7	125,6
Deutschland			132,9	130,7	128,0	118,1	129,3	125,2	125,4
Finnland		139,9	126,6	95,5	101,3	111,1	110,9	119,2	117,8
Frankreich	123,5	123,2	125,5	125,6	105,0	107,4	111,1	113,9	119,2
Griechenland	126,1	160,4	156,2	148,5	145,0	119,7	120,2	123,9	127,4
Großbritannien	89,0	110,5	106,65	97,7	89,1	96,0	102,2	100,6	101,2
Irland	73,6	78,2	112,1	111,2	111,0	121,9	125,6		
Island	10,18	8,7	7,70	8,0	8,5	7,8	7,2		
Italien	99,9	98,2	88,1	92,6	90,7				
Niederlande	280,0	287,8	231,4	234,5	230,8	221,6	237,2	229,7	233,8
Norwegen	184,4	168,4	149,2	143,4	140,3	137,0	137,6		
Österreich	70,5	72,8	60,4	58,7	54,5	53,6	52,2	52,9	48,6
Portugal		45,3	57,31	51,9	51,2	50,4	50,3	52,1	56,9
Schweden		132,2	78,77	65,0	77,0	83,3	78,7	85,6	79,3
Spanien	50,6	52,4	59,31	56,6	47,0	54,5	57,8	55,2	57,8
FlIA	108,2	111,5	104,0	100,9	92,6	93,8	97,2	96,9	96,8
EU	109,3	112,7	105,3	102,1	93,7	94,9	98,5	98,1	98,0

Anmerkungen: Gesamtmenge an Stickstoff- und Phosphordünger.
Ohne Liechtenstein
In den Gesamtwerten für die EU und die EUA sind Schätzungen für fehlende Jahre und Länder enthalten.

Quelle: FAO, Eurostat/NewCronos

6.4. Verwendete und weiterführende Literatur

EUA (1999). *Groundwater quality and quantity in Europe*. Umweltbewertungsbericht Nr. 3. Europäische Umweltagentur. Kopenhagen.

Birdlife International (1996). *Nature conservation benefits of plans under Agri-environment Regulation 2078/92*. Birdlife International. RSPB. The Lodge. Sandy. Beds. SG19 2DL. Großbritannien.

MAFF (1998). *Code of Good Agricultural Practice for the Protection of Water*. MAFF Publications. Admail 6000. London. UK.

Potter. C. (1970). "Europe's changing farmed landscapes" in *Farming and birds in Europe: the Common Agricultural Policy and its implications for bird conservation*. Hrsg: D. J. Pain und M.W. Pienkowski. Academic Press. London.

Pretty. J. (1998). *The Living Land*. Earthscan Publications Ltd. London.

Isart J. und Llerena J.J. (Hrg.) (1996). *Biodiversity and land use: the role of organic farming*. Proceedings of 1st ENOF workshop. Bonn. 1995. European Network for Organic Farming. Barcelona. Spanien.

7. Industrie

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Ökoeffizienz der Industrie	Ist es der Industrie gelungen, umwelteffizienter zu werden?	Belastung	☺

Der Dienstleistungssektor ist in Europa dabei, die Rolle der verarbeitenden Industrie als Dreh- und Angelpunkt der Wirtschaft zu übernehmen. Gleichzeitig spezialisiert sich die verarbeitende Industrie in zunehmendem Maße und konzentriert sich auf Produkte mit hoher Wertschöpfung. Diese Entwicklungen und die Auswirkungen der langjährigen Bekämpfung von Umweltverschmutzung durch Rechtsvorschriften haben im Bereich der Hauptluftschadstoffe zu einer Verbesserung der Ökoeffizienz geführt.

7.1. Ökoeffizienz in der Industrie

Die verarbeitende Industrie umfaßt ein breites Spektrum von Herstellungs- und Verarbeitungsaktivitäten, wobei die Produktpalette von Rohstoffen bis zu Konsumgütern reicht. 1997 produzierten das verarbeitende Gewerbe und das Baugewerbe etwa 27 % der gesamten Wertschöpfung in der EU und blieben damit leicht unter dem Wert von 30 % im Jahr 1990. Der Anteil der Industrie an der Gesamtbeschäftigung in der EU beträgt ebenfalls etwa 27 %.

Zur Eindämmung der zahlreichen Schadstoffemissionen der Industrie bestehen seit langem gesetzliche Regelungen. Während in anderen Sektoren die Palette der Instrumente zur Verminderung der verursachten Umweltverschmutzung um Steuern und andere Instrumente zur Internalisierung von Umweltkosten erweitert wurde, setzt die EU zur Beschränkung der durch die Industrie verursachten Umweltbelastung im wesentlichen spezifische Rechtsvorschriften für bestimmte Umweltemedien (d.h. Luft, Wasser und Abfall) ein. Zu den neuesten Entwicklungen gehören integrierte Produktpolitik, Verbesserung der Ökoeffizienz, Umweltvereinbarungen und Öko-Management.

Die Richtlinie über die Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU), die in bestehenden Anlagen bis 2007 vollständig umgesetzt werden muß, bildet das neue Kernstück der EU-Politik zur Verminderung der industriell verursachten Umweltverschmutzung. Obwohl sie nur für Großanlagen gilt, eröffnet diese Richtlinie neue Wege, da sie einen integrierten rechtlichen Rahmen aufstellt, in dem Emissionen in Luft und Wasser und die Erzeugung von Abfall als eine Einheit gesehen werden, die durch eine einzige, von einer Regelungsbehörde ausgestellte Genehmigung geregelt wird. Die IVU-Richtlinie verlangt auch den Einsatz der *besten verfügbaren Techniken*, Umweltmanagement, umweltfreundlichere Produktion und Abfallreduzierung.

Durch die bestehenden Maßnahmen konnten die Emissionen der Hauptschadstoffe bereits reduziert werden (Abbildung 7.1). Im Hinblick auf den Energieverbrauch und ausgewählte Luftemissionsdaten scheint sich die Ökoeffizienz der Industrie zwischen 1990 und 1996 leicht verbessert zu haben. Der Index der durch die Industrie erzeugten Schadstoffe ist bis 1993 kontinuierlich gefallen, stieg aber bis 1996 wieder auf den Wert von 1990 an. Die Trends beim Energieverbrauch und bei Kohlendioxid folgen einem ähnlichen Muster, obwohl die Kohlendioxid -Werte 1996 zurückgingen. Die

Schwefeldioxidemissionen gingen in der EU insgesamt während dieses Zeitraums stetig zurück.

Obwohl sich daraus eine positive Entwicklung bei der Ökoeffizienz der Industrie ablesen läßt, verbergen sich hinter den Gesamtwerten unterschiedliche Trends in den einzelnen Mitgliedstaaten; so haben beispielsweise im selben Zeitraum in Frankreich und Italien die durch die Industrie verursachten Stickstoffoxidemissionen zugenommen. Außerdem treten diese Schadstoffe vor allem in der Schwerindustrie, z.B. in der Eisen- und Stahlproduktion, Mineralölverarbeitung, Papierindustrie und bei der Herstellung von organischen Chemikalien auf. Der Umfang der Emissionen von Schadstoffen wie Schwermetallen, die eigentlich für die europäische Industrie – vor allem für die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) - charakteristischer sind, ist unbekannt. Daten über Abwasser und gefährliche Abfälle wurden nicht harmonisiert und können daher hier nicht betrachtet werden.

Abbildung 7.1: Ökoeffizienz in der Industrie in den EU-Mitgliedstaaten

Anmerkung: 1990 = 100

Quelle: EUA, Eurostat

☺ Die Ökoeffizienz der Industrie hat sich bei den wichtigsten Luftschadstoffen verbessert, nicht aber beim Energieverbrauch

Entsprechend ihrem Anteil an der Wirtschaftstätigkeit verursachte die Industrie im Jahr 1996 etwa 30 % des gesamten Energieverbrauchs und 20 % der Kohlendioxid - und Schwefeldioxidemissionen (Abbildung 7.2). Damit kommt diesem Sektor eine maßgebliche Rolle im Zusammenhang mit der Klimaveränderung und der Versauerung zu. Ihr Beitrag zu Problemen im Zusammenhang mit Emissionen von Stickstoffoxiden und flüchtigen organischen Nichtmethanverbindungen wie Sommersmog ist dagegen gering.

Abbildung 7.2: Umweltprofil der Industrie in den EU-Mitgliedstaaten, 1996

Quelle: EUA

Die Industrie in der EU verbraucht schätzungsweise 25,4 Mrd. m³ Wasser pro Jahr – das sind etwa 10 % der gesamten Wasserentnahme (siehe Abbildung 12.3). Die verwendete Wassermenge ist von Land zu Land sehr unterschiedlich, doch aufgrund der uneinheitlichen Berücksichtigung von Kraftwerk-Kühlwasser in den einzelstaatlichen Statistiken sind Vergleiche nur begrenzt möglich. In vielen europäischen Ländern (z.B. Frankreich, Niederlande und Großbritannien) ging der Wasserverbrauch der Industrie in den 80er und 90er Jahren zurück. Dies ist vor allem der Rezession, durch die in Industriezweigen, die große Wassermengen verbrauchen (z.B. Textilindustrie und Stahlwerke), viele Anlagen geschlossen werden mußten, und einer Verlagerung auf den weniger wasserintensiven Dienstleistungssektor zuzuschreiben. Auch durch Einsparungen beim Wasserverbrauch und vermehrte Wiederverwendung ging die verbrauchte Wassermenge zurück. Es wird erwartet, daß die Internalisierung der Umweltkosten von Wasserressourcen in hohem Maße zu größeren Wassereinsparungen beitragen wird. Die Wasser- und Abwassergebühren sind in der ganzen EU stetig gestiegen; der Grund dafür

liegt zum einen im Finanzbedarf für Infrastrukturverbesserungen und zum anderen in der Privatisierungstendenz.

Abfallstatistiken für die EU liegen derzeit nur in begrenztem Umfang vor. Es wird jedoch geschätzt, daß die verarbeitende Industrie mehr als ein Viertel des in der EU anfallenden Abfalls produziert (EUA, 1999).

Weißes Papier = schlechtes Papier?

Die Papierindustrie nutzt üblicherweise bei der Herstellung von weißem Papier Chlor als Bleichmittel. In einer normalen Papierfabrik werden täglich etwa 35 Tonnen chlorierte Kohlenwasserstoffe freigesetzt, während eine Fabrik, die Chlordioxid verwendet, etwa 7 bis 10 Tonnen pro Tag freisetzt. Viele Organochlorverbindungen sind schwer abbaubare organische Schadstoffe, die in der Umwelt verbleiben und sich in lebenden Organismen anreichern. Emissionen von chlorierten Kohlenwasserstoffen können jedoch vermieden werden, wenn chlorfreie Bleichmethoden eingesetzt werden, wie beispielweise die Sauerstoffdelignifizierung. Chlorfreie Bleichmethoden bieten außerdem den Vorteil, daß die Fabriken zu einem geschlossenen Kreislaufsystem übergehen können, was den Wasser- und Chemikalienverbrauch reduziert. Die dadurch entstehenden Einsparungen werden so hoch angesetzt, daß sich die Investitionskosten für die Umstellung auf chlorfreie Technologie innerhalb weniger Jahren ausgleichen dürften.

Heute arbeiten weltweit mindestens 55 Papierfabriken mit chlorfreier Technologie. Die meisten dieser Fabriken befinden sich in Skandinavien, aber die Technologie verbreitet sich in ganz Europa; derzeit stellen einige Fabriken in Portugal und Spanien auf vollständig chlorfreie Methoden um.

7.2. Trends in der Industrie

In der Industrie hat aufgrund von Globalisierung, Innovationen und veränderter Verbrauchernachfrage ein deutlicher Wandel stattgefunden. Zwischen 1985 und 1995 hat die Beschäftigung in nur drei Branchen (Chemikalien, Kunststoffe sowie Computer und Büroausstattung) zugenommen, und dort auch nur geringfügig (Tabelle 7.1). Dagegen nahm die Beschäftigung im Dienstleistungssektor im selben Zeitraum um fast 15 % zu, worin sich die allgemeine Verlagerung hin zum Dienstleistungssektor und die Auswirkungen der Technologie auf die Beschäftigung widerspiegeln. Dieser Wandel wurde durch die globale Liberalisierung der Märkte, den Binnenmarkt und durch technologische Innovationen ausgelöst. Dennoch bildet die verarbeitende Industrie nach wie vor die Grundlage für die meisten Dienstleistungstätigkeiten und wird daher auch ein Schlüsselsektor der Wirtschaft in der EU bleiben. Obwohl die Beschäftigung nicht direkt mit der Umweltverschmutzung durch die Industrie in Wechselbeziehung gebracht werden kann, verdeutlichen diese statistischen Zahlen wichtige Trends in diesem Sektor.

Tabelle 7.1: Abhängige Beschäftigung in der EU, Niveau und Veränderungen, 1985-95

Branche	Beschäftigung 1995 (1 000)	Veränderungen in der Beschäftigung 1985-1995 (%)
Eisen und Stahl	769	-31,3
Nichteisenmetalle	216	-22,9
Nichtmetallische Mineralien	1 388	-6,3
Arzneimittel	1 344	-9,9
Grundstoffe und spezielle Chemikalien	362	2,5
Metallerzeugnisse	2 539	-2,5
Maschinenbau	2 781	-11,2
Büromaschinen, Computer und Präzisionsinstrumente	732	0,3
Elektrotechnik	2 729	-11,7
KFZ	1 967	-8,9
Luftfahrzeugbau	356	-20,6
Speisen, Getränke, Tabak	3 069	-8,6
Textil und Bekleidung	2 831	-25,7
Papier, Druck- und Verlagsgewerbe	2 059	-0,6
Sonstiges verarbeitendes Gewerbe	2 234	-17,4
Gummi- und Kunststoffwaren	1 205	3,0
Verarbeitende Industrie insgesamt	26 581	-11,4

Quelle: GDIII, Eurostat

Trotz rückläufiger Beschäftigungszahlen in der verarbeitenden Industrie ist das Volkseinkommen, gemessen als Bruttoinlandsprodukt (BIP) seit 1970 stetig gestiegen. Insgesamt hat sich auch das verfügbare Einkommen der Familien in der EU erhöht. Der Verbrauch hat sich hin zu anspruchsvollen Endprodukten verlagert, und die Schwerindustrie (z.B. Eisen und Stahl) wird zunehmend durch die Fertigung von Produkten mit höherer Wertschöpfung abgelöst.

Länder außerhalb der EU, in denen die Arbeitskosten niedriger liegen, übernehmen möglicherweise in dem Maße, in dem sich die Industriesektoren der EU stärker spezialisieren, weniger Ressourcen benötigen und der Dienstleistungssektor wächst, einen größeren Anteil an der Produktion der Schwerindustrie.

Auch innerhalb der verarbeitenden Industrie ist eine Verlagerung von den Produkten zu den Dienstleistungen zu registrieren, da die Industrie selbst als Hersteller die Verantwortung für die Wiederverwendung und Rückgewinnung übernimmt (z.B. für Kraftfahrzeuge und Büromaschinen), was zum Teil auf entsprechende Rechtsvorschriften zurückzuführen ist. Der Kauf von Waren schließt zuweilen Wartungsleistungen, Recycling von Komponenten, Wiederverwendung/Recycling der Verpackung usw. mit ein. Ein Ziel von Maßnahmen, die auf eine nachhaltige Entwicklung gerichtet sind, besteht darin, den Schwerpunkt vom Verkauf der Produkte (z.B. Pestizide und Lösungsmittel) auf das Angebot von Dienstleistungen (z.B. Pflanzenschutz und Entfettung) zu verschieben, und damit das Wirtschaftswachstum vom zunehmenden Verbrauch natürlicher Ressourcen abzukoppeln.

Maßnahmen zur Förderung eines verantwortlichen Umgangs mit der Umwelt sind in der Chemieindustrie besonders dringlich, in der Europa mit 38 % des globalen Umsatzes weltweit führend ist. Bis 1983 entsprach der Zuwachs der Chemieproduktion in der EU dem allgemeinen Zuwachs des BIP, dann setzte in dieser Branche ein stärkeres Wachstum ein. Dieser schnelle Entwicklungsrhythmus führte zu zunehmender Ungewißheit: die genaue Zahl der derzeit auf dem Markt befindlichen Chemikalien ist unbekannt (Schätzungen schwanken zwischen 20 000 und 70 000), und für die meisten fehlen Angaben über ihre Toxizität (wodurch eine Risikobewertung nur eingeschränkt möglich ist). Durch die erwartete Fortsetzung des Wirtschaftswachstums und die Steigerungen bei der landwirtschaftlichen Produktion könnte es in den meisten EU-Ländern bis zum Jahr 2010 zu einer 30 bis 50 %-igen Zunahme bei der Produktion von

Chemikalien kommen. Durch die wachsende Menge und Vielzahl von Stoffen, die freigesetzt werden und sich in der Umwelt anreichern, steigt die Gefahr einer Schädigung der menschlichen Gesundheit und der Ökosysteme.

Nachhaltige Unternehmen

Die schweizer Firma *Sustainable Asset Management* hat in Zusammenarbeit mit der Dow Jones Group einen globalen Nachhaltigkeitsindex entwickelt - den *Dow Jones Sustainability Group Index (DJSGI)*. Dieser Index soll sowohl als Leitfaden für Investoren als auch als Instrument für das Benchmarking von Unternehmen aus verschiedenen Branchen dienen. Er beruht unter anderem auf folgenden Kriterien: effiziente, wirksame und wirtschaftliche Nutzung der menschlichen und natürlichen Ressourcen, Unternehmensführung, Produktion, Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit und zeitgerechte Reaktion auf den sozialen Wandel.

Der DJSGI ist voll in den *Dow Jones Global Index* integriert und leitet sich von ihm ab. Er umfaßt derzeit 200 Unternehmen, die die bei der Nachhaltigkeit führenden 10 % aus 73 Industrie-Einzelbranchen in 33 Ländern ausmachen.

Obwohl der DJSGI erst im September 1999 ins Leben gerufen wurde, haben erste Ergebnisse gezeigt, daß Unternehmen, die im Hinblick auf die Nachhaltigkeitskriterien positiv bewertet werden, auch tendenziell eine überdurchschnittliche Rentabilität aufweisen.

Quelle: DJSGI www.sustainability-index.com. (Besonderer Dank an Alois Flatz bei DJSGI)

7.3. Entwicklung von Indikatoren

Aufgrund der mangelnden Harmonisierung bei der Zusammenstellung und Verarbeitung von Umweltdaten auf EU-Ebene beschränkt sich der Indikator in diesem Kapitel auf Energienutzung und Luftschadstoff-Emissionen. Die Bereitstellung von genaueren und konsistenteren Emissionsschätzwerten ist daher ein vorrangiges Ziel. Informationen über andere Arten von Umweltbelastungen, z.B. über Abfallproduktion und -entsorgung, Wasserverschmutzung und wirksamen Ressourceneinsatz, müssen weiterentwickelt werden.

In Zukunft wird eine Aufschlüsselung nach Industriezweigen erforderlich sein, beispielsweise in bezug auf Entwicklungen bei der Ökoeffizienz. Besondere Aufmerksamkeit muß auch den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) gewidmet werden. Auch Indikatoren für Maßnahmen in bezug auf Preise, Steuern, Subventionen und freiwillige Vereinbarungen sowie eine Analyse ihrer Effektivität wären wünschenswert.

Tabelle 7.2: Produktionsindex in den EU-Mitgliedstaaten – jährliche Veränderung

Einheit: Prozent

Land	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Österreich	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Belgien	1	8	-4	4	-8	3	6	1	4	3
Dänemark	5	-1	-2	2	-4	10	5	2	6	1
Finnland	*	-1	-9	-3	1	9	6	4	9	7
Frankreich	*	2	-1	-1	-4	3	2	-1	3	4
Deutschland	4	5	2	-1	-7	4	1	0	3	4
Griechenland	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Irland	3	5	3	9	6	12	19	8	15	16
Italien	7	0	0	-1	-3	3	5	-1	3	0
Luxemburg	3	1	1	0	-3	3	0	-3	5	3
Niederlande	*	1	1	-1	-2	3	2	2	2	1
Portugal	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Spanien	*	1	0	-5	-5	6	5	-1	5	7
Schweden	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Großbritannien	*	0	-4	0	1	5	2	1	*	*
EU	*	2	-1	-1	-4	4	3	0	3	3

Anmerkung: Industrie insgesamt = NACE Rev.1, Abschnitte C bis F (d.h. einschließlich Baugewerbe)
 * keine ausreichenden Daten verfügbar

Quelle: Eurostat

7.4. Verwendete und weiterführende Literatur

Europäische Kommission, GDIII (1997). *Panorama der Europäischen Industrie, 1997*, Brüssel/Luxemburg.

EUA (1999). *Umwelt in der Europäischen Union – an der Wende des Jahrhunderts*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

8. Klimaveränderung

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Emission von Treibhausgasen	Sind die Zielvorgaben des Protokolls von Kyoto in Reichweite?	Belastung	☹
Kohlendioxidemissionen	Wie entwickeln sich die Emissionen der verschiedenen Gase, und welche Sektoren tragen dazu bei?	Belastung	☹
Methanemissionen	“	Belastung	☺
Distickstoffoxidemissionen	“	Belastung	☹
Fluorkohlenstoffemissionen	“	Belastung	☹
Weltweite und europaweite Durchschnittstemperaturen	Bleibt die Entwicklung der Durchschnittstemperaturen innerhalb der vorläufig festgelegten "nachhaltigen Zielvorgaben"?	Auswirkungen	☹

Die Klimaveränderung gilt weithin als ernsthafte potentielle Gefährdung für die globale Umwelt. Dieses Problem ist Thema des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaveränderungen (UNFCCC) und wurde von der EU als eines der wichtigsten zu lösenden Umweltprobleme definiert. Dennoch hat das Gesamtvolumen der Treibhausgasemissionen in den meisten Mitgliedsländern der EUA seit 1990 zugenommen, und es wird in der EU unter Annahme eines Basisszenarios zwischen 1990 und 2010 um 6 % ansteigen. Insofern sind weitere Politiken und Maßnahmen erforderlich, um die Zielvorgaben des Protokolls von Kyoto zu erreichen. Es bedarf erheblicher zusätzlicher Verringerungen der globalen Emissionen, um potentiell "nachhaltige" Konzentrationen von Treibhausgasen und entsprechende Temperaturniveaus in der Erdatmosphäre zu erreichen.

Der Treibhauseffekt ist ein natürliches Phänomen. Doch im Verlauf des letzten Jahrhunderts haben die Konzentrationen anthropogener Treibhausgase – Kohlendioxid (CO₂), Methan, Distickstoffoxid und halogenierte Verbindungen wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW), Perfluorkohlenwasserstoffe (FKW) und Schwefelhexafluorid – zugenommen, und es ist historisch gesehen ein erheblicher Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperaturen zu beobachten. Es gibt immer mehr Anhaltspunkte dafür, daß durch menschliche Aktivitäten verursachte Treibhausgasemissionen den Treibhauseffekt verstärken. Dies führt zu einer globalen Erwärmung und damit zu Klimaveränderungen (Zwischenstaatlicher Ausschuß für Klimaveränderungen, IPCC, 1996). Die Klimaveränderungen werden voraussichtlich weitreichende Auswirkungen haben, wie z. B.: einen Anstieg des Meeresspiegels und eine mögliche Überflutung tiefer gelegener Gebiete, das Abschmelzen der Gletscher und des Meereises, Veränderungen der Niederschlagsmuster mit entsprechenden Auswirkungen auf Überschwemmungen

und Dürren und stärkere klimatische Extreme (insbesondere hohe Temperaturen). Diese Auswirkungen werden erhebliche Folgen für die Ökosysteme, die Gesundheit, die Wasserressourcen und wichtige Wirtschaftssektoren wie die Landwirtschaft haben.

Weltweit hat vor allem das Kohlendioxid (mit 64 %) zur globalen Erwärmung beigetragen, gefolgt von Methan (20 %), Distickstoffoxid (6 %) und halogenierten Verbindungen (10 %) (IPCC, 1996). Auch das troposphärische Ozon (siehe Kapitel 10) trägt zur globalen Erwärmung bei. Aerosole können eine abkühlende Wirkung haben, durch die die globale Erwärmung teilweise ausgeglichen wird. Diese Wirkung ist allerdings regional begrenzt und von kurzer Dauer. FCKW tragen nicht nur zur globalen Erwärmung bei, sondern sie führen auch zu einem Abbau der Ozonschicht (siehe Kapitel 9).

Das Kyoto-Protokoll nennt als Zielvorgabe für die EU für den Zeitraum 2008-2012 eine Verringerung der Emissionen von sechs Treibhausgasen um 8 % gegenüber dem Stand des Jahres 1990. Zwischen 1990 und 1996 sind die gesamten EU-Emissionen der drei wichtigsten Treibhausgase um 1 % zurückgegangen (Abbildung 8.1). Der größte Anteil der EU-Emissionen besteht aus Kohlendioxid (79 %), gefolgt von Methan (11 %) und Distickstoffoxid (9 %). Das Kyoto-Protokoll enthält auch Zielvorgaben für H-FKW, FKW und Schwefelhexafluorid; da aber aus keinem der EU-Mitgliedstaaten Angaben zu Emissionen dieser Stoffen vorliegen, wurden sie in Abbildung 8.1 nicht berücksichtigt. Erste Berechnungen deuten darauf hin, daß diese Gase insgesamt rund 1 % der gesamten EU-Treibhausgasemissionen ausmachen.

Abbildung 8.1: Kohlendioxid-, Methan- und Distickstoffoxidemissionen der EU insgesamt

Anmerkung: Zugrunde gelegte Treibhauspotentiale (GWP): Kohlendioxid 1, Methan 21 und Distickstoffoxid 310.

Quelle: EUA

☺ Der Gesamtbetrag der EU-Treibhausgasemissionen ist seit 1990 (allerdings nur durch wenige Mitgliedstaaten bedingt) leicht zurückgegangen, obwohl das BIP anstieg. Dennoch werden die Emissionen zwischen 1990 und 2010 voraussichtlich um 6 % zunehmen, so daß weitere Politiken und Maßnahmen erforderlich sind, um die Zielvorgaben des Kyoto-Protokolls zu erreichen.

Diejenige menschliche Aktivität oder treibende Kraft, die am meisten zur Klimaveränderung beiträgt, ist (aufgrund der Emission von Kohlendioxid) die Verbrennung fossiler Energieträger. Andere Aktivitäten, die zur Emission von Treibhausgasen beitragen, sind Landwirtschaft, Veränderungen der Flächennutzung (einschließlich Rodung), Entsorgung von Abfällen durch Deponielagerung und industrielle Prozesse wie Zementproduktion, Kühlung, Vorschäumung und Einsatz von Lösungsmitteln.

Gase und Partikel, die aus Flugzeugen unmittelbar in die obere Troposphäre und die untere Stratosphäre abgegeben werden, tragen ebenfalls zur Klimaveränderung bei. 1992 machten die Kohlendioxidemissionen der Flugzeuge 2 % der gesamten anthropogenen Kohlendioxidemissionen (und rund 13 % aller weltweit durch den Verkehr verursachten Kohlendioxidemissionen) aus. Der weltweite Luftverkehr hat in den vergangenen 30 Jahren stark zugenommen. Diese Entwicklung wird voraussichtlich anhalten, wobei der Personenluftverkehr jährlich um 5 % und der gesamte

Flugtreibstoffverbrauch (einschließlich Personenverkehr, Güterverkehr und militärischer Luftfahrt) zwischen 1990 und 2015 jährlich um 3 % zunehmen wird (IPCC, 1999). Auf der Grundlage des IPCC-Basiszenarios ist zu erwarten, daß die Kohlendioxidemissionen des weltweiten Luftverkehrs bis zum Jahr 2050 um etwa den Faktor drei zunehmen werden. Der Beitrag des Luftverkehrs zur globalen Erwärmung steigt damit voraussichtlich von 3,5 % im Jahr 1992 auf 5 % im Jahr 2050.

8.1. Aktualisierung der Politik im Bereich der Treibhausgase

Das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaveränderungen (UNFCCC) wurde 1992 auf der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro verabschiedet, auf der sich die Industrienationen verpflichteten, darauf hinzuwirken, daß ihre nicht durch das Protokoll von Montreal geregelten Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2000 auf das Niveau von 1990 zurückgeführt werden. Bis September 1999 hatten 180 Länder oder Ländergruppen, darunter die EU, alle 15 Mitgliedstaaten und die meisten anderen europäischen Länder, das Übereinkommen ratifiziert.

Auf der dritten Konferenz der Vertragsstaaten des UNFCCC im Dezember 1997 in Kyoto vereinbarten die Industrienationen, ihre Emissionen an Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid, H-FKW, FKW und Schwefelhexafluorid bis zur Zielperiode 2008-2012 gegenüber 1990 um insgesamt 5 % zu verringern (ausgedrückt als Kohlendioxidäquivalente der Treibhauspotentiale für einen Zeithorizont von 100 Jahren). Die zulässigen Gesamtemissionen eines jeden Land in der Zielperiode 2008 bis 2012 bestimmen sich durch seine als Kohlendioxidäquivalent ausgedrückten Emissionen der sechs Treibhausgase im Bezugsjahr 1990 (das Bezugsjahr für H-FKW, FKW und Schwefelhexafluorid ist 1990 oder 1995). Jeder Vertragsstaat ist aufgefordert, bis zum Jahr 2005 nachweisbare Fortschritte bei der Erfüllung seiner Verpflichtungen zu erzielen.

Dem Kyoto-Protokoll zufolge können Nettoveränderungen der Kohlenstoffbestände aufgrund von Veränderungen der Waldflächen seit 1990 (sogenannte "Kyoto-Wälder") und einige andere Kohlenstoffsinken angerechnet werden, um die Minderungsziele zu erreichen. Dennoch müssen die Vertragsstaaten erst noch verbindliche Definitionen und Anrechnungsverfahren, insbesondere für andere Arten von Kohlenstoffsinken wie z. B. den Boden, vereinbaren.

Bis September 1999 hatten 84 Vertragsstaaten des UNFCCC – einschließlich der EU und der USA – das Kyoto-Protokoll unterzeichnet. Doch erst 16 Vertragsstaaten – darunter bisher keine große Industrienation - haben es ratifiziert. Daher ist das Protokoll noch nicht in Kraft getreten. Um bindendes internationales Recht zu werden, muß es von 55 Vertragsstaaten ratifiziert werden, und durch die Industrienationen, die es ratifiziert haben, müssen mindestens 55 % der 1990 insgesamt von ihnen ausgestoßenen Kohlendioxidemissionen abgedeckt sein.

Die EU und ihre Mitgliedstaaten haben sich zu Reduktionen ihrer Emissionen um 8 % gegenüber 1990, die mittel- und osteuropäischen Länder (MOEL) zu Reduktionen ihrer Emissionen um 0 - 8 % verpflichtet. Im Juni 1998 vereinbarten die Mitgliedstaaten der EU ein System der "Lastenteilung" oder "Aufteilung der Zielsetzungen" (Europäische Kommission, 1998). Tabelle 8.1 faßt die Anforderungen dieser Vereinbarung zusammen.

Um die EU-Zielvorgabe zu erreichen, ist bis zur Zielperiode 2008-2012 ein Emissionsniveau von rund 3 840 Mio. Tonnen Kohlendioxidäquivalenten jährlich zu erreichen (siehe Tabelle 8.1). Dies erfordert eine Minderung von nahezu 600 Mio.

Tonnen der für 2010 auf der Grundlage eines Basisszenarios prognostizierten Emissionen von 4 420 Mio. Tonnen Kohlendioxidäquivalenten (siehe Abschnitt 8.2.1).

Tabelle 8.1: Kohlendioxid-, Methan- und Distickstoffoxidemissionen der EU-Mitgliedstaaten insgesamt und die Vereinbarung über die "Lastenteilung" der EU

	Emissionen 1990 (Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent)	Emissionen 1996 (Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent)	% Veränderung 1990-1996	Lastenteilung 2008-2012 (% bezogen auf 1990)	Lastenteilung jährliche Emissionen 2008-2012 (Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent)
Österreich	74	76	3	-13	64
Belgien	137	153	12	-7,5	127
Dänemark	70	90	29	-21	55
Finnland	70	78	11	0	70
Frankreich	546	550	0	0	546
Deutschland	1 201	1 063	-11	-21	949
Griechenland	104	111	7	25	130
Irland	57	60	5	13	64
Italien	521	552	6	-6,5	487
Luxemburg	14	8	-43	-28	10
Niederlande	209	233	12	-6	196
Portugal	68	77	13	27	87
Spanien	301	311	3	15	347
Schweden	69	77	11	4	72
Großbritannien	726	684	-6	-12,5	636
EU insgesamt	4 167	4 123	- 1	-8	3 840

Anmerkung: H-FKW, FKW und Schwefelhexafluorid sind aufgrund mangelnder Angaben nicht berücksichtigt. Die Werte für Dänemark sind nicht um Elektrizitätsimporte/-exporte korrigiert. Das Lastenteilungsziel für Dänemark gilt für bereinigte Emissionsschätzungen (Bezugsjahr und Verpflichtungsjahre) und ergibt unter Berücksichtigung der Elektrizitätsimporte/-exporte die folgenden Schätzungen für Dänemark: 76 Mio. Tonnen für 1990 und 1996. Emissionen und deren Bindung aufgrund von Veränderungen der Flächennutzung und Forstwirtschaft sind in dieser Tabelle und an anderen Stellen des Kapitels aufgrund erheblicher Unsicherheiten der Berechnung nicht berücksichtigt.

Quelle: UNFCC, 1998; UNFCCC, 1999a, EUA, 1999b

Das Kyoto-Protokoll führte drei wichtige neue "Flexibilitätsmechanismen" (die sogenannten Kyoto-Mechanismen) ein, um zur Erreichung der Zielvorgaben beizutragen. Zu diesen Mechanismen zählen der Emissionshandel zwischen den Industriestaaten, die gemeinsame Umsetzung (Joint Implementation) durch Industriestaaten und die Zusammenarbeit zwischen Industriestaaten und Entwicklungsländern im Rahmen eines "Mechanismus für eine umweltgerechte Entwicklung".

Der Emissionshandel ermöglicht Vertragsstaaten, die mit ihren Treibhausgasemissionen unter der für sie festgesetzten Menge bleiben, einen Teil ihres Emissionskontingents an andere Vertragsstaaten zu verkaufen. Einige Länder, wie z. B. Rußland, könnten dann allerdings erhebliche ungenutzte Kontingente für den Handel zur Verfügung haben. In diesem Zusammenhang ist häufig die Rede vom Handel mit "heißer Luft", da der Mechanismus dazu führen könnte, daß keine wirkliche Emissionsminderung betrieben wird. Das Ausmaß des Problems ist schwer abzuschätzen, da es von der wirtschaftlichen

Entwicklung von Ländern wie Rußland abhängt. Einige Mitgliedstaaten haben angekündigt, daß sie die Kyoto-Mechanismen nutzen werden, um ihre Verpflichtungen zu erfüllen. Die Niederlande beispielsweise haben darauf hingewiesen, daß sie vorhaben, 50 % ihrer Emissionsminderung auf diese Weise zu erreichen. Um sicherzustellen, daß auch innerhalb der Länder Maßnahmen zur Emissionsminderung ergriffen werden, hat der EU-Umweltministerrat eine zahlenmäßige Begrenzung des Einsatzes der Kyoto-Mechanismen vorgeschlagen (Europäische Kommission, 1999a).

Der auf der vierten Konferenz der Vertragsstaaten im November 1998 verabschiedete Aktionsplan von Buenos Aires (UNFCCC, 1999b) enthält ein Arbeitsprogramm, das bis zum Jahr 2000 abgeschlossen sein soll: Ausarbeitung der technischen Fragen der Kyoto-Mechanismen, Technologietransfer an die Entwicklungsländer und Finanzierungsmechanismen, um die Entwicklungsländer bei der Bekämpfung der nachteiligen Auswirkungen der Klimaveränderung (z. B. durch Anpassungsmaßnahmen) zu unterstützen. Bisher sind die Arbeiten aufgrund vieler Komplikationen nur langsam vorangekommen. Diese Schwierigkeiten wurden auf der fünften Konferenz der Vertragsstaaten im November 1999 in Bonn diskutiert, auf der das ehrgeizige Ziel formuliert wurde, das Arbeitsprogramm auf der nächsten Konferenz im November 2000 in den Niederlanden weitgehend abzuschließen.

8.2. Gegenwärtige und künftige Trends der Treibhausgasemissionen in den Mitgliedsländern der EUA

8.2.1. *Treibhausgase insgesamt*

Die EU-Gesamtemissionen der drei wichtigsten Treibhausgase (Kohlendioxid, Methan und Distickstoffoxid) gingen zwischen 1990 und 1996 um 1 % zurück, während gleichzeitig das BIP deutlich anstieg (siehe Abbildung 8.1, Abbildung 8.2 und Tabelle 8.1). Dies deutet darauf hin, daß eine gewisse Entkopplung von Emissionen und Wirtschaftswachstum eingetreten ist. Die Gründe für den geringfügigen Rückgang sind im folgenden für die einzelnen Gase dargestellt. Die Treibhausgasemissionen der EU-Mitgliedstaaten beliefen sich im Jahr 1990 auf 25 % der gesamten Emissionen der Industriestaaten (EUA, 1999b; UNFCCC, 1998; UNFCCC, 1999a).

Abbildung 8.2 zeigt die prozentuale Veränderung der Gesamtemissionen an Kohlendioxid, Methan und Distickstoffoxid (gewichtet nach Treibhauspotential) im Vergleich zu den Zielvorgaben des Kyoto-Protokolls für die einzelnen Staaten. Zwischen 1990 und 1996 gingen die Treibhausgasemissionen in nur drei Mitgliedsländern der EUA (Deutschland, Luxemburg und Großbritannien) zurück.

Abbildung 8.2: Prozentuale Veränderung der Kohlendioxid-, Methan- und Distickstoffoxidemissionen insgesamt in den Mitgliedsländern der EUA seit 1990 und entsprechende Zielvorgaben des Kyoto-Protokolls

Anmerkungen: Zugrunde gelegte Treibhauspotentiale: Kohlendioxid 1, Methan 21 und Distickstoffoxid 310.

Quelle: EUA

⊗ In Island, Norwegen und den meisten EU-Mitgliedstaaten haben die Treibhausgasemissionen seit 1990 zugenommen. Um die Zielvorgaben des Kyoto-Protokolls zu erreichen, sind in den meisten Mitgliedsländern der EUA erhebliche Verringerungen der Emissionen aller sechs Treibhausgase erforderlich.

Die EU-Gesamtemissionen an Kohlendioxid, Methan und Distickstoffoxid werden auf der Grundlage eines Basisszenarios im Jahr 2010 mit 4 420 Mio. Tonnen Kohlendioxidäquivalenten rund 6 % höher sein als 1990 (EUA, 1999a). Dieses Basisszenario prognostiziert künftige Entwicklungen der wichtigsten sozioökonomischen Parameter (wie beispielsweise des BIP) und des Energieverbrauchs auf der Grundlage eines von der Europäischen Kommission ausgearbeiteten "Business as usual"-Szenarios vor Kyoto. Das Szenario setzt auch voraus, daß die bis August 1997 vereinbarten Politiken und Maßnahmen umgesetzt werden.

Die in der Zielvorgabe des Kyoto-Protokolls geforderte Minderung der EU-Emissionen um 8 % entspricht einer Gesamtemission der drei wichtigsten Treibhausgase von rund 3 840 Mio. Tonnen Kohlendioxidäquivalenten in der Zielperiode 2008-2012 (siehe Tabelle 8.1). Dies erfordert eine Minderung um fast 600 Mio. Tonnen der nach dem Grundszenario für das Jahr 2010 prognostizierten Emissionen (EUA, 1999a). Daher ist, wenn das Ziel des Kyoto-Protokolls erreicht werden soll, die Umsetzung von mehr Politiken und Maßnahmen in der EU erforderlich, als bis 1997 geschehen ist.

8.2.2. Kohlendioxid

Die Kohlendioxidemissionen der EU-Mitgliedstaaten gingen Anfang der neunziger Jahre zunächst zurück, stiegen aber von 1994 an wieder an (Abbildung 8.3). Der Energiesektor (insbesondere die Strom- und Wärmezeugung) ist der Hauptverursacher der EU-Emissionen (32 %), gefolgt vom Verkehr (22 %) und der Industrie (21 %). 1996 waren die Emissionen aufgrund von Emissionsminderungen in Deutschland, Luxemburg und dem Vereinigten Königreich fast auf demselben Stand wie 1990. In allen anderen Mitgliedstaaten sind die Emissionen deutlich angestiegen. Zwischen 1990 und 1996 erzielte Deutschland die größte Emissionsminderung, insbesondere aufgrund der wirtschaftlichen Neustrukturierung der ehemaligen DDR und einer erhöhten Energieeffizienz. Die deutliche Emissionsminderung im Vereinigten Königreich geht vor allem auf die Verlagerung von Kohle auf Erdgas zurück (Erdgas erzeugt geringere Emissionen pro verbrauchter Energieeinheit). Die Emissionstrends in den Mitgliedsländern der EUA sind in Tabelle 8.2 dargestellt.

Die Trends der Kohlendioxidemission lassen sich mit der wirtschaftlichen Entwicklung im selben Zeitraum vergleichen. Zwischen 1990 und 1996 wuchs das BIP in der EU um rund 9 % (fast 6 % zwischen 1990 und 1995). Abgesehen von der Zeit der Ölkrise Anfang der achtziger Jahre lag das durchschnittliche Fünfjahreswachstum des BIP im Zeitraum 1960 bis 1990 bei rund 16 %. Dies deutet darauf hin, daß der Rückgang der Kohlendioxidemissionen zwischen 1990 und 1996 zum Teil auf das relativ geringe Wachstum des BIP in diesem Zeitraum, zum Teil auf eine Erhöhung der Energieeffizienz und zum Teil auf Politiken und Maßnahmen zur Minderung der Treibhausgasemissionen zurückzuführen ist.

Im 5. Umweltaktionsprogramm (5. UAP) setzte sich die EU das Ziel, ihre Kohlendioxidemissionen bis zum Jahr 2000 auf dem Stand von 1990 zu stabilisieren. Die

Kohlendioxidemissionen der EU werden im Jahr 2000 voraussichtlich bei $\pm 2\%$ des Stands von 1990 liegen (EUA, 1999a und 1999b).

Abbildung 8.3: Kohlendioxidemissionen der EU insgesamt

Anmerkung: Die Zielvorgabe für das Jahr 2000 ist identisch mit der Zielvorgabe des Fünften Umweltaktionsprogramms, in dessen Rahmen die Kohlendioxidemissionen bis zum Jahr 2000 auf dem Stand von 1990 stabilisiert werden sollen.

Quelle: EUA

☺ Die Kohlendioxidemissionen der EU insgesamt entsprachen 1996 der Zielvorgabe des 5. UAP, die Emissionen bis zum Jahr 2000 auf dem Stand von 1990 zu stabilisieren. Von 1990 bis 1996 gingen die Emissionen nur in Deutschland und in Großbritannien aufgrund besonderer Umstände zurück. Die Emissionen der EU insgesamt nehmen zwischen 1990 und 2010 voraussichtlich um 8 % zu, wobei die größte Zunahme durch den Verkehr verursacht wird.

Tabelle 8.2: Kohlendioxidemissionen in den Mitgliedsländern der EUA

	1990 (Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent)	1996 (Mio. Tonnen CO₂-Äquivalent)	Veränderung (%)
Österreich	62	64	3
Belgien	115	130	13
Dänemark	53	74	40
Finnland	59	66	12
Frankreich	396	409	3
Deutschland	1 015	919	-9
Griechenland	85	92	8
Irland	31	35	13
Italien	431	448	4
Luxemburg	13	7	- 47
Niederlande	161	186	15
Portugal	47	51	8
Spanien	226	229	1
Schweden	55	63	14
Großbritannien	584	567	-4
EU insgesamt	3 333	3 340	0
Island	2.1	2.3	10
Norwegen	35	41	17

Anmerkungen: Unter Berücksichtigung der Korrekturen um Elektrizitätsimporte/-exporte liegen die Schätzungen für Dänemark bei 59 Mio. Tonnen im Jahr 1990 und bei 61 Mio. Tonnen im Jahr 1996. Emissionen aufgrund von Veränderungen der Bodennutzung und Forstwirtschaft sind berücksichtigt, Emissionsbindungen aufgrund solcher Veränderungen sind nicht berücksichtigt (siehe Tabelle 8.1.).

Quelle: UNFCCC, 1998; UNFCCC, 1999a, EUA

Die auf der Grundlage des Basisszenarios vor Kyoto prognostizierten EU-Kohlendioxidemissionen liegen im Jahr 2010 rund 8 % über dem Stand von 1990 (EUA, 1999a). Der Verkehr ist der am schnellsten wachsende Sektor, mit einer voraussichtlichen Emissionszunahme von 39 % bis zum Jahr 2010, verglichen mit dem Stand von 1990. Die mit der Automobilindustrie getroffenen Vereinbarungen zur Minderung der Kohlendioxidemissionen bei neuen Personenkraftwagen sind im Basisszenarios vor Kyoto nicht berücksichtigt. Die Kohlendioxidemissionen der Industrie hingegen werden zwischen 1990 und 2010 voraussichtlich um 15 % zurückgehen. Die Emissionen aus den Bereichen private Haushalte/Dienstleistungssektor bleiben voraussichtlich aufgrund von Veränderungen auf dem Markt für elektrische Geräte und Heizungsanlagen stabil. Die Emissionen im Sektor Strom- und Wärmeerzeugung bleiben voraussichtlich bis 2010 auf dem Stand von 1990, dann allerdings wird aufgrund von Veränderungen der Infrastruktur wie beispielsweise der Stilllegung von Kernkraftwerken am Ende ihrer Laufzeit mit einem gewissen Anstieg gerechnet. Nur in Deutschland, Luxemburg und Großbritannien werden die Kohlendioxidemissionen im Jahr 2010 voraussichtlich geringer sein als im Jahr 1990.

Sowohl 1995 als auch im Grundszenario für 2010 stehen etwa 50 % der Kohlendioxidemissionen in Zusammenhang mit der Verbrennung flüssiger Brennstoffe. Der relativ geringe Anstieg (+8 %) der gesamten Kohlendioxidemissionen im Vergleich zu dem prognostizierten höheren Gesamtenergieverbrauch zwischen 1995 und 2010 erklärt sich durch die deutliche Verlagerung von festen zu gasförmigen Brennstoffen.

8.2.3. Methan

Die Methanemissionen in der EU insgesamt gingen zwischen 1990 und 1996 um 12 % zurück (Abbildung 8.4); allerdings gibt es zwischen den Mitgliedstaaten erhebliche Unterschiede. Die Emissionen in Deutschland gingen um 36 %, die im Vereinigten Königreich um 23 % zurück; in Italien und Spanien jedoch nahmen sie sehr stark zu.

Die Hauptquellen der Methanemissionen in der EU waren in diesem Zeitraum: Landwirtschaft (45 %), insbesondere durch Wiederkäuer (Gärungsprozesse bei der Verdauung und Dungwirtschaft); Abfallbehandlung und -entsorgung (36 %) und andere Quellen (17 %), insbesondere Kohlebergbau und Leckagen an Erdgasleitungen. Die Schätzungen für Methanemissionen sind sehr viel unsicherer als für Kohlendioxidemissionen, da die Hauptquellen (Landwirtschaft und Abfallbehandlung) quantitativ nicht gut erfaßt sind.

Der größte Anteil der Emissionsminderung ist offenbar auf den Rückgang des Untertagebau im Vereinigten Königreich – und bis zu einem gewissen Grad auch in Deutschland – sowie auf die Erneuerung alter Erdgasleitungen zurückzuführen. Auch die Emissionen aus der Landwirtschaft gingen, insbesondere aufgrund einer Reduzierung der Zahl der Milchkühe, zurück (AEA, 1998a).

Die Methanemissionen in den Mitgliedstaaten der EU nehmen auf der Grundlage eines Basisszenarios zwischen 1990 und 2010 voraussichtlich um 8 % ab (EUA, 1999a; AEA, 1998a), insbesondere aufgrund einer erheblichen Emissionsminderung im Kohlebergbau (da die Kohleerzeugung abnimmt) und der Landwirtschaft (da die Viehbestände geringer werden). Reduktionen im Abfallsektor, beispielsweise durch Maßnahmen zur Erfassung und Beseitigung von Deponiegas, sind in diesem Grundszenario nicht berücksichtigt.

Abbildung 8.4: Methanemissionen der EU insgesamt

Anmerkung: "Sonstige" umfaßt Kohlebergbau und Leckagen an Erdgasleitungen sowie Abfallbehandlung/-entsorgung.

Quelle: EUA

☺ Die Methanemissionen in der EU insgesamt sind seit 1990 zurückgegangen, insbesondere jedoch aufgrund der besonderen Umstände in Deutschland und im Vereinigten Königreich. Die Emissionen werden zwischen 1990 und 2010 voraussichtlich um 8 % abnehmen.

8.2.4. Distickstoffoxid

Die Distickstoffoxidemissionen der EU insgesamt waren 1996 um 2 % geringer als 1990 (Abbildung 8.5). Diese Entwicklung ist in den einzelnen Mitgliedstaaten jedoch sehr unterschiedlich. Die Hauptquellen der Distickstoffoxidemissionen in der EU sind: gedüngte landwirtschaftliche Flächen (46 %); Industrie (28 %), insbesondere die Herstellung von Adipinsäure und Salpetersäure; Verkehr (5 %) und Energie (5 %). Im Verkehrssektor werden die Emissionen durch Drei-Wege-Katalysatoren verursacht, die zwar die Stickstoffoxid-, Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen senken, aber als Nebenwirkung die Distickstoffoxidemissionen erhöhen. Die Datenlage hinsichtlich der Emissionen von Distickstoffoxid ist sehr viel unsicherer als für Kohlendioxid und Methan, insbesondere deshalb, weil die Hauptquelle (Landwirtschaft) quantitativ nicht gut erfaßt ist.

Die Verringerungen sind offenbar größtenteils auf einen Rückgang der Produktion von Adipinsäure und Salpetersäure in der Industrie und einen geringeren Einsatz von anorganischen stickstoffhaltigen Düngemitteln in der Landwirtschaft zurückzuführen. Diese Reduktionen wurden teilweise durch eine Zunahme der durch den Verkehr verursachten Emissionen ausgeglichen, da die Zahl der Fahrzeuge mit Katalysator zunahm (AEA, 1998b).

Die Distickstoffoxidemissionen der EU insgesamt werden auf der Grundlage eines Basisszenarios zwischen 1990 und 2010 voraussichtlich um 9 % zunehmen (Ecofys, 1998b, EUA, 1999a), und zwar insbesondere aufgrund der Emissionen von Fahrzeugen mit Katalysator. In diesem Grundszenario wird davon ausgegangen, daß in der Industrie keine und in der Landwirtschaft nur geringe Verringerungen erreicht werden.

Abbildung 8.5: Distickstoffoxidemissionen der EU insgesamt

Quelle: EUA

☺ Seit 1990 sind die Distickstoffoxidemissionen in der EU insgesamt leicht zurückgegangen. Diese Emissionen werden zwischen 1990 und 2010 voraussichtlich um 9 % zunehmen.

8.2.5. Fluorkohlenwasserstoffe

Das Kyoto-Protokoll sieht vor, daß die einzelnen Länder für die Minderungsziele von Fluorkohlenwasserstoffemissionen entweder 1990 oder 1995 als Bezugsjahr wählen können. Die meisten EU-Mitgliedstaaten werden sich voraussichtlich für 1995 entscheiden.

Die in der EU im Jahr 1995 insgesamt verursachten Fluorkohlenwasserstoffemissionen sind schwer zu schätzen, da nicht von allen EU-Mitgliedstaaten Angaben vorliegen. Erste Schätzungen deuten darauf hin, daß 1995 die gesamten EU-Emissionen der drei im Kyoto-Protokoll enthaltenen Gruppen von Fluorkohlenstoffgasen (H-FKW, FKW und Schwefelhexafluorid) bei rund 58 Mio. Tonnen Kohlendioxidäquivalenten liegen (EUA, 1999a). Dies entspricht, ausgedrückt in Kohlendioxidäquivalenten, rund 1 % der gesamten EU-Emissionen des Jahres 1990 an Kohlendioxid, Methan und Distickstoffoxid (Ecofys, 1998a).

Den größten Anteil daran haben die H-FKW (64 %), gefolgt von Schwefelhexafluorid (25 %). Derzeit werden H-FKW vor allem als Nebenprodukt bei der Herstellung des teilhalegonierten Fluorchlorkohlenwasserstoffs H-FCKW R 22 emittiert. H-FCKW werden nicht vom Kyoto-Protokoll, aber im Rahmen des Protokolls von Montreal über Stoffe mit ozonabbauender Wirkung geregelt (Kapitel 9). Die wichtigste Quelle für Emissionen von Schwefelhexafluorid ist seine Verwendung in Schaltern im Stromverteilungsnetz. Die FKW-Emissionen stammen hauptsächlich aus Produktionsprozessen in der Primäraluminium- und der Elektronikindustrie.

Auf der Grundlage der begrenzten vorliegenden Informationen und unter Ansatz eines Basisszenarios wurde für die Europäische Kommission eine indikative Emissionsvorausschätzung für die halegonierten Gase erarbeitet (March Consulting Group, 1998). Für 2010 werden die Fluorkohlenstoffemissionen der EU insgesamt auf rund 82 Mio. Tonnen Kohlendioxidäquivalente geschätzt - dies bedeutet einen Zuwachs von rund 40 % gegenüber 58 Mio. Tonnen im Jahr 1995. Der Beitrag der H-FKW wird bis zum Jahr 2010 voraussichtlich auf 79 % ansteigen, während der Beitrag des Schwefelhexafluorids auf 15 % und der Beitrag der FKW auf 6 % abnehmen wird. Die erhebliche Zunahme der H-FKW-Emissionen ist darauf zurückzuführen, daß die H-FKW als Alternative für FCKW und andere ozonabbauende Stoffe eingesetzt werden, deren Verwendung schrittweise eingestellt wird (siehe Kapitel 9).

⊗ Die Fluorkohlenstoffemissionen belaufen sich derzeit auf 1 % der EU-Treibhausgasemissionen insgesamt. Bis zum Jahr 2010 nehmen sie gegenüber dem Stand von 1990 voraussichtlich um 40 % zu.

8.3. Temperaturanstieg als Indikator der Klimaveränderung

Zwischen 1856 und 1998 zeigen die jährlichen Abweichungen von der globalen und europäischen mittleren Temperatur des Zeitraums 1960-1990 (Abbildung 8.6) einen Anstieg von 0,3-0,6°C. Die natürlichen Schwankungen in Europa sind größer als die des weltweiten Durchschnitts.

Global gesehen war 1998 das wärmste bisher erfaßte Jahr und 1997 das zweitwärmste davor. Dies liegt teilweise am El Niño-Phänomen im Südpazifik der Jahre 1997-1998, dem ausgeprägtesten, das jemals erfaßt wurde. Bei diesem Phänomen handelt es sich um

einen Zyklus natürlicher Schwankungen der Temperaturen des Pazifischen Ozeans, die zu großräumigen Veränderungen der Niederschläge über dem tropischen Pazifik und der atmosphärischen Zirkulation führen. Auch aufgrund der Tatsache, daß die Oberflächentemperatur des Wassers im tropischen Pazifik in eine kühle El Niño-Phase eingetreten ist, wird die weltweite Oberflächendurchschnittstemperatur 1999 wie erwartet deutlich geringer sein als im Rekordjahr 1998. Dennoch wird sie wahrscheinlich zu einer der zehn höchsten erfaßten Durchschnittstemperaturen zählen (DETR, 1999).

Nach dem vom Zwischenstaatlichen Ausschuß für Klimaveränderungen (IPCC) ausgearbeiteten mittleren Business-as-usual-Szenarios werden die globalen Kohlendioxidemissionen gegenüber dem Stand des Jahres 1990 bis zum Jahr 2050 voraussichtlich um etwa den Faktor zwei und bis zum Jahr 2100 voraussichtlich um etwa den Faktor drei ansteigen (IPCC, 1996). Die Zunahmen der Methan- und Distickstoffoxidemissionen werden voraussichtlich geringer, aber immer noch erheblich sein. Auf dieser Grundlage prognostiziert das IPCC bis zum Jahr 2100 einen Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur um 2°C im Vergleich zu 1990 (die Unsicherheitsspanne liegt bei 1-3,5°C). Große regionale Unterschiede sind jedoch möglich.

In der Wissenschaft besteht kein Konsens über nachhaltige Zielwerte für die wichtigsten Indikatoren der Auswirkungen der Klimaveränderung. Die EU hat als vorläufige "nachhaltige" Zielvorgabe einen Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur von 2°C über dem Stand vor der Industrialisierung vereinbart (Europäische Gemeinschaft, 1996). Diese Zielvorgabe liegt unterhalb des vom IPCC errechneten Temperaturanstiegs von 2°C bis zum Jahr 2100, bezogen auf den Stand von 1990. Als vorläufige "nachhaltige" Zielvorgabe wurde auch schon ein Temperaturanstieg von 0,1°C pro Jahrzehnt vorgeschlagen (Leemans & Hootsman, 1998). Die vom IPCC prognostizierte Erwärmungsrate ist allerdings mehr als doppelt so hoch wie dieses vorläufige "nachhaltige" Ziel. Nach dem vom IPCC im Jahr 1996 ausgearbeiteten Emissions-Basisszenario ist es unwahrscheinlich, daß bis zum Jahr 2100 stabile, potentiell "nachhaltige" atmosphärische Konzentrationen der drei wichtigsten Treibhausgase erreicht werden. Um die Kohlendioxidkonzentrationen in der Atmosphäre bis zum Jahr 2100 auf dem Stand von 1990 zu stabilisieren, wäre eine Minderung der globalen Kohlendioxidemissionen um 50-70 % erforderlich.

Die anhand verschiedener Szenarien erstellten Abschätzungen der zukünftigen Klimaveränderung unterliegen verschiedenen Unsicherheiten. Hierzu zählen: Annahmen über sozioökonomische und sektorbezogene Entwicklungen, antizipierte potentielle Verringerungen der Treibhausgasemissionen, der Prozeß der Umwandlung von Emissionen in Klimaveränderungen und unzureichend verstandene Prozesse in den verfügbaren Klimamodellen. Der jüngste Stand der Erkenntnis in der Frage der Klimaveränderung wird im dritten IPCC-Bericht dargestellt, der voraussichtlich 2000/2001 veröffentlicht wird.

Abbildung 8.6: Beobachtete globale und europaweite mittlere Temperaturabweichungen, 1856-1998

Anmerkungen: Temperatur aufgetragen als Variation des Mittels der Jahre 1960-1990. Die Balken zeigen den Jahresdurchschnitt, aufgetragen als Variation des Mittels der Jahre 1960-1990, die Linie zeigt den ausgeglichenen Zehnjahrestrend.

Quelle: CRU, 1998

⊗ Die globale Durchschnittstemperatur ist in den letzten 100 Jahren um rund 0,3-0,6°C angestiegen. Klimamodelle prognostizieren einen Anstieg der Durchschnittstemperaturen von rund 2°C bis zum Jahr 2100, bezogen auf den Stand von 1990. Damit würde die vorläufige Nachhaltigkeits-Zielvorgabe der EU überschritten.

8.4. Aktuelle Politiken und Maßnahmen

Eine Reihe aktueller Politiken und Maßnahmen der EU und ihrer Mitgliedstaaten zielen darauf ab, die Treibhausgasemissionen zu mindern oder die Kohlenstoffsenken zu vergrößern.

Hierzu zählen:

- Energie/Kohlendioxidsteuern in verschiedenen Mitgliedstaaten (über eine umfassende, EU-weite Steuer auf Energieerzeugnisse konnte bislang keine Einigung erzielt werden);
- eine zwischen der Europäischen Kommission und der Automobilindustrie ausgehandelte Übereinkunft, der zufolge die Kohlendioxidemissionen neuer Personenkraftwagen zwischen 1995 und 2008 um 25 % reduziert werden sollen;
- die Anforderung der Richtlinie zur integrierten Verminderung und Vermeidung der Umweltverschmutzung (IPPC-Richtlinie), die besten verfügbaren Technologien einzusetzen und die Energieeffizienz zu verbessern;
- die Anforderung der Richtlinie über Abfalldeponien, die Menge des auf Abfalldeponien verbrachten organischen Abfalls zu reduzieren (und damit die Methanemissionen zu mindern) und das Deponiegas zu erfassen und zu verwerten;
- die EU-Demonstrationsprogramme zur Energieeffizienz-(ALTENER, SAVE und JOULE-THERMIE);
- verschiedene Richtlinien über Anforderungen an die Energieeffizienz von elektrischen Geräten und verschiedene Vereinbarungen mit Herstellern und Importeuren über Mindestenergienormen.

8.5. Mögliche künftige Maßnahmen

Den jüngsten Schätzungen zufolge wäre eine zusätzliche Minderung um rund 600 Mio. Tonnen Kohlendioxidäquivalenten erforderlich, um das im Kyoto-Protokoll festgelegte Ziel für die EU zu erreichen (siehe Abschnitt 8.2.1; EUA, 1999a; Europäische Kommission, 1999b). Ein wichtiges Element der EU-Politik auf dem Gebiet der Klimaveränderung wird die Kostenwirksamkeit verschiedener Politiken und Maßnahmen sein. Andere wichtige Kriterien für die Auswahl und Umsetzung von Maßnahmen sind die politische Akzeptanz, die Fairness (z.B. zwischen den Sektoren), soziale Barrieren und die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie.

Wie in der Mitteilung über die Vorbereitungen zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls dargelegt, sind voraussichtlich gemeinsame und koordinierte Politiken und Maßnahmen auf Gemeinschaftsebene erforderlich, um die nationalen Initiativen zu ergänzen (Europäische Kommission, 1999b). Mögliche neue Politiken und Maßnahmen, die über

die bereits vereinbarten hinausgehen, sind in Tabelle 8.3 zusammengefaßt. Einige davon werden von verschiedenen Mitgliedstaaten bereits geplant oder umgesetzt.

Die potentielle Emissionsminderung aufgrund von nationalen Maßnahmen oder von Gemeinschaftsmaßnahmen könnte mehr als ausreichend sein, um die Ziele des Kyoto-Protokolls für die EU zu erreichen (Europäische Kommission, 1999b). Mehr als die Hälfte der erforderlichen Minderung könnte kostengünstig (weniger als 5 EUR pro Tonne Kohlendioxidäquivalente) erzielt werden. Die Kosten werden sich jedoch zwischen den Wirtschaftssektoren und den Mitgliedstaaten sehr unterschiedlich verteilen.

Einer vorläufigen Analyse zufolge (EUA, 1999b; EUA, 1999c) binden die Kohlenstoffsenken der Wälder in den EU-Mitgliedstaaten 1-10 Mio. Tonnen Kohlenstoff pro Jahr (0,1-1 % der gesamten Kohlendioxidemissionen der EU). Die im Kyoto-Protokoll geforderten Politiken und Maßnahmen können daher nur zu einem geringen Teil durch die Kohlenstoffbindung der Wälder erfüllt werden. Das Potential der Kohlenstoffbindung durch die Wälder ist jedoch in einigen Länder bedeutsamer als in anderen.

Tabelle 8.3: Mögliche künftige Politiken und Maßnahmen der EU zur Minderung der Treibhausgasemissionen

Treibhausgas	Sektor	Politiken und Maßnahmen	Verbunden mit Indikator
Kohlendioxid	Verkehr	Personenkraftwagen: Verhandlung von Vereinbarungen mit Herstellern in Japan und Korea und mit Unternehmen, die nicht Mitglied des Verbands europäischer Automobilhersteller (EAMA) sind Güterverkehr auf der Straße: multimodaler Güterverkehr, faire und effiziente Preisgestaltung Luftverkehr: Besteuerung des Treibstoffs, operative Maßnahmen	Abb. 5.3 Abb. 5.4, 5.5
	Industrie	Verbesserte Energieeffizienz in der Industrie durch Umweltvereinbarungen Verstärkte Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung	Abb. 7.1 Abb. 4.6
	Energie	Verringerung/Abschaffung der Subventionen für fossile Brennstoffe Vermehrte Verlagerung auf andere Brennstoffe Erhöhung der Energieeffizienz Verstärkte Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energieträger beim Verbrauch von Primärenergie (d. h. 12 % im Jahr 2010)	Abb. 3.3 Abb. 3.2 Abb. 4.6 Abb. 3.4
	private Haushalte	Ausweitung der Energieeffizienznormen auf weitere Geräte	
Methan	Landwirtschaft	Verbesserung der Dungwirtschaft und der Futterverwertungseffizienz	Abb. 6.1
	Abfall	Rückgewinnung von Energie durch Erfassung von Deponiegas. Verringerung des Aufkommens an biologisch abbaubarem Abfall auf Deponien (bereits als Anforderung in der Richtlinie über Abfalldeponien enthalten)	Abb. 11.3
	Energie	Verringerung von Leckagen an Erdgasleitungen	Abb. 3.1
Distickstoffoxid	Landwirtschaft	Verringerung der Anwendung von Düngemitteln und Verbesserung der Dungwirtschaft	Abb. 6.3
	Industrie	Anwendung der besten verfügbaren Technologie (BAT) bei der Herstellung von Adipinsäure und Salpetersäure	
	Verkehr	Minderung der Emissionen aus Katalysatoren in Personenkraftwagen	
Fluorkohlenstoffe	Industrie	Verringerung der Bildung von H-FKW als Nebenprodukt der Herstellung von H-FCKW R 22	
		Spezifische Maßnahmen zur Minderung sonstiger Fluorkohlenstoffemissionen	

8.6. Entwicklung von Indikatoren

Die wichtigste Anforderung ist eine Verbesserung der Zuverlässigkeit von Zeitreihen und eine Verringerung der Unsicherheiten bei der Schätzung von Treibhausgasemissionen. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand sind die Unsicherheiten in aufsteigender Reihenfolge wie folgt: $\pm 5\%$ bei Kohlendioxid aus fossilen Brennstoffen; $\pm 10\%$ bei

Kohlendioxidemissionen insgesamt (einschließlich der sehr unsicheren Emissionen aufgrund von Veränderungen der Bodennutzung und der Fortwirtschaft); $\pm 20\%$ bei Fluorkohlenstoffen; $\pm 20-50\%$ bei Methan und $\pm 50-100\%$ bei Distickstoffoxid. Hinsichtlich der Emissionstrends hingegen sind die Unsicherheiten geringer, und die Schätzungen gelten als relativ zuverlässig.

Erforderlich sind außerdem Bemühungen auf nationaler Ebene, um die Zeitreihen für die Schätzungen der jeweiligen Treibhausgasemissionen zu vervollständigen und um die Konsistenz der Schätzungen durch die Anwendung derselben Methodik auf alle Jahre zu erreichen.

Für die Zukunft sollen mehr und verbesserte Indikatoren für die Auswirkungen der Klimaveränderung mit spezifischem Bezug auf Europa herangezogen werden. Zu diesen Indikatoren, die auf der Grundlage laufender europäischer Forschungsarbeiten und der Arbeit des IPCC ausgewählt werden müssten, könnten Temperaturanstieg, Veränderung der Strahlungsbilanz, Niederschläge, Anstieg des Meeresspiegels und Wasserressourcen zählen.

Für die Zukunft bedarf es einer Analyse der Auswirkungen von Energiesteuern, von Subventionen zur Förderung umweltfreundlicherer Brennstoffe und zur Minderung der Emissionen sowie von anderen Aspekten emissionsmindernder Programme, um die Wirksamkeit von Reaktionsmaßnahmen zu bewerten.

8.7. Verwendete und weiterführende Literatur

AEA (1998a). *Options to reduce methane emissions*. Bericht für die Kommission (GD XI). Großbritannien.

AEA (1998b). *Options to reduce methane emissions*. Bericht für die Kommission (GD XI). Großbritannien.

CRU (1998). Climate Research Unit University of East Anglia, Großbritannien.
www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperat.htm.

DETR (1999). *Climate change and its impact: stabilisation of carbon dioxide in the atmosphere*. Ausgearbeitet durch Hadley Centre, The Meteorological Office, VK, für das Ministerium für Umwelt, Verkehr und Regionen, Großbritannien.

Ecofys (1998a). *Reduction of the emissions of HFCs, PFCs and sulphur hexafluoride in the EU*. Bericht von Ecofys, Niederlande, für die Europäische Kommission.

Ecofys (1998b). *Emission reduction potential and costs for methane and nitrous oxide emissions in the EU*. Bericht von Ecofys, Niederlande, für die Europäische Kommission.

EUA (1999a). *Umwelt in der Europäischen Union – an der Wende des Jahrhunderts*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1999b). *Overview of national programmes to reduce greenhouse gas emissions*. Themenspezifischer Bericht Nr. 8. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1999c). *Case study on carbon dioxide sinks of forests*, European Forest Institute. Fachspezifischer Bericht Nr. 35. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

Europäische Kommission (1998). *Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament – Umsetzung der Strategie der Gemeinschaft zur Minderung der CO₂-Emissionen von Personenkraftwagen: eine Umweltvereinbarung mit der europäischen Automobilindustrie*. KOM(98)495, Europäische Kommission, Brüssel.

- Europäische Kommission (1999). *Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament – Vorbereitungen für die Umsetzung des Kyoto-Protokolls*. KOM(99)230. Europäische Kommission, Brüssel.
- Europäische Kommission (1999b). Richtlinie 1999/31/EG des Rates vom 26. April 1999 über Abfaldeponien. Amtsblatt L 182, 16.07.1999. Europäische Kommission, Brüssel.
- Europäische Gemeinschaft (1996). *Schlußfolgerungen des Rates zur Klimaänderung*, Juni 1996. Europäische Kommission, Brüssel.
- Europäische Gemeinschaft (1998). *Schlußfolgerungen des Rates zur Klimaänderung*. Juni 1998. Europäische Kommission, Brüssel.
- Europäische Gemeinschaft (1999). *Schlußfolgerungen des Rates zur Klimaänderung*. Mai 1999. Europäische Kommission, Brüssel.
- IPCC (1996). *Second assessment climate change 1995, report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. "The Science of Climate Change", Contribution of Working Group 1. "Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change", Contribution of Working Group 2. "Economic and Social Dimensions of Climate Change", Contribution of Working Group 3*. Weltorganisation für Meteorologie. Umweltprogramm der Vereinten Nationen. Cambridge University Press.
- IPCC (1999). *Aviation and the global atmosphere, a special report of working groups 1 and 3 of the Intergovernmental Panel on Climate Change, World Meteorological Organisation*. Umweltprogramm der Vereinten Nationen. Genf.
- IPCC/OECD/IEA (1999). *Programme for national greenhouse gas inventories: good practice in inventory management*. Zwischenstaatlicher Ausschuß für Klimaveränderungen. Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung. Internationale Energieagentur. Paris.
- Leemans, R. und Hootsman, R. (1998). *Ecosystem vulnerability and climate protection goals*. Bericht Nr. 481508004. RIVM, Niederlande.
- March Consulting Group (1998). *Opportunities to minimise emissions of hydrofluorocarbons from the EU*. Entwurf eines Berichts für die Kommission. Großbritannien.
- UNFCCC (1998). *Second compilation and synthesis of second national communications from Annex I Parties*, 6. Oktober 1998, FCCC/CP/1998/11/Add.1 und Add.2) und *Summary compilation of annual greenhouse gas emissions inventory data from Annex I Parties*, 31. Oktober 1998, FCCC/CP/1998/INF.9, UNFCCC-Sekretariat, Bonn.
- UNFCCC (1999a). *Report on national greenhouse gas inventory data from Annex I Parties for 1990 to 1997*, UNFCCC-Sekretariat, Bonn.
- UNFCCC (1999b). *Report of the Conference of Parties on its fourth session, held at Buenos Aires 2-14 November 1998, part 2: Action taken by the conference of Parties*, FCCC/CP/1998/16/Add.1., UNFCCC-Sekretariat, Bonn.

9. Ozonabbau in der Stratosphäre

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Mittlere Ozonsäule im März	Gibt es schon Verbesserungen?	Zustand	☹️
Potentielle Chlor- und Bromgesamtkonzentrationen in der Troposphäre	Gibt es schon Verbesserungen?	Zustand	☹️
Zunahme der UV-Strahlung	Indikator öffentliches Interesse: Wie gravierend ist das Problem?	Zustand	☹️
strahlungsbedingte Aufheizung durch ozonabbauende Stoffe	Welche bleibenden Auswirkungen haben ozonabbauende Stoffe auf die Klimaveränderung?	treibende Kraft	☹️
Herstellung ozonabbauender Stoffe	Wird die Herstellung ozonabbauender Stoffe wie geplant allmählich eingestellt? Wie erfolgreich sind die Maßnahmen gegen die Nutzung von H-FCKW?	treibende Kraft	😊
Beitrag zum multilateralen Fonds, um die Entwicklungsländer bei der Umsetzung des Protokolls von Montreal zu unterstützen	Können wir sicherstellen, daß die Entwicklungsländer ihre Zielvorgaben erreichen?	Maßnahme	😊

Die Dicke der Ozonschicht über Europa nimmt seit Beginn der achtziger Jahre signifikant ab und verringert sich um bis zu 8 % pro Jahrzehnt. Der allmähliche Rückgang der Chlorkonzentrationen in der Troposphäre (auf dem Weg zur Stratosphäre) zeigt, daß die internationalen Politiken zur Begrenzung ozonabbauender Stoffe erfolgreich sind. Herstellung und Verkauf ozonabbauender Stoffe sind in den Mitgliedsländern der EUA seit 1989 deutlich zurückgegangen. Aufgrund der Langlebigkeit dieser Stoffe in der Atmosphäre wird die Ozonschicht möglicherweise erst nach 2050 völlig wiederhergestellt sein. Die Länder Europas stehen auch weiterhin vor der politischen Herausforderung, Minderungsmaßnahmen zu verschärfen, Herstellung und Verbrauch von H-FCKW und Methylbromid zu reduzieren, vorhandene Bestände an ozonabbauenden Stoffen zu verwalten und die Entwicklungsländer in ihren Bemühungen um eine Verringerung der Verwendung und der daraus entstehenden Emissionen ozonabbauender Stoffe zu unterstützen.

Das Ozon in der Stratosphäre schützt die Erdoberfläche vor schädlichen kurzwelligen UV-Strahlen. Ozon entsteht in der oberen Stratosphäre durch kurzweiliges Sonnenlicht, das wiederum in Verbindung mit bestimmten chemischen Prozessen das Ozon spaltet, so daß ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Ozonbildung und Ozonzerfall entsteht. Anthropogene Emissionen von reaktionsträgen chlor- und bromhaltigen Verbindungen beeinträchtigen dieses Gleichgewicht. Ein einziges Chlor- oder Bromatom kann Tausende von Ozonmolekülen zerstören, bevor es aus der Atmosphäre entfernt wird.

Zu den Verbindungen, die entscheidend zum Ozonabbau beitragen, zählen die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), Tetrachlorkohlenstoff, Methylchloroform, Halone, teilhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe (H-FCKW),

Fluorbromkohlenwasserstoffe (FBKW) und Methylbromid. Sie werden als Lösungsmittel, Kältemittel, Aufschäumer, Entfettungsmittel und Treibgase für Aerosole, als Feuerlöscher (Halone) und als Pestizide in der Landwirtschaft (Methylbromid) eingesetzt. Das Ausmaß, in dem ein ozonabbauender Stoff die Ozonschicht zerstört (d. h. sein Ozonabbaupotential, ODP), hängt von den chemischen Merkmalen des Stoffes ab. Weitere Faktoren, die die Ozonschicht beeinflussen, sind natürliche Emissionen, große Vulkanausbrüche, Klimaveränderung und die Treibhausgase Methan und Distickstoffoxid.

Der dramatische Abbau des stratosphärischen Ozons in den Polarregionen wird durch eine Kombination anthropogener Emissionen ozonabbauender Stoffe, stabile Zirkulationsverhältnisse, extrem niedrige Temperaturen und Sonneneinstrahlung verursacht. Reaktionen an der Oberfläche der polaren stratosphärischen Wolkenpartikel, die sich bei niedrigen Temperaturen bilden, setzen eine Reihe chemischer Reaktionen in Gang, die im Polarfrühjahr, d. h. in der Arktis im März/April und in der Antarktis im September/Oktobre, eine große Anzahl von Ozonmolekülen zerstören.

Der Gesamtgehalt des Ozons über Europa ist der wichtigste Indikator für den Zustand der Ozonschicht über den Mitgliedsländern der EU. Die Ozonsäule (ein Maß für die Dicke der Ozonschicht) nimmt seit Beginn der achtziger Jahre signifikant ab (Abbildung 9.1); der im März beobachtete Trend liegt bei rund -8% pro Dekade. Der globale Trend während der gesamten Winter-/Frühjahrsperiode in den mittleren Breiten der nördlichen Hemisphäre liegt bei $-5,4\%$ pro Jahrzehnt (WMO, 1999).

Abbildung 9.1: Mittlere Ozonsäule über Europa im März

Anmerkungen: Die Ozonsäule ist das gesamte Ozon in einer Säule, die von der Erdoberfläche bis zur Obergrenze der Atmosphäre reicht. Monatliche Durchschnittsdaten für Ozon, abgeleitet aus Satellitenmessungen (Nimbus 7 TOMS, Meteor3 TOMS und GOME), gemittelt für den Bereich 35°N bis 70°N und $11,2^{\circ}\text{W}$ bis $21,2^{\circ}\text{O}$. In den verschiedenen Jahren wurden unterschiedliche Meßinstrumente verwendet. 1 Dobson-Einheit = 0,01 mm dicke Schicht der Ozonsäule bei normaler Temperatur der Erdoberfläche und normalem Atmosphärendruck.

Source: RIVM

⊗ Die Dicke der Ozonschicht über Europa (Durchschnitt für März) nimmt seit Beginn der achtziger Jahre mit bis zu 8% pro Jahrzehnt signifikant ab.

Die erste internationale Vereinbarung zum Schutz der Ozonschicht war das Übereinkommen von Wien aus dem Jahr 1985. Das Protokoll von Montreal aus dem Jahr 1987 (einschließlich der nachfolgenden Änderungen und Anpassungen) zielt darauf ab, die Herstellung und Verwendung ozonabbauender Stoffe weltweit zu unterbinden. Zu den Maßnahmen und Politiken der EU zum Schutz der Ozonschicht zählen die Verordnung des Rates Nr. 3093/94/EG, die derzeit geändert und verschärft wird (Europäische Kommission, 1999a). Zu den derzeitigen Herausforderungen der EU zählen:

- Sicherstellung der uneingeschränkten Erfüllung des Protokolls durch die Entwicklungsländer, ebenso wie durch Rußland und andere Länder, deren Volkswirtschaften sich im Übergang zur Marktwirtschaft befinden;
- Reduzierung der verbleibenden Produktion ozonabbauender Verbindungen für wichtige Verwendungszwecke und die Belieferung der Entwicklungsländer;

- Unterbinden der "Entsorgung" von gebrauchten Ausrüstungsgütern, die FCKW enthalten und emittieren, in Entwicklungsländern;
- Einleitung von Maßnahmen gegen FCKW- und Halon-Schmuggel;
- Reduzierung der Emissionen von Halonen und FCKW durch vorhandene Ausrüstung, vor allem in den Industrienationen;
- Einleitung von Maßnahmen gegen den Ersatz von FCKW durch H-FCKW;
- Verhindern der zunehmenden Verwendung von Methylbromid in den Entwicklungsländern;
- Verhindern der Produktion und Vermarktung neuer ozonabbauender Stoffe.

9.1. Potentielle Chlor- und Bromgesamtkonzentrationen in der Troposphäre insgesamt

Die Auswirkungen der ergriffenen Maßnahmen zeigen sich zunächst im unteren Bereich der Erdatmosphäre: in der Troposphäre. Der für diese Auswirkung relevante Indikator wird ausgedrückt als "potentielle Chlor- oder Bromkonzentration"; er ist abgeleitet aus den Konzentrationen einzelner Stoffe (unter Berücksichtigung der Zahl der Halogen-Atome in den einzelnen Verbindungen) in der Troposphäre. Auf diese Weise erhält man einen unmittelbaren Hinweis auf die potentielle Auswirkung dieser Verbindungen auf die Ozonschicht.

Infolge der internationalen Maßnahmen ist die potentielle Chlorkonzentration in der *Troposphäre* insgesamt seit 1994 zurückgegangen (Abbildung 9.2). Der Hauptgrund für diesen Rückgang ist eine starke Abnahme der Methylchloroformkonzentration. Die Konzentration einiger FCKW nimmt ab, während die Zunahme der Konzentration anderer FCKW abflacht. Dafür nehmen die Konzentrationen der H-FCKW (die als Alternative für die FCKW eingesetzt werden) zu.

Die Konzentration des potentiellen Chlors in der *Stratosphäre* wird ihren Höchststand voraussichtlich im Jahr 2000 erreichen. Anders als früher angenommen nimmt die gesamte potentielle Bromkonzentration aufgrund erhöhter Halonkonzentrationen immer noch zu.

Abbildung 9.2: Potentielle Chlor- und Bromgesamtkonzentrationen in der Troposphäre insgesamt

Anmerkungen: Die potentielle Chlor-/Bromkonzentration insgesamt wird definiert als die Summe aller Chlor-/Bromverbindungen in der Troposphäre, multipliziert mit der Zahl der Chlor-/Bromatome pro Molekül. Die Summe der Bromverbindungen wird multipliziert mit dem Brom-Effizienzfaktor 60 für das gesamte potentielle Brom, um die unterschiedliche ozonabbauende Wirkung von Brom zu berücksichtigen.

Quelle: RIVM; ALE/GAGE/AGAGE-Netz; NOAA/CMDL-Netz

☺ Die gesamten potentiellen Chlorgesamtkonzentrationen in der Troposphäre waren um 1994 am höchsten, doch die gesamten potentiellen Bromgesamtkonzentrationen in der Troposphäre nehmen immer noch zu.

Da die ozonabbauenden Stoffe in der Stratosphäre eine sehr lange Lebensdauer haben, wird eine nachweisbare Erholung der Ozonschicht infolge des Protokolls von Montreal nicht vor 2020 erwartet. Mit einer vollständigen Wiederherstellung wird erst nach 2050 gerechnet (WMO, 1999). Über den Polarregionen wird auch in den kommenden Jahrzehnten im Frühjahr ein erheblicher Ozonabbau zu beobachten sein.

Die Meßstationen an der Erdoberfläche haben in den letzten Jahren eine erhöhte UV-Strahlung festgestellt. Schätzungen anhand von Modellen (Abbildung 9.3) zeigen die prozentuale Zunahme der UV-Strahlung mit Wellenlängen, die eine Rötung der menschlichen Haut bewirken. Diese durch Satellitenmessungen gewonnenen UV-Daten und die Messungen von der Erde aus stimmen in der Regel überein.

Das UV-Strahlungsniveau wird weiterhin erhöht sein, bis die Ozonschicht wiederhergestellt ist, doch die schädlichen Auswirkungen der UV-Strahlung auf die menschliche Gesundheit und die Ökosysteme werden wohl sogar noch länger anhalten. Hautkrebs beispielsweise zeigt sich erst viele Jahre nach der Belastung durch UV-Strahlen. Die allgemeine Zunahme von Hautkrebsfällen in Europa in den letzten 50 Jahren ist aber wahrscheinlich auf einen veränderten Lebensstil, d. h. daß sich die Menschen mehr der Sonne aussetzen, zurückzuführen. Die voraussichtliche Auswirkung einer zunehmenden UV-Strahlung wird zu dieser Auswirkung hinzukommen. Öffentliche Aufklärungskampagnen, die die Bevölkerung veranlassen sollen, sich weniger der Sonne auszusetzen, könnten die nachteiligen Auswirkungen des Ozonabbaus ausgleichen (United Kingdom Stratospheric Ozone Review Group, 1999).

Abbildung 9.3: Zunahme der UV-Strahlung in Europa, 1980-1997

Anmerkung: Die Karte zeigt die Zunahme der jährlichen Dosis an UV-Strahlen in dem dargestellten 17-Jahres-Zeitraum, errechnet anhand der durch TOMS-Satellitenmeßgeräte bei klarem Himmel beobachteten Ozonwerte insgesamt.

Quelle: *EUA, 1999; RIVM*

⊗ Beobachtungen deuten darauf hin, daß die UV-Strahlung über Europa zunimmt.

9.2. Die Wechselwirkung zwischen Klimaveränderung und Ozonabbau

Einige ozonabbauende Stoffe, z. B. FCKW und H-FCKW, sind zugleich hochwirksame Treibhausgase. Daher haben der Ozonabbau in der Stratosphäre und die Klimaveränderung (siehe Kapitel 8) gemeinsame Ursachen. Ozon ist auch ein Treibhausgas, die Erwärmung wird aber vor allem durch das Ozon in der Troposphäre verursacht.

FCKW, H-FCKW und die entsprechenden Verbindungen machen etwa 13 % des Beitrags aller Treibhausgase zur gesamten Verschiebung der Strahlungsbilanz (d. h. zu der zusätzlichen Nettostrahlung, durch die die globale Erwärmung entsteht) aus (Abbildung 9.4). Ihre Emissionen sind jedoch nicht im Kyoto-Protokoll geregelt (siehe Abschnitte 8.2 und 8.3), da sie bereits im Rahmen des Protokolls von Montreal geregelt sind. Auch die H-FKW, die zunehmend als Ersatz für ozonabbauende Stoffe verwendet werden, sind hochwirksame Treibhausgase. Die H-FKW sind im Kyoto-Protokoll und nicht in dem früheren Protokoll von Montreal geregelt.

Die Verschiebung der Strahlungsbilanz durch ozonabbauende Stoffe nimmt zwar weniger als in den 80er Jahren aber doch nach wie vor zu. Dafür gibt es eine Reihe von Gründen.

Die schrittweise Einstellung der Produktion von Methylchloroform im Rahmen des Protokolls von Montreal ist im wesentlichen verantwortlich für den Rückgang des gesamten potentiellen Chlors. Methylchloroform trägt allerdings weniger zur Verschiebung der Strahlungsbilanz bei als FCKW und H-FCKW. Auch nimmt der Beitrag der FCKW als unmittelbares Ergebnis des Protokolls von Montreal nicht mehr so stark zu, während die Verschiebung der Strahlungsbilanz durch H-FCKW zunimmt, da ihre Konzentration in der Troposphäre zunimmt.

Abbildung 9.4: Verschiebung der Strahlungsbilanz durch ozonabbauende Stoffe auf globaler Ebene

Anmerkung: Die Berechnung der Verschiebung der Strahlungsbilanz stützt sich auf die globalen mittleren Konzentrationen in der Troposphäre (Abbildung 9.2) und die Parameter für die Verschiebung der Strahlungsbilanz der WMO

Quelle: RIVM

☺ Die Verschiebung der Strahlungsbilanz durch ozonabbauende Stoffe nimmt immer noch zu. Ursächlich dafür ist die Zunahme der strahlungsbedingten Aufheizung durch H-FCKW, während die durch FCKW verursachte strahlungsbedingte Aufheizung nicht mehr so stark zunimmt.

9.3 Herstellung ozonabbauender Stoffe in Europa

Die Herstellung von FCKW, Tetrachlorkohlenstoff, Methylchloroform und Halonen ist in Europa zwischen 1989 und 1997 deutlich zurückgegangen, während die Herstellung von H-FCKW zugenommen hat (Abbildungen 9.5 und 9.6). Die Verkaufszahlen ozonabbauender Stoffe zeigen ein ähnliches Muster. Dieser generelle Rückgang bei der Herstellung und beim Verkauf ozonabbauender Stoffe in den Mitgliedsländern der EUA ist ein unmittelbares Ergebnis des Protokolls von Montreal und der Rechtsvorschriften der EU. Die Herstellung von Halonen ist in der EU seit 1994, die von FCKW, Tetrachlorkohlenstoff und Methylchloroform seit 1995 verboten. Die eingeschränkte Herstellung und Verwendung bestimmter Verbindungen (insbesondere FCKW) ist auf bestimmte wichtige Verwendungszwecke (z. B. für Dosieraerosole für medizinische Zwecke) und auf den Grundbedarf der Entwicklungsländer beschränkt. Die Zunahme im Jahr 1997 geht auf die Herstellung für den Verkauf an Entwicklungsländer zurück. H-FCKW und Methylbromid können in der EU innerhalb vorgeschriebener Grenzen immer noch hergestellt und verkauft werden.

Die Herstellung ozonabbauender Stoffe in den Mitgliedsländern der EUA belief sich 1989 auf rund 32 % der weltweiten Produktion und 1996 auf etwa 25 % der weltweiten Produktion. In allen Mitgliedsländern ist die Verwendung ozonabbauender Stoffe stärker zurückgegangen als im Rahmen des Protokolls von Montreal gefordert.

Auch die weltweite Herstellung und die weltweiten Emissionen ozonabbauender Stoffe sind signifikant zurückgegangen. Doch die vorhandenen Ausrüstungen und Produkte enthalten immer noch erhebliche Mengen an FCKW und Halonen und verursachen Emissionen, wenn diese Stoffe freigesetzt werden. Emissionen ozonabbauender Stoffe können innerhalb weniger Monate nach der Herstellung (z. B. bei der Herstellung offenerporiger Schaumstoffe) oder nach mehreren Jahren (z. B. aus Kühlgeräten, geschlossenzelligen Schaumstoffen und Feuerlöschern) auftreten.

Schmuggel und illegale Herstellung ozonabbauender Stoffe werden auf 10 % der weltweiten Produktion des Jahres 1995 geschätzt. Durch diese illegalen Aktivitäten wird sich die Wiederherstellung der Ozonschicht um mehrere Jahre verzögern.

Abbildung 9.5: Herstellung ozonabbauender Stoffe in den Mitgliedsländern der EUA

Anmerkungen: Herstellung ist definiert als tatsächliche Herstellung in der EU für dispergierende Zwecke, schließt aber das folgende aus: Importe, Herstellung als Ausgangsmaterial für die Herstellung anderer Stoffe sowie zurückgewonnene, wiederverwertete, aufgearbeitete Stoffe. Die Produktionsdaten sind nach Ozonabbaupotential (ODP) gewichtet.

Quelle: Europäische Kommission 1999b; UNEP, 1998

Abbildung 9.6: Herstellung von H-FCKW in den Mitgliedsländern der EUA

Quelle: Europäische Kommission 1999b; UNEP, 1998

☺ Die Herstellung ozonabbauender Stoffe ist in den Mitgliedsländern der EUA um nahezu 90 % zurückgegangen. Doch die Herstellung von H-FCKW – die ein geringes Ozonabbaupotential, aber ein hohes Treibhauspotential besitzen – nimmt zu.

9.4 Technologietransfer an Entwicklungsländer

Europas Erfolge und die Wiederherstellung der Ozonschicht sind gefährdet, wenn die Entwicklungsländer nicht ebenfalls ihre Verpflichtungen aus dem Protokoll von Montreal erfüllen. Diese Verpflichtungen traten 1999 in Kraft.

1990 wurde von den Vertragsstaaten des Protokolls von Montreal ein multilateraler Fonds eingerichtet, um die Entwicklungsländer bei der Umsetzung des Protokolls zu unterstützen. Die Industrienationen zahlen in diesen Fonds ein, während die Entwicklungsländer eine finanzielle Unterstützung für spezifische Projekte beantragen können.

Die Mitgliedsländer der EUA zahlten zwischen 1991 und 1998 371,6 Mio. US \$ in den multilateralen Fonds ein. Dies entspricht rund 45 % der gesamten weltweiten Einzahlungen in den Fonds (Abbildung 9.8). Durch den bisher durch den Fonds ausgegebenen Gesamtbetrag (936 Mio. US \$) wird voraussichtlich ein schrittweiser Abbau der Verwendung von 122 Mio. kg ODP (mehr als doppelt so viel wie 1997 in den Mitgliedsländern der EUA hergestellt wurde) und ein schrittweiser Abbau der Herstellung von rund 42 Mio. kg ODP ozonabbauender Stoffe erreicht werden.

Abbildung 9.7: Relativer Beitrag der Mitgliedsländer der EUA zum multilateralen Fonds zur Unterstützung der Entwicklungsländer bei der Umsetzung des Protokolls von Montreal, 1991-1998

Quelle: UNEP, 1999

☺ Die Mitgliedsländer der EUA haben gemeinsam etwa 45 % zum multilateralen Fonds beigetragen, aus dem die Entwicklungsländer bei der Reduktion ihrer Emissionen an ozonabbauenden Stoffen unterstützt werden

Methylbromid: Unterstützung der Entwicklungsländer

Zwölf Jahre nach seiner Unterzeichnung gilt das Protokoll von Montreal als Erfolg. Methylbromid, das im Vergleich zu FCKW ein Ozonabbaupotential von 0,6 besitzt, wurde 1992 in die Liste der geregelten Stoffe aufgenommen. Die Änderung von Kopenhagen fordert, daß die Herstellung und Verwendung von Methylbromid in den Industrienationen bis zum Jahr 2005 und in den Entwicklungsländern bis zum Jahr 2015 schrittweise eingestellt wird.

Methylbromid wird immer noch überall in den Entwicklungsländern als Bodenbegasungsmittel gegen Schädlinge im Boden, in Bauten und in Rohstoffen eingesetzt. Für 90 % der Methylbromid-Anwendungen gibt es jedoch inzwischen Alternativen – oft im Rahmen einer integrierten Schädlingsbekämpfung - aber es wurden erst wenige eingesetzt.

Die deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) berät Entwicklungsländer im Hinblick auf Alternativen für Methylbromid. Die GTZ legt den Schwerpunkt auf nicht-chemische Alternativen wie Fruchtwechsel und biologische Schädlingsbekämpfung. Die GTZ hilft auch bei der Entsorgung alter Bestände an Methylbromid, so unterstützte sie beispielsweise vor kurzem die sudanesishe Regierung bei der Entsorgung von mehr als acht Tonnen Methylbromid.

Quelle: UNEP

9.5 Verbesserung der Indikatoren

Durch die Harmonisierung der für die Europäische Kommission und das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) erhobenen Daten über die derzeitige Herstellung und den Verkauf ozonabbauender Stoffe könnten Konsistenzmängel bei den Indikatoren beseitigt werden. Über die einzelnen Mitgliedstaaten der EU liegen keine Angaben vor.

Für die Zukunft wäre eine verbesserte Aufschlüsselung der Beiträge der europäischen Länder zum multilateralen Fonds zur Unterstützung der Entwicklungsländer bei der Umsetzung des Protokolls von Montreal wünschenswert. Auch eine Analyse der Wirksamkeit dieses politischen Instruments bei der Reduzierung der Herstellung und des Verbrauchs ozonabbauender Stoffe in den Entwicklungsländern wäre sinnvoll.

Künftig sollten verbesserte Indikatoren und eine Analyse der Wechselwirkungen zwischen Klimaveränderung und Ozonabbau erarbeitet werden. Die hier dargestellte Verschiebung der Strahlungsbilanz ist nur ein Beispiel für einen solchen Indikator. Ein anderer wichtiger Zusammenhang ist der zwischen dem Temperaturabfall in der Stratosphäre aufgrund von Treibhausgasemissionen und seinen Auswirkungen auf die Ozonschicht in den mittleren Breiten und den Polarregionen. Dieser Wirkungszusammenhang ist allerdings schwieriger zu bewerten.

9.6. Verwendete und weiterführende Literatur

EUA (1999). *Umwelt in der Europäischen Union – an der Wende des Jahrhunderts*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

Europäische Kommission, GD XII (1997). *European research in the stratosphere*. EUR 169986 EN. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Kommission (1999a). Gemeinsamer Standpunkt im Hinblick auf die Änderung der Verordnung des Rates über Stoffe, die zum Abbau der Ozonschicht führen. *Amtsblatt* Nr. C123 vom 4.5.1999.

Europäische Kommission (1999b). *Statistical factsheet – ozone-depleting substances*. Europäische Kommission, Brüssel.

WMO (1999). *Scientific assessment of ozone depletion: 1998*. World Meteorological Organisation Global Ozone Research and Monitoring Project – Report 44. Weltorganisation für Meteorologie, Genf.

UNEP (1998). *Production and consumption of ozone-depleting substances 1986-1996*. Umweltprogramm der Vereinten Nationen, Nairobi, Kenia.

UNEP (1999), UNEP/OzL.Pro/ExCom/27/48 (Anhang I, Seite 5). Umweltprogramm der Vereinten Nationen, Nairobi, Kenia (<http://www.unmfs.org>).

United Kingdom Stratospheric Ozone Review Group (1999). *Stratospheric ozone 1999*. Department of the Environment, Transport and the Regions, London, Großbritannien.

10. Luftverschmutzung

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
<i>Mehrere Auswirkungen:</i>			
Fläche mit überschrittener kritischer Belastungsrate im Hinblick auf Säuregehalt und Eutrophierung	Wie gut schützen wir die Umwelt vor saurem Regen?	Zustand	☺/☹
Anzahl der Tage, an denen der Grenzwert für atmosphärisches Ozon überschritten wird	Schützen wir die Bevölkerung wirksam vor der Belastung durch photochemische Stoffe?	Zustand	☹
Belastung von Ackerkulturen und Wäldern durch atmosphärisches Ozon	Wie gut schützen wir die Umwelt vor den Auswirkungen photochemischer Stoffe?	Zustand	☹
Anzahl der Tage, an denen der Grenzwert für Partikel überschritten wird	Schützen wir die Bevölkerung wirksam vor der Belastung durch Partikel?	Zustand	☹
<i>Mehrere Schadstoffe:</i>			
Emission säurebildender Gase	Werden die politischen Zielvorgaben erreicht?	Belastung	☺
Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen	"	Belastung	☺
Schwefeldioxidemissionen	"	Belastung	☺
Stickstoffoxidemissionen	"	Belastung	☺
Ammoniakemissionen	"	Belastung	☺
Emissionen von flüchtigen organischen Nichtmethanverbindungen	"	Belastung	☺

Trotz eines Rückgangs der Luftschadstoffemissionen im allgemeinen muß das letztendliche Ziel, alle schädlichen Auswirkungen auf Gesundheit, Vegetation, Wasser und Boden zu vermeiden, erst noch verwirklicht werden. Die Fläche, auf der die kritischen Belastungsraten säurebildender Emissionen überschritten werden, ist signifikant kleiner geworden, aber immer noch werden erhebliche Teile der Bevölkerung in den Mitgliedsländern der EUA durch inakzeptable Konzentrationen von bodennahem Ozon und kleinsten Partikeln belastet. Die im Fünften Umweltaktionsprogramm enthaltenen Minderungsziele für das Jahr 2000 werden für Schwefeldioxid erreicht, für Stickstoffoxide und flüchtige organische Verbindungen (VOC) hingegen werden sie wahrscheinlich nicht erreicht werden. Die für die EU und für die Einzelstaaten vorgeschlagenen Zielvorgaben für das Jahr 2010 sind für Schwefeldioxid wahrscheinlich einzuhalten, doch im Hinblick auf Stickstoffoxid, Ammoniak und Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen sind in den meisten Mitgliedstaaten erhebliche weitere Verringerungen und zusätzliche Politiken und Maßnahmen erforderlich.

Die wichtigsten Umweltprobleme im Zusammenhang mit der Emission von Luftschadstoffen sind Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit, Versauerung und Eutrophierung von Gewässern und Böden und Schäden an natürlichen Ökosystemen, dem kulturellen Erbe und Ackerkulturen. Häufig handelt es sich um grenzüberschreitende Auswirkungen, da sich Schadstoffe in der Luft oft ziemlich weit von ihrer Quelle entfernen. Darüber hinaus können Emissionen aus Quellen in Großstadtreionen an Ort und Stelle erhebliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben. Lokale und grenzüberschreitende Luftverschmutzung werden in diesem Bericht als *ein* Umweltthema behandelt, da die Folgen der Luftverschmutzung durch gemeinsame Ursachen und gemeinsame Auswirkungen miteinander verbunden sind. Die Politiken zur Emissionsminderung betrachten zunehmend verschiedene Umweltprobleme in einem Ansatz, der mehrere Schadstoffe und mehrere Auswirkungen integriert ("multi pollutants – multi effects") (Abbildung 10.1).

Abbildung 10.1: Mehrere Schadstoffe, mehrere Auswirkungen

Quelle: EUA

10.1. Aktualisierung der Politik

Der erste internationale Vertrag mit Strategien zur Verringerung der grenzüberschreitenden Luftverschmutzung war das UNECE-Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP). Für die europäischen Vertragspartner, einschließlich der EU und ihrer Mitgliedstaaten, sind verschiedene CLRTAP-Protokolle in Kraft. Die darin aufgenommenen Stoffe und die geforderten Reduktionen sind in Tabelle 10.1 aufgelistet. Das zweite CLRTAP-Schwefel-Protokoll (UNECE, 1994) verfolgte erstmals den Ansatz, Emissionsziele festzulegen, um das Überschreiten kritischer Depositionsniveaus für Ökosysteme ("Schließung der Lücke") zu verringern. Aus diesem Protokoll ergaben sich daher nationale Verpflichtungen zur Emissionsminderung, die sich je nach Empfindlichkeit der jeweiligen Ökosysteme unterschieden.

Im Mai 1999 legte die Europäische Kommission einen Vorschlag für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen (Directive on national emission ceilings, NECD) (Europäische Kommission, 1999a) für dieselben wie die durch das CLRTAP abgedeckten Luftschadstoffe und zum ersten Mal auch für Ammoniak vor. Dieser Richtlinienvorschlag verfolgt einen ähnlichen Ansatz wie das zweite Schwefel-Protokoll, erweitert ihn aber insofern, als er eine Verringerung der Überschreitung der für die menschliche Gesundheit und die Ökosysteme kritischen Ozon-Grenzwerte mit einschließt. Die Zielvorgaben des NECD-Vorschlags, der jedoch noch nicht angenommen wurde, sind erheblich strenger als die derzeit vereinbarten Zielvorgaben.

Parallel dazu wurden am 1. Dezember 1999 im Rahmen des CLRTAP nationale Emissionshöchstgrenzen für viele europäische Länder (einschließlich der EU-Mitgliedstaaten) in einem neuen, auf mehrere Schadstoffe bezogenen Protokoll für dieselben vier Schadstoffe wie in dem NECD-Vorschlag festgelegt. Für eine Reihe von Mitgliedstaaten sind die Zielvorgaben jedoch weniger streng als in dem Richtlinienvorschlag vorgesehen.

Tabelle 10.1 faßt die wichtigsten Tendenzen und die vorgeschlagenen Zielvorgaben für die EU zusammen.

Tabelle 10.1: Luftschadstoffminderungsziele für die EU und ihre Mitgliedstaaten

Politik/Schadstoff	Bezugsjahr	Zieljahr	Verringerung (%)
UNECE-CLRTAP			
Schwefeldioxid ¹	1980	2000	62
Schwefeldioxid ⁴	1990	2010	75
Stickstoffoxide ²	1987	1994	Stabilisierung
Stickstoffoxide ⁴	1990	2010	50
NMVO ³	1987	1999	30
NMVO ⁴	1990	2010	58
Ammoniak ⁴	1990	2010	12
5. UAP			
Schwefeldioxid	1985	2000	35
Stickstoffoxide	1990	2000	30
NMVO	1990	1999	30
NECD (vorgeschlagene Zielvorgaben)⁵			
Schwefeldioxid	1990	2010	78
Stickstoffoxide	1990	2010	55
NMVO	1990	2010	62
Ammoniak	1990	2010	21

Anmerkungen: ¹ Zielvorgabe des zweiten Schwefel-Protokolls von 1994. Die unterschiedlichen Emissionshöchstgrenzen für die einzelnen Mitgliedstaaten entsprechen einer Emissionsminderung von 62 % für die EU.

² Zielvorgaben aus dem ersten NOx-Protokoll. Diese Zielvorgaben sind für die einzelnen Mitgliedstaaten und für die EU gleich.

³ Zielvorgaben aus dem Protokoll über flüchtige organische Nichtmethanverbindungen (NMVO). Diese Zielvorgaben sind für die einzelnen Mitgliedstaaten und für die EU gleich.

⁴ Zielvorgaben aus dem "Multischadstoff"-Protokoll (1. Dezember 1999). Dargestellt ist das Emissionsminderungsziel für die EU, das verschiedenen Emissionshöchstgrenzen für die einzelnen Mitgliedstaaten entspricht.

⁵ Zielvorgaben aus dem Vorschlag für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen der Europäischen Kommission (NECD) von 1999. Dargestellt ist das Emissionsminderungsziel für die EU, das verschiedenen Emissionshöchstgrenzen für die einzelnen Mitgliedstaaten entspricht.

Quelle: EUA

Die Palette der geltenden Rechtsvorschriften der Europäischen Kommission im Hinblick auf eine Reduzierung säurebildender Schadstoffe und Ozonvorläufersubstanzen enthält als Beitrag zur Erreichung dieser Zielvorgaben eine Richtlinie zur Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen und verschiedene neuere Richtlinien zu den Emissionen von Kraftfahrzeugen, zur Qualität von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen und zum Schwefelgehalt bestimmter flüssiger Brennstoffe. Die Richtlinie zur Lagerung von Ottokraftstoff und seiner Verteilung und die Lösungsmittelrichtlinie über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen entstehen, zielen beide darauf ab, die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) zu begrenzen. Bis Ende 1999 werden voraussichtlich neue Vorschläge aus dem zweiten Auto-Öl-Programm zur Begrenzung von Emissionen bei neuen Personenkraftwagen sowie weitere technische

und nicht technische Maßnahmen zur Förderung umweltfreundlicherer Beförderungsarten vorgelegt. Bisher gibt es noch keine EU-Rechtsvorschriften zur Begrenzung von Ammoniakemissionen. Auch für die Bekämpfung unmittelbarer Emissionen kleinster Partikel existieren noch keine Rechtsvorschriften und Zielvorgaben.

Zudem könnten durch Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen (insbesondere des Kohlendioxids) als Nebenwirkung auch die säurebildenden Stoffe und die Ozonvorläufersubstanzen reduziert werden. Eine solche Maßnahme ist die Brennstoffumstellung auf Erdgas.

Die vorgeschlagenen nationalen Emissionshöchstwerte für 2010 sollten nur als Zwischenziel betrachtet werden, da die Ökosysteme und die menschliche Gesundheit durch sie noch nicht umfassend geschützt werden. Auf der Grundlage eines Basisszenarios (EUA, 1999) liegt die Deposition bei einigen Ökosystemen auch im Jahr 2010 noch über den kritischen Belastungswerten, und die Schwellenwerte für Ozon werden weiterhin überschritten. Die Politiken und Maßnahmen der kommenden Jahre werden wahrscheinlich parallel durch UNECE/CLRTAP und EU auf der Grundlage desselben Ansatzes wie bei den vor kurzem vorgeschlagenen Emissionshöchstwerten erarbeitet.

Dieses Kapitel beginnt mit vier Indikatoren, mit deren Hilfe die Entwicklungen zur Unterschreitung der kritischen Belastungen bewertet werden sollen. Diese Indikatoren entsprechen im wesentlichen den wichtigsten Auswirkungen der Luftschadstoffe, d. h. Versauerung und Eutrophierung von Gewässern, Böden und Ökosystemen, Auswirkungen des bodennahen Ozons auf die menschliche Gesundheit, Auswirkungen des Ozons auf die Ökosysteme und Auswirkungen von Partikeln auf die menschliche Gesundheit. Auf diesen knappen Überblick über die Fortschritte bei der Begrenzung mehrfacher Auswirkungen folgen zwei Indikatoren, durch die sich die Minderung der meisten fraglichen Schadstoffe zusammenfassen läßt. Der in Tabelle 10.1 angegebene Abstand zu den verschiedenen Emissionszielvorgaben verdeutlicht, welches Ausmaß an politischen Bemühungen noch erforderlich ist. Das Kapitel endet mit einer Reihe von Emissionsindikatoren und zeigt für die einzelnen Schadstoffe die Lücke zwischen der jeweiligen Zielvorgabe und der tatsächlichen Verringerung auf.

10.2. Mehrere Auswirkungen

10.2.1. Auswirkung 1: Versauerung und Eutrophierung von Gewässern, Böden und Ökosystemen

Die Fläche, auf der die kritischen Belastungswerte aufgrund von Schwefel und Stickstoffoxiden, die sich in Gewässern und auf Böden ablagern (Deposition), überschritten werden, nimmt seit 1985 deutlich ab (Abbildung 10.2). Sowohl die Schwefel- als auch die Stickstoffdeposition trägt zur Versauerung von Gewässern und Böden bei; daher verlaufen in Abbildung 10.2 die Linien für das Überschreiten der kritischen Belastungen durch säurebildenden Schwefel und säurebildenden Stickstoff parallel. Die Verringerung der durch Versauerung belasteten Flächen scheint allerdings hauptsächlich auf den Rückgang der Schwefeloxidemissionen zurückzuführen zu sein (siehe Abbildung 10.6). Ein Großteil des abgelagerten Stickstoffs reichert sich im Boden an oder wird von der Vegetation aufgenommen und trägt daher irgendwann zur Eutrophierung bei. Die Fläche, auf der die Stickstoffdeposition die kritischen Belastungswerte überschreitet, ist nach wie vor groß - ein Hinweis darauf, daß die Stickstoffoxid- und Ammoniakemissionen bisher nicht in ausreichendem Maße verringert wurden (siehe Abbildungen 10.10 und 10.12).

Abbildung 10.2: Prozentualer Anteil der Fläche, auf der die kritischen Belastungsraten für Versauerung und Eutrophierung in Mitgliedsländern der EUA überschritten sind

Anmerkung: Die Abbildung zeigt die Fläche, auf der die kritischen Belastungsraten von 5 Prozent im Hinblick auf Versauerung und Eutrophierung überschritten werden.

Quelle: kritische Belastungen: CCE; Depositionsschätzungen: EMEP/MSC-W

☺	Seit 1985 hat die Fläche, auf der die kritischen Belastungsraten hinsichtlich der Versauerung überschritten werden, um rund 40 % abgenommen.
☹	Die Ökosystemfläche, die durch Eutrophierung belastet ist, hat sich kaum verändert und ist immer noch groß.

10.2.2. Auswirkung 2: Auswirkungen der Ozonbelastung auf die menschliche Gesundheit

In den Mitgliedsländern der EUA sind große Teile der Bevölkerung Konzentrationen von bodennahem Ozon ausgesetzt, die über den von der EG vorgeschlagenen Schwellenwerten liegen (Abbildung 10.3).

Die Ozonkonzentrationen in Bodennähe sind deutlich höher als sie es natürlicherweise wären, da durch photochemische Reaktionen in der Atmosphäre zusätzliches Ozon entsteht. Die wichtigsten Stoffe, die bei der Bildung bodennahen Ozons (als Ozonvorläufersubstanzen) eine Rolle spielen, sind Stickstoffoxide, flüchtige organische Nichtmethanverbindungen (NMVOC), Kohlenmonoxid und Methan.

Ozon ist ein Oxidationsmittel, das der menschlichen Gesundheit schaden kann (Europäische Kommission, 1999b). Epidemiologische und toxikologische Befunde deuten darauf hin, daß ein Überschreiten der Schwellenwerte in Phasen des Sommersmogs zu entsprechenden Gesundheitsproblemen führt, insbesondere zu entzündlichen Reaktionen und einer Beeinträchtigung der Lungenfunktion. Eine Belastung durch hohe Ozonkonzentrationen über mehrere Jahre hinweg kann bei Kleinkindern zu einer Einschränkung der Lungenfunktion führen (Frischer *et al.*, 1999).

Die unzulängliche Datenlage und starke Fluktuation von Jahr zu Jahr aufgrund von Episoden hoher Ozonkonzentrationen lassen keine eindeutigen Schlußfolgerungen über die langfristige Entwicklung zu. Die begrenzt vorliegenden Überwachungsdaten deuten allerdings darauf hin, daß die Ozonspitzen zurückgehen.

Die in der EU erzielte Verringerung der Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen (siehe Abbildung 10.7) ist noch nicht ausreichend, um einen wirklichen Unterschied hinsichtlich des Gesundheitsrisikos zu bewirken. Erhöhte Hintergrundkonzentrationen, verursacht durch Emissionen in der gesamten nördlichen Hemisphäre, sind teilweise für die weiterhin hohen Konzentrationen in den Mitgliedsländern der EUA verantwortlich.

Trotz der prognostizierten weiteren Emissionsminderungen werden die Ozonkonzentrationen voraussichtlich in allen Mitgliedsländern der EUA in der kommenden Dekade über den Schwellenwerten der EG liegen (EMEP, 1999). Bis 2010 werden die nordwesteuropäischen Länder voraussichtlich den von der EU

vorgeschlagenen Zielwert von nur noch 20 Überschreitungstagen pro Jahr im Rahmen der langfristigen Luftqualitätszielvorgabe erreichen (Europäische Kommission, 1999b).

Abbildung 10.3: Belastung der Bevölkerung in den Mitgliedsländern der EUA durch Ozonwerte oberhalb der EG-Zielvorgaben

Anmerkungen: Anzahl der Tage pro Jahr mit einer durchschnittlichen Konzentration von über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ über einen Zeitraum von 8 Stunden. Ermittelt aufgrund von Daten aus Überwachungsstationen in ländlichen Gebieten. Die Ozonkonzentrationen in den Großstadtreionen sind oft geringer als in ländlichen Gebieten, da das Ozon vor Ort mit Stickstoffoxiden aus dem Verkehr reagiert. Insofern könnte die Belastung der Bevölkerung etwas überschätzt sein.

Quelle: AIRBASE

⊗ Ein erheblicher Anteil der Bevölkerung in den Mitgliedsländern der EUA ist Ozonkonzentrationen ausgesetzt, die über den von der EG vorgeschlagenen Zielvorgaben liegen. Die Überwachungsdaten deuten darauf hin, daß die Ozonspitzenwerte sinken.

10.2.3. Auswirkung 3: Schäden an Wäldern und Ackerkulturen aufgrund von Ozon

Die Belastung durch Ozon kann bei Pflanzen zu Blattschäden führen und dadurch die Erträge in der Land- und Forstwirtschaft mindern. Die bewaldete Fläche, auf der die kritischen Ozonkonzentrationen überschritten werden, ist kleiner als die betroffenen Ackerlandflächen (Abbildung 10.4). Der vorgeschlagene langfristige kritische Schwellenwert für Wälder ist allerdings weniger streng als die von der EG vorgeschlagene Leitlinie für Ackerkulturen. Erhebliche Fluktuationen während der Jahre und der Mangel an Daten für mehr als 50 % der entsprechenden Fläche lassen keine endgültigen Schlußfolgerungen über die künftige Entwicklung zu.

Trotz der erwarteten Verringerungen der Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen aufgrund der Umsetzung des CLRTAP-Protokolls und der EU-Rechtsvorschriften werden die Ozonkonzentrationen auch in der kommenden Dekade voraussichtlich weit über den kritischen Werten liegen. Bis 2010 wird sich der Abstand zwischen den derzeitigen Konzentrationen und den kritischen Belastungswerten voraussichtlich halbieren (EMEP, 1999).

Abbildung 10.4: Belastung der Ackerkulturen und Wälder in den Mitgliedsländern der EUA durch atmosphärisches Ozon

Ackerkulturen

Wälder

Anmerkung: Die von der EG vorgeschlagene langfristige kritische Konzentration liegt bei $20 \text{ mg}/\text{m}^3\text{h}$ (AOT40) für Wälder und bei $6 \text{ mg}/\text{m}^3\text{h}$ (AOT40) für Ackerkulturen.

Quelle: EUA - ETC/Luftqualität und EMEP/CCC

- ⊗ Ein erheblicher Anteil der Wälder und Ackerkulturen in den Mitgliedsländern der EUA ist Ozonbelastungen ausgesetzt, die über den von der EG vorgeschlagenen kritischen Belastungswerten liegen.

10.2.4. Auswirkung 4: Probleme für die menschliche Gesundheit aufgrund der Belastung durch Partikel

Die neuere Forschung zeigt, daß die Belastung durch kleinste Partikel in der Luft mit einer signifikanten Auswirkung auf die menschliche Gesundheit einhergeht (UNECE/WHO, 1999). Die gesundheitlichen Auswirkungen, die auf kleinste Partikel zurückgeführt werden, reichen von einer erhöhten Häufigkeit und einem erhöhten Schweregrad von Atemwegserkrankungen bis hin zum erhöhten Risiko eines vorzeitigen Todes.

Als Vorbereitung zur Umsetzung der Tochterrichtlinie zur EG-Luftqualitätsrichtlinie haben die meisten Länder erst vor kurzem die Überwachung von Partikeln mit einem Durchmesser von weniger als 10 µm (PM10) eingeführt. Die Daten zu den PM10-Konzentrationen sind derzeit noch nicht ausreichend, um stichhaltige Schlußfolgerungen zur Entwicklung der Emissionen zu ziehen. Die Konzentrationen des Schwebstaubs insgesamt und des schwarzen Rauchs nehmen im allgemeinen ab (Abbildung 10.5).

Partikel entstehen sowohl durch direkte Emissionen (primäre Partikel) als auch durch atmosphärische Reaktionen zwischen Schwefel und Stickstoffoxiden, sowie zwischen Ammoniak und organischen Verbindungen (sekundäre Partikel). Die Emissionen der Vorläufersubstanzen sekundärer Partikel werden durch geltende Umweltvorschriften begrenzt, doch die Emissionen primärer Partikel sind derzeit noch nicht unmittelbar durch EU-Rechtsvorschriften geregelt.

Die technischen Verfahren zur Bekämpfung der Luftverschmutzung, die dazu dienen, die Emissionen von Vorläufersubstanzen zu reduzieren, verringern oft auch die Emission von primären Partikeln. Dennoch bleiben die PM10-Konzentrationen in den meisten Großstadtregionen der Mitgliedsländer der EUA voraussichtlich auch in der kommenden Dekade deutlich über den Grenzwerten. Dies ist ein Hinweis darauf, daß weitere Maßnahmen ergriffen werden müssen, um die Risiken für die menschliche Gesundheit signifikant zu verringern (Europäische Kommission, 1999c).

Abbildung 10.5: Belastung durch Partikel in den Großstadtregionen der Mitgliedsländer der EUA

Anmerkungen: Dargestellt ist die Anzahl der Tage, an denen die über alle Überwachungsstationen hinweg gemittelte durchschnittliche 24-Stunden-Belastung durch Partikel den Schwellenwert überschreitet. Der jeweilige Schwellenwert hängt von der Art der gemessenen Partikel ab: für PM10 (Feinstaub) 50 µg/m³, für Schwebstaub insgesamt 120 µg/m³ und für schwarzen Rauch 125 µg/m³. Implizit liegt dem die Annahme zugrunde, daß ein Überschreitungstag bei Schwebstaub insgesamt genauso schädlich ist wie bei schwarzem Rauch oder PM10. Nur ein kleiner Anteil der Bevölkerung wird durch das Überwachungsnetz erfaßt.

Quelle: AIRBASE

⊗ **Viele Personen in den Städten und Großstädten der Mitgliedsländer der EUA sind Konzentrationen von Feinstaub ausgesetzt, die über den Grenzwerten der EG liegen.**

10.3. Mehrere Schadstoffe

Die Emissionen von Gasen, die zu Versauerung und Eutrophierung führen (Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und Ammoniak) sind in den meisten Mitgliedstaaten der EU signifikant zurückgegangen. Auch Schwefeldioxid und Stickstoffoxide wirken sich auf die Gesundheit aus. In der EU insgesamt gingen die Emissionen zwischen 1990 und 1996 trotz eines Anstiegs des Bruttoinlandsprodukts (BIP) um 27 % zurück (Abbildung 10.6).

Dieser erhebliche Rückgang der säurebildenden Gase ist hauptsächlich auf eine über 60 %ige Verringerung der Schwefeldioxidemissionen aus der Industrie und dem Energiesektor seit 1980 zurückzuführen (siehe Abbildung 10.8). Die Stickstoffoxidemissionen nahmen jedoch sehr viel weniger ab und werden kaum die Zielvorgabe des Fünften Umweltaktionsprogramms (5. UAP) für das Jahr 2000 erfüllen. Die Ammoniakemissionen stabilisieren sich (siehe Abbildungen 10.12 und 10.13). Die langsamere Reduktion der Stickstoffoxid- und Ammoniakemissionen zeigt sich an einer geringeren Reduktion der Stickstoffdeposition und an der Fläche, auf der die kritische Belastungsrate für die Eutrophierung überschritten wird (siehe Abbildung 10.2).

Erhebliche weitere Reduzierungen der Emissionen von säurebildenden Schadstoffen sind erforderlich, wenn die in der Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen vorgeschlagenen Zielvorgaben oder auch nur die weniger strengen CLRTAP-Ziele für das Jahr 2010, die am 1. Dezember 1999 vereinbart wurden, erreicht werden sollen.

Abbildung 10.6: Emissionen säurebildender Gase in der EU insgesamt

Anmerkungen: Die Emissionsminderungsziele beziehen sich auf die EU und sind für die drei Gase durch Gewichtungsfaktoren zusammengefaßt. Folgende Versauerungsäquivalente pro kg wurden für die Gewichtung verwendet: Schwefeldioxid 31,2; Stickstoffoxide 21,7; Ammoniak 58,8. Tabelle 10.1 enthält weitere Informationen zu den Zielvorgaben.

Quelle: EUA - ETC/Luftemissionen und UNECE/EMEP

⊙ In den Mitgliedstaaten der EU sind die Emissionen säurebildender Gase signifikant zurückgegangen; sie zeigen eine deutliche Abkopplung vom Anstieg des BIP. Dieser Rückgang ist hauptsächlich auf eine Verringerung der Schwefeldioxidemissionen zurückzuführen. Weitere Verringerungen der Stickstoffoxid- und Ammoniakemissionen sind erforderlich, um die Zielvorgaben für das Jahr 2010 zu erfüllen.

Zwischen 1990 und 1996 nahmen die Emissionen von Gasen, die zur Bildung von bodennahem Ozon führen, in den meisten Mitgliedstaaten der EU ab; in der EU insgesamt gingen sie um 15 % zurück (Abbildung 10.7). Diese Ergebnisse wurden trotz

eines Anstiegs des Bruttoinlandsprodukts erzielt. Die Reduzierung ist hauptsächlich auf geringere VOC-Emissionen zurückzuführen, die zwischen 1990 und 1996 vor allem aufgrund der Begrenzung industrieller Emissionen und aufgrund von Maßnahmen zur Begrenzung der Emissionen von Kraftfahrzeugen um 13 % abnahmen (siehe Abbildung 10.14). Obwohl durch diese Verringerungen die Ozonspitzenkonzentrationen offensichtlich abnahmen, waren sie nicht ausreichend, um die Risiken für die menschliche Gesundheit und die Ökosysteme signifikant zu mindern (siehe Abbildungen 10.3 und 10.4). Weitere Initiativen sind erforderlich, um die Ziele des 5. UAP für das Jahr 2000 zu erreichen.

Erhebliche weitere Reduzierungen der Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen sind erforderlich, um die in dem Vorschlag für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen enthaltenen Zielvorgaben oder auch nur die weniger strengen CLRTAP-Zielvorgaben für das Jahr 2010 zu verwirklichen.

Abbildung 10.7: Emissionen von Ozonvorläufersubstanzen in der EU insgesamt

Anmerkungen: Dieser Indikator stellt einen ersten Versuch dar, die Emissionen der Ozonvorläufersubstanzen in der EU insgesamt zu gewichten, insofern ist er natürlich noch sehr stark vereinfacht. In vielen Regionen erhöhen die Stickstoffoxidemissionen die Ozonbildung, in den Großstadtreionen jedoch können sie Ozon abbauen. Eine Abnahme der aggregierten Emissionen bedeutet daher nicht unbedingt eine vergleichbare Abnahme der Ozonkonzentrationen. Zusammengestellt sind die Emissionen von vier Ozonvorläufersubstanzen, bisher existieren allerdings nur Minderungsziele für die beiden Hauptvorläufersubstanzen (Stickstoffoxide und flüchtige organische Nichtmethanverbindungen). Verwendete Gewichtungsfaktoren (troposphärische Ozonvorläuferpotentiale): Stickstoffoxide 1,22; flüchtige organische Nichtmethanverbindungen 1,00; Kohlenmonoxid 0,11; Methan 0,014. Tabelle 10.1 enthält weitere Informationen zu den Zielvorgaben.

Quelle: EUA - ETC/Luftemissionen und UNECE/EMEP

☹ In den Mitgliedstaaten der EU sind die Emissionen der Ozonvorläufersubstanzen signifikant zurückgegangen und zeigen eine Abkopplung vom BIP. Dennoch sind erhebliche weitere Emissionsminderungen erforderlich, um die Zielvorgaben für 2010 zu erfüllen.

10.4. Verwirklichung der politischen Zielvorgaben: einzelne Stoffe

Dieser Abschnitt enthält einen Überblick über die Entwicklung der Emissionen im Vergleich zu den verschiedenen Zielvorgaben für jeden der vier Schadstoffe, die zur Versauerung, zur Eutrophierung und zur Bildung von bodennahem Ozon beitragen.

10.4.1. Schwefeldioxid

Hauptquellen: Die Sektoren Energie (60 %), Industrie (25 %), Verkehr (6 %) und private Haushalte (1 %) (Abbildung 10.8).

Entwicklung der Emissionen: Ein Rückgang von mehr als 60 % seit 1980 (mehr als 40 % seit 1990) in der EU. Aufgrund der Brennstoffumstellung von Kohle auf Erdgas, des Baus neuer Kraftwerke, der Verwendung schwefelarmer Kohle und einer Zunahme

der Rauchgasentschwefelung ist der größte Rückgang in den Sektoren Energie und Industrie zu verzeichnen.

Abstand zur Zielvorgabe: Die Zielvorgabe des 5. UAP für die EG (35 % Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1985 bis zum Jahr 2000) wurde von den Mitgliedsländern der EUA im Jahr 1992 erreicht. 1996 lagen die Emissionen 55 % unter dem Stand des Jahres 1985. 1996 erreichte die EU insgesamt die Zielvorgabe des zweiten CLRTAP-Schwefel-Protokolls (62 % Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1980 bis zum Jahr 2000). Zwischen den verschiedenen Mitgliedstaaten gibt es erhebliche Unterschiede, was die Annäherung an die Zielvorgaben des Vorschlags für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen und an die vereinbarten CLRTAP-Zielvorgaben für das Jahr 2010 betrifft (Abbildung 10.9).

Ausblick: Prognose auf der Grundlage des EU-Basisszenarios (EUA, 1999): 70 % Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1990 im Jahr 2010. In einigen Ländern sind weitere Maßnahmen erforderlich, um die Zielvorgaben des Vorschlags für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen und die vereinbarten Zielvorgaben des CLRTAP-Protokolls zu erreichen.

Abbildung 10.8: Schwefeldioxidemissionen aus Hauptquellen in der EU insgesamt im Vergleich zu den EU- bzw. CLRTAP-Zielvorgaben

Anmerkung: Zielvorgabe 2000 bezieht sich auf die Zielvorgabe des 5. UAP der EG. Die Zielvorgabe des Vorschlags für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen erfordert eine Emissionsminderung von 78 % gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2010, die Zielvorgabe des CLRTAP-Protokolls (1. Dezember 1999) eine Emissionsminderung von 75 % gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2010.

Quelle: EUA - ETC/Luftemissionen und UNECE/EMEP

Abbildung 10.9: Prozentuale Veränderung der nationalen Schwefeldioxidemissionen in den EU-Mitgliedstaaten, 1990-1996

Anmerkungen: Eine Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1990 ist durch ein Minus vor der Prozentangabe gekennzeichnet.

Quelle: EUA und UNECE/EMEP

☺ Seit 1980 haben die Mitgliedsländer der EUA ihre Schwefeldioxidemissionen um mehr als 60 % verringert. Die Minderungsziele für 2000 wurden durch die EU insgesamt bereits erreicht. Die Zielvorgaben für 2010 scheinen für die EU erreichbar, auch wenn in einigen Ländern zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind.

10.4.2. Stickstoffoxid

Hauptquellen: Die Sektoren Verkehr (55 %), Energie (19 %) und Industrie (14 %) (Abbildung 10.10).

Entwicklung der Emissionen: Seit 1990 ein Rückgang von 14 % in den Mitgliedstaaten der EU, insbesondere aufgrund der Einführung von Katalysatoren bei neuen Kraftfahrzeugen und einer verbesserten Emissionsbekämpfung in den Sektoren Energie

und Industrie. Durch die Zunahme des Straßenverkehrs wurden die durch Emissionsbekämpfung erzielten Verringerungen teilweise wieder ausgeglichen. In einigen Ländern nahmen die Emissionen zu (Abbildung 10.11).

Abstand zur Zielvorgabe: Die Zielvorgabe des ersten CLRTAP-Stickstoffoxid-Protokolls (Stabilisierung der Emissionen bis zum Jahr 1994 auf dem Stand von 1987) wurde von der EU insgesamt und von den meisten Mitgliedstaaten verwirklicht. Doch die Zielvorgabe des Fünften Umweltaktionsprogramms, bis zum Jahr 2000 eine Emissionsminderung von 30 % gegenüber dem Stand von 1990 zu erzielen, wird nicht erreicht werden.

Ausblick: Prognose auf der Grundlage des EU-Basiszenarios (EUA, 1999): 45 % Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2010. Es wird schwierig, die in dem Vorschlag für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen und in den vereinbarten CLRTAP-Protokollen enthaltenen Zielvorgaben zu verwirklichen. In verschiedenen Mitgliedstaaten der EU sind weitere Politiken und Maßnahmen erforderlich.

Abbildung 10.10: Stickstoffoxidemissionen aus Hauptquellen in der EU insgesamt im Vergleich zu den EU- bzw. CLRTAP-Zielvorgaben

Anmerkung: Zielvorgabe 2000 bezieht sich auf die Zielvorgabe des 5. UAP der EG, eine 30 %ige Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2000 zu erreichen. Die Zielvorgabe des Vorschlags für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen erfordert eine Emissionsminderung von 55 % gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2010, die Zielvorgabe des CLRTAP-Protokolls (1. Dezember 1999) eine Emissionsminderung von 50 % gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2010.

Quelle: EUA und UNECE/EMEP

Abbildung 10.11: Prozentuale Veränderung der nationalen Stickstoffoxidemissionen in den EU-Mitgliedstaaten, 1990-1996

Anmerkung: Eine Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1990 ist durch ein Minus vor der Prozentangabe gekennzeichnet.

Quelle: EUA und UNECE/EMEP

☹ Die CLRTAP-Zielvorgabe einer Stabilisierung der Stickstoffoxidemissionen auf dem Stand von 1987 wurde von der EU insgesamt erreicht. Dennoch ist es unwahrscheinlich, daß die Zielvorgabe des 5. UAP der EU bis zum Jahr 2000 verwirklicht wird. Auch die Zielvorgaben für das Jahr 2010 lassen sich für die EU nur schwer erreichen, daher sind für verschiedene Länder weitere Maßnahmen erforderlich.

10.4.3. Ammoniak

Hauptquellen: Landwirtschaft, insbesondere Viehzucht (Schweine, Rinder, Schafe und Geflügel) (Abbildung 10.12).

Entwicklung der Emissionen: Leichter Rückgang zwischen 1990 und 1996 aufgrund eines geringen Rückgangs der landwirtschaftlichen Tätigkeit und der von einigen Mitgliedstaaten ergriffenen Maßnahmen. In Dänemark, Deutschland und den

Niederlanden wurde eine Emissionsminderung von mehr als 10 % erzielt. Die Emissionen einiger anderer Mitgliedstaaten nahmen zu (Abbildung 10.13). Die Schätzungen für Ammoniakemissionen sind unsicherer als diejenigen für Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid.

Abstand zur Zielvorgabe: Bis vor kurzem gab es für Ammoniak keine Zielvorgaben. Die Zielvorgabe des Vorschlags für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen sieht eine Emissionsminderung von 21 %, die des CLRTAP-Protokolls eine Emissionsminderung von 12 % gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2010 vor.

Ausblick: Prognose auf der Grundlage des EU-Basis Szenarios (EUA, 1999): 14 % Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2010. Veränderte landwirtschaftliche Verfahren im Sinne einer besseren Mistbewirtschaftung (z. B. das Unterpflügen des auf den Feldern ausgebrachten Mists) und geringere Tierbestandszahlen werden voraussichtlich dazu beitragen, die Ammoniakemissionen zu verringern. Für die oben genannten Länder und einige andere EU-Mitgliedstaaten sind weitere Politiken und Maßnahmen erforderlich, um die Zielvorgaben des Vorschlags für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen und die vereinbarten CLRTAP-Zielvorgaben zu verwirklichen.

Abbildung 10.12: Ammoniakemissionen aus Hauptquellen in der EU insgesamt im Vergleich zu den EU- bzw. CLRTAP-Zielvorgaben

Anmerkung: Die Zielvorgabe des Vorschlags für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen sieht eine Emissionsminderung von 21 %, die des CLRTAP-Protokolls eine Emissionsminderung von 12 % gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2010 vor.

Quelle: EUA und UNECE/EMEP

Abbildung 10.13: Prozentuale Veränderung der nationalen Ammoniakemissionen in den EU-Mitgliedstaaten, 1990-1996

Anmerkungen: Eine Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1990 ist durch ein Minus vor der Prozentangabe gekennzeichnet.

Quelle: EUA und UNECE/EMEP

☺ Für Ammoniakemissionen wurden erstmals Minderungsziele festgelegt. Die Zielvorgaben für 2010 werden für die EU nur schwer zu verwirklichen sein; in einigen Ländern sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

10.4.4. Flüchtige organische Nichtmethanverbindungen (NMVOC)

Hauptquellen: Verkehrssektor (Abbildung 10.14). Die Kategorie "Sonstige" in Abbildung 10.14 umfaßt Emissionen durch die Verwendung von Lösungsmitteln und durch die Lagerung und Verteilung fossiler Brennstoffe.

Entwicklung der Emissionen: 14 % Emissionsminderung in der EU und Verringerungen in den meisten Mitgliedstaaten (Abbildung 10.15) wurden aufgrund der

Einführung von Katalysatoren in Auspuffanlagen erreicht. Durch die Zunahme des Straßenverkehrs wurden die durch Emissionsbekämpfung erzielten Verringerungen teilweise wieder ausgeglichen. Die VOC-Emissionen aufgrund der Verwendung von Lösungsmitteln und bestimmter industrieller Verfahren wurden durch die Anwendung der besten verfügbaren Technologie, durch die Einführung von Produkten auf Wasserbasis und durch Technologien zur Begrenzung der Schadstoffemissionen verringert. Diese Bemühungen werden voraussichtlich durch die Lösungsmittel-Richtlinie noch verstärkt werden.

Abstand zur Zielvorgabe: Die Zielvorgabe des CLRTAP-NMVOC-Protokolls (für die EU-Mitgliedstaaten eine 30 %ige Verringerung der Emissionen gegenüber dem Stand von 1988 bis zum Jahr 1999) wurde nicht erreicht. Die Zielvorgabe des Fünften Umweltaktionsprogramms (30 % Verringerung gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2000) wird wahrscheinlich nicht verwirklicht.

Ausblick: Prognose auf der Grundlage des EU-Basisszenarios (EUA, 1999): 49 % Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1990 im Jahr 2010. Die derzeitigen Politiken reichen nicht aus, um die Zielvorgaben des Vorschlags für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen (-62 %) und die vereinbarten Zielvorgaben des CLRTAP-Protokolls (-59 %) zu verwirklichen. In verschiedenen Mitgliedstaaten der EU sind weitere Politiken und Maßnahmen erforderlich.

Abbildung 10.14: Emissionen von flüchtigen organischen Nichtmethanverbindungen aus Hauptquellen in der EU insgesamt im Vergleich zu den EU- bzw. CLRTAP-Zielvorgaben

Anmerkung: Zielvorgabe 1999 bezieht sich auf die Zielvorgabe des 5. UAK der EG, d. h. eine 30 %ige Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2000. Die Zielvorgabe des Vorschlags für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen erfordert eine Emissionsminderung von 62 % gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2010, die Zielvorgabe des CLRTAP-Protokolls (1. Dezember 1999) eine Emissionsminderung von 59 % gegenüber dem Stand von 1990 bis zum Jahr 2010.

EUA - ETC/Luftemissionen und UNECE/EMEP

Abbildung 10.15: Prozentuale Veränderung der nationalen Emissionen von flüchtigen organischen Nichtmethanverbindungen in den EU-Mitgliedstaaten, 1990-1996

Anmerkungen: Eine Emissionsminderung gegenüber dem Stand von 1990 ist durch ein Minus vor der Prozentangabe gekennzeichnet.

Quelle: EUA - ETC/Luftemissionen und UNECE/EMEP

☹ Die EU-Emissionen an flüchtigen organischen Nichtmethanverbindungen insgesamt gingen zwischen 1990 und 1996 um 13 % zurück. Dennoch wird die Zielvorgabe des 5. UAP der EG für das Jahr 2000 kaum zu erreichen sein, und die Verwirklichung der Zielvorgaben für 2010 erfordert weitere erhebliche Emissionsminderungen. In verschiedenen Ländern sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

10.5. Entwicklung von Indikatoren

Der räumliche Erfassungsgrad der bestehenden Belastungsindikatoren muß verbessert werden. Notwendig ist auch eine größere Konsistenz zwischen den verschiedenen Jahren, um die Luftschadstoffe und vor allem die Belastung der Bevölkerung durch Partikel richtig zu bewerten. Durch eine Kombination von Modellierung und Überwachungsdaten könnte in Gebieten mit unzulänglicher Datenerfassung die Schätzung von Umweltindikatoren verbessert werden. Aus verschiedenen Indikatoren gewonnene Informationen ließen sich zu einfachen Indizes für die Überwachung des Umweltzustands kombinieren.

Die Hauptanforderungen an die Emissionsindikatoren sind eine verbesserte Verlässlichkeit und Vollständigkeit der Zeitreihen und eine geringere Unsicherheit der Schätzungen. Um Konsistenz zu erreichen, müssen in allen Jahren dieselben Methoden angewandt werden. Erforderlich sind außerdem eine weitergehende Validierung und Überprüfung im Rahmen von UNECE/CLRTAP, insbesondere durch die Task Force für Emissionskataster und entsprechende Aktivitäten der EUA (ETC/Luftemissionen).

Für die Emissionen in Großstadtreionen, einschließlich der PM10-Emissionen, sollten getrennte Indikatoren entwickelt werden, da sich solche Emissionen erheblich auf die Luftqualität in den Großstädten und entsprechend auf die Gesundheit auswirken und sich die Emissionstrends unter Umständen signifikant von der landesweit ermittelten Gesamtentwicklung unterscheiden.

Bisher fehlen Emissionsindikatoren für andere Schadstoffe wie Schwermetalle und persistente organische Verbindungen. Künftig könnten auch Indikatoren für andere umweltbezogene Auswirkungen (darunter Ökosysteme and Materialkorrosion) sowie Indikatoren für die Kosteneffizienz von Maßnahmen und Politiken zur Emissionsminderung entwickelt werden.

Außerdem ließen sich Indikatoren entwickeln, mit deren Hilfe die Auswirkungen der politischen Maßnahmen auf Entwicklungen in den Bereichen Luftschadstoffe und Luftqualität veranschaulicht werden könnten. Die Emissionsminderungen aufgrund politischer und technischer Maßnahmen könnten zusammen mit den tatsächlichen Emissionen und in bezug auf eine "Referenz"-Emission – einen hypothetischen Emissionswert für die Situation, in der keine Politiken/Maßnahmen umgesetzt werden – dargestellt werden.

Dies zeigen zwei Beispiele aus den Niederlanden. Im ersten Beispiel geht es um Schwefeldioxidemissionen aus Kraftwerken (Abbildung 10.16). Eine Brennstoffumstellung von Öl auf Erdgas führte bis Mitte der 80er Jahre zu einer deutlichen Emissionsminderung, bis sich dann durch die vermehrte Verwendung von Kohle der Trend wieder umkehrte. Von 1986 an wurden die niederländischen Kraftwerke mit Rauchgasentschwefelungsanlagen ausgerüstet; 1996 besaßen 96 % der Kraftwerke eine solche Anlage.

Abbildung 10.16: Schwefeldioxidemissionen aus Kraftwerken in den Niederlanden, 1980-1994

Anmerkung: Die Bezugslinie ergibt sich aus der produzierten Strommenge.

Quelle: RIVM

Das zweite Beispiel zeigt die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Reduzierung der Stickstoffoxidemissionen aus Kraftfahrzeugen in den Niederlanden (Abbildung 10.17). Die Emissionen gingen nach der Einführung von Katalysatoren im Jahr 1988 deutlich zurück. Bis 1993 wurde der Einbau von Katalysatoren durch eine geringere

Umsatzsteuer auf Neuwagen gefördert. 1993 traten neue Emissionsnormen in Kraft, die sich nur durch einen Drei-Wege-Katalysator einhalten ließen. 1994 besaßen 33 % aller Personenkraftwagen einen Katalysator. Der in letzter Zeit feststellbare Rückgang der Stickstoffoxidemissionen ist im wesentlichen auf den Einsatz von Katalysatoren zurückzuführen, doch die Kraftstoffumstellung von Ottokraftstoff auf Diesel hat ebenfalls dazu beigetragen (bis vor kurzem hatten mit Diesel betriebene Fahrzeuge tendenziell geringere Emissionen pro Kilometer als mit Ottokraftstoff betriebene Fahrzeuge).

Abbildung 10.17: Stickstoffoxidemissionen aus dem Verkehr, Niederlande 1980-1994

Anmerkung: Die Bezugslinie ergibt sich aus gefahrenen Straßenkilometern und beim Güterverkehr aus Tonnenkilometern.

Quelle: RIVM

10.6. Verwendete und weiterführende Literatur

EMEP (1999) *Transboundary Photo-oxidants in Europe*, EMEP Summary Report 2/99. EMEP/Meteorological Synthesising Centre-West, Oslo.

Europäische Kommission (1999a). *Vorschlag für eine Richtlinie über nationale Emissionshöchstgrenzen für bestimmte Luftschadstoffe und Vorschlag für eine Tochterrichtlinie über den Ozongehalt der Luft*. KOM (99)125. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Kommission (1999b). *Ozone position paper*. (im Druck). Europäische Kommission GD XI-D3, Brüssel.

Europäische Kommission (1999c). *Das Auto-Öl-Programm*, Entwurf, Fassung 5.0, November 1999, KOM (98)363. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Umweltagentur (1999). *Umwelt in der Europäischen Union – an der Wende des Jahrhunderts*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

Frischer T., Studnicka M., Gartner C., Tauber E., Horak F., Veiter A., Spengler J., Kühr J., Urbanek R. (1999). *Lung function growth and ambient ozone. A three-year population study in schoolchildren*. Am. J. Respir. Crit. Care Med., 160, 390-396.

UNECE (1994). *Protokoll zu dem Übereinkommen von 1979 über weitreichende grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend die weitere Verringerung von Schwefelemissionen (Schwefel-Protokoll 1994)*. UN/ECE Wirtschaftskommission für Europa, Genf.

UNECE (1994). *1979 Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung*. UN/ECE Wirtschaftskommission für Europa, Genf.

UNECE (1999). *Protocol to the 1979 convention on long-range transboundary air pollution (CLRTAP) to abate acidification, eutrophication and ground-level ozone*, Gotheburg, Schweden, 1. Dezember 1999.

UNECE (1999). *EMEP Emission data, status report 1999*. Report 1/1999, EMEP/MS-CW, Oslo.

UNECE/WHO (1999). *Health risk of particulate matter from long-range transboundary air pollution- preliminary assessment*. Task Force on Health Aspects of Long-Range Transboundary Air Pollution, Genf.

11. Abfall

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Abfallproduktion und Wirtschaftstätigkeit	Findet eine Entkoppelung statt?	Belastung	☹️
Produktion von Siedlungsabfällen und Entsorgung	Wird die Zielvorgabe des 5.UAP erreicht?	Belastung	☹️
Deponielagerung von biologisch abbaubarem Abfall	Wird die Zielvorgabe der Richtlinie über Abfalldeponien erreicht?	Belastung	☹️
Mehrkosten für Verbrennung im Vergleich zu Steuern auf Deponielagerung	Werden Steuern und Abgaben eingesetzt, um den relativ niedrigen Preis der Deponielagerung zu korrigieren?	Maßnahme	☹️
Bewirtschaftung von Verpackungsabfall	Entwickelt sich die Behandlung von Verpackungsabfall gemäß der Zielvorgaben?	Maßnahme	😊

Die Abfallmengen nehmen zu, doch ist es bei manchen Abfallströmen in einigen Ländern gelungen, die Abfallerzeugung von der Wirtschaftstätigkeit abzukoppeln. Die Menge der Siedlungsabfälle liegt deutlich über der im Fünften Umweltaktionsprogramm der EU für das Jahr 2000 festgelegten Zielvorgabe, und nach wie vor wird ein großer Teil des biologisch abbaubaren Abfalls deponiert. Recycling-Maßnahmen nehmen jedoch zu. In den Mitgliedstaaten wird Abfall zunehmend besteuert, allerdings noch nicht im Rahmen einer umfassenden Abfallbewirtschaftungsstrategie. In manchen Mitgliedsländern der EUA wurden Wiederverwertungs- und Recyclingraten erzielt, die über die Zielvorgaben hinausgehen.

Abfall bedeutet sowohl Material- als auch Energieverlust. Da eine übermäßige Abfallproduktion ein Symptom für ineffiziente Produktionsprozesse, kurze Lebensdauer von Gütern und nicht nachhaltige Verbrauchsmuster ist, können die anfallenden Abfallmengen als Indikator dafür betrachtet werden, wie effizient die Gesellschaft mit Rohstoffen umgeht.

Die wichtigsten Auswirkungen von Abfall auf die Umwelt lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Flächenverbrauch für Deponien und Austritt von schädlichen Stoffen (Nährstoffe, Giftstoffe usw.) aus Deponien ,
- Luftverunreinigung und Rückstände mit toxischen Verunreinigungen aus Verbrennungsanlagen,
- Luft- und Wasserverunreinigung und Erzeugung sekundärer Abfallströme durch Recycling-Anlagen,
- mehr Transport auf der Straße.

Alle Daten über Abfälle sind mit größeren Unsicherheiten behaftet, doch wird geschätzt, daß jedes Jahr in der EU insgesamt 1 300 Mio. Tonnen Abfall entstehen. Das große Ziel und zugleich die oberste Priorität für die europäische Abfallbewirtschaftungspolitik ist die Vermeidung von Abfall – die größte Herausforderung für die Abfallwirtschaft. Bei

dem dennoch produzierten Abfall setzt die Abfallstrategie der EU auf vermehrtes Recycling und Rückgewinnung von Energie, um Beseitigungsarten wie Deponierung oder Verbrennung ohne Energierückgewinnung zu vermeiden. Außerdem verlangen spezifische Richtlinien die Einführung von gemeinsamen Regelungen für die getrennte Sammlung und Behandlung bestimmter Abfallströme, wie Verpackungen, Batterien und Akkumulatoren, Altöl, Klärschlamm und polychlorierte Biphenyle (PCB).

Im Mittelpunkt dieses Kapitels stehen die Siedlungs- und Verpackungsabfälle, die beide in der Abfallstrategie der EU vorrangig angegangen werden; für beide wurden Zielvorgaben aufgestellt, anhand derer gemessen werden kann, inwieweit Fortschritte erzielt wurden. Gefährliche Abfälle, Industrieabfälle, Bau- und Abbruchabfall, Klärschlamm und Abfalltransport werden in späteren Ausgaben dieses Berichts behandelt.

Der Transport von Abfällen beispielsweise stellt einen Bereich dar, der zunehmend Sorge bereitet; französischen Studien zufolge betreffen 15 % aller Gütertransporte Abfälle, und der Abfalltransport macht allein 5 % des gesamten Energieverbrauchs des Verkehrssektors aus (Ripert, 1997). Zudem müssen Abfälle zum Recycling über viel größere Entfernungen transportiert werden als zur Deponierung. Die Umweltbelastungen, die durch den Abfalltransport verursacht werden, dürften künftig zunehmen, da die Abfälle in mehr Kategorien getrennt werden, die jeweils verschiedenen Behandlungsarten zugeführt werden.

11.1. Findet eine Entkoppelung von Abfallproduktion und Wirtschaftstätigkeit statt?

Der Aufhebung der Verknüpfung zwischen Abfallproduktion und Wirtschaftstätigkeit kommt eine Schlüsselrolle zu, wenn es darum geht das Ziel einer verringerten Abfallproduktion zu erreichen. Die Abfallproduktion scheint schneller zuzunehmen als das Wirtschaftswachstum: Die in den europäischen Ländern, die zur Organisation für wirtschaftlicher Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) gehören, erzeugte Abfallmenge hat zwischen 1990 und 1995 um schätzungsweise 10 % zugenommen, während das BIP um 6,5 % gestiegen ist (EUA, 1999).

Auf der Ebene der Mitgliedstaaten findet derzeit in einigen Ländern eine Entkoppelung der Siedlungsabfallproduktion von den Ausgaben der Haushalte statt (Abbildung 11.1). Insbesondere Deutschland, die Niederlande und Island scheinen bei der Abkopplung des Siedlungsabfall-Anfalls von der Wirtschaftstätigkeit erfolgreich zu sein, während in anderen Ländern, wie Portugal, Griechenland, Frankreich, Spanien, Dänemark und Schweden anscheinend nicht so große Fortschritte erzielt werden. Die Ausgaben der Haushalte stellen jedoch keinen idealen Parameter für Vergleichszwecke dar, da die Siedlungsabfälle auch Gewerbeabfälle enthalten.

Abbildung 11.1: Siedlungsabfallproduktion im Vergleich mit den Ausgaben der privaten Haushalte in ausgewählten EUA-Mitgliedsländern, 1984-1998

Quelle: Eurostat und EUA - ETC/Abfall

11.2. Wird die Zielvorgabe für die Produktion von Siedlungsabfällen und Entsorgung erreicht?

Obwohl in den 90er Jahren bei den Siedlungsabfällen eine gewisse Abkoppelung von der Wirtschaftstätigkeit erreicht wurde, sind doch alle EUA-Mitgliedsländer (außer Österreich und Island) noch um einiges davon entfernt, die Zielvorgabe des Fünften Umweltaktionsprogramms der EU (5.UAP) zu erfüllen, die lautete: Stabilisierung der pro Kopf anfallenden Siedlungsabfälle bis zum Jahr 2000 auf 300 kg pro Einwohner und Jahr (Abbildung 11.2).

Die durch Haushalts- und gewerbliche Aktivitäten entstehenden Abfälle (Abbildung 11.2 und Tabelle 11.1.) bestehen aus bestimmten klar definierten Kategorien von Siedlungsabfällen, die einen Vergleich zwischen allen EUA-Mitgliedsländern ermöglichen. Zu diesen Kategorien gehören Restmüll (d.h. Mischabfälle aus Haushalten und anderen Quellen) und getrennt gesammelter Abfall wie Papier und Pappe, Glas, Metallverpackungen und organischer Abfall. Sperrmüll ist in diesem Indikator nicht enthalten. Da Siedlungsabfälle nicht allein aus den hier berücksichtigten Haushalts- und Gewerbeabfällen bestehen, ist der Abstand zur Zielvorgabe für Siedlungsabfälle sogar noch größer.

Abbildung 11.2: Abfallproduktion aus privaten Haushalten und Gewerbebetrieben in den EUA-Mitgliedsländern, 1996

Anmerkungen: Abweichende Bezugsjahre: Frankreich 1995, Deutschland 1993, Irland 1995 und Schweden 1994. Für Liechtenstein keine Angaben.

Quelle: EUA - ETC/Abfall

⊗ Die Pro-Kopf-Abfallproduktion aus Haushalts- und Gewerbetätigkeiten liegt weit über der Zielvorgabe des Fünften Umweltaktionsprogramms für das Jahr 2000. Es besteht viel Spielraum für mehr Recycling.

Positiv ist anzumerken, daß alle EUA-Länder Recycling-Programme eingeführt haben und durchschnittlich 13 % der Siedlungsabfälle getrennt gesammelt werden. Zwischen den einzelnen Ländern und Regionen bestehen jedoch große Unterschiede. In Nordeuropa werden etwa 20 % der Abfälle getrennt gesammelt, aber auch hier bestehen große Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern, wobei die Niederlande mit 38 % an der Spitze liegen. In den südeuropäischen Ländern werden durchschnittlich 5 % der Siedlungsabfälle getrennt gesammelt. Insgesamt besteht hier großer Spielraum zur Erhöhung der Gesamtmenge an recyceltem Abfall.

Dieser Spielraum wird in Abbildung 11.3 verdeutlicht, aus der hervorgeht, daß 1995 in vielen Ländern noch zu viel biologisch abbaubarer Abfall deponiert wurde, obwohl solche Abfälle kompostiert oder verbrannt werden könnten. Die Ablagerung von biologisch abbaubaren Abfällen führt zu Treibhausgasemissionen und stellt einen Ressourcenverlust dar. 1995 wurden in den EU-Mitgliedstaaten (ohne Portugal aber mit Island und Norwegen) schätzungsweise 55 Mio. Tonnen Papier, Pappe, Nahrungsmittel und organische Gartenabfälle auf Deponien abgelagert. Betrachtet man Kunststoffe als biologisch abbaubar, erhöht sich die Zahl auf 66 Mio. Tonnen. Die Richtlinie über Abfalldeponien legt für die Verringerung der Menge an biologisch abbaubaren Siedlungsabfällen, die auf Deponien abgelagert werden, eine Zielvorgabe von 35 %, d.h. maximal 19 Mio. Tonnen fest. Eine möglichst weitgehende Verringerung der Abfalldeponierung bildet den Eckstein der Abfallstrategie der EU, und daher ist es wichtig, in den künftigen Ausgaben dieses Berichts darauf zu achten, ob Fortschritte in

Richtung auf die Zielvorgaben der Richtlinie über AbfalldPONien bezüglich der biologisch abbaubaren Abfälle erzielt wurden.

Die Unterschiede zwischen den Ländern bei der Menge an deponiertem Abfall könnten damit zusammenhängen, daß das Steuersystem mancher Länder die Abfallverbrennung günstiger macht als die Deponierung. In einer Reihe von Mitgliedstaaten besteht eine Deponiesteuer (Abbildung 11.4). Damit wird versucht, die Wettbewerbsposition von Abfallbehandlungsmethoden wie Recycling und Verbrennung mit Energierückgewinnung zu verbessern. Die begrenzte Kapazität der Deponien ist möglicherweise ein weiterer Faktor, der die Länder zur Einführung einer Deponiesteuer motiviert.

Abbildung 11.3: Auf Deponien abgelagerter biologisch abbaubarer Siedlungsabfall in den EUA-Mitgliedsländern, 1995

Anmerkungen: Abweichende Bezugsjahre: Belgien teilweise 1996, Deutschland 1993, Griechenland 1990, Italien 1996, Niederlande 1994 und Schweden 1994. Für Liechtenstein und Portugal keine Angaben.

☹ Zu viel biologisch abbaubarer Abfall wird auf Deponien abgelagert.

In Abbildung 11.4 werden die relativen Kosten der Abfallbehandlung und –entsorgung durch Deponierung bzw. Verbrennung in einer Reihe von EUA-Mitgliedsländern verglichen. In Ländern, die Deponiesteuern eingeführt haben, gelangt weniger biologisch abbaubarer Abfall auf die Deponien als im EU-Durchschnitt. Finnland bildet hier eine Ausnahme, die sich teilweise daraus erklären läßt, daß durch den Preisunterschied zwischen Verbrennung und Deponierung immer noch die Deponierung als Entsorgungsart begünstigt wird. Das finnische Beispiel zeigt, daß Deponiesteuern nur als Teil eines integrierten Abfallbewirtschaftungsansatzes wirklich greifen, d.h. wenn wirtschaftliche Instrumente synergistisch eingesetzt werden, um das gewünschte Umweltergebnis zu erreichen, und nicht gegeneinander arbeiten.

Abbildung 11.4: Deponiesteuern in ausgewählten EUA-Mitgliedsländern

Anmerkung: Alle Preise sind Durchschnittspreise. Es bestehen große Unterschiede zwischen den einzelnen Anlagen. In Dänemark und Norwegen wurde die Abfallverbrennung ebenfalls besteuert; die für diese beiden Länder angegebene Deponiesteuer stellt die Differenz zwischen der Steuer auf Deponielagerung und der Steuer auf Verbrennung mit Energierückgewinnung dar. Die zusätzlichen Kosten sind vor Abzug der Steuern angegeben. Auch in Belgien gilt eine Deponiesteuer, die aber wegen fehlender Daten hier nicht ausgewiesen werden konnte.

Quelle: EUA - ETC/Abfall

☹ Die Besteuerung der Abfallablagerung auf Deponien führt nur in Österreich, Dänemark und Schweden zu einer Begünstigung der Verbrennung.

Den Kreislauf schließen

Um die Anforderungen der Richtlinie über Abfalldeponien zu erfüllen, hat Schweden ein ehrgeiziges Programm eingeführt, in dessen Rahmen in naher Zukunft 10 % aller schwedischen Siedlungsabfälle in einer einzigen Anlage kompostiert werden sollen.

Schwedische Ingenieure haben ein Verfahren entwickelt, um Zementfabriken in riesige Kompostieranlagen umzuwandeln; Zementfabriken sind in der Lage, täglich mehrere hundert Tonnen Abfall zu verarbeiten, und verfügen über eine umfangreiche Infrastruktur aus Lagerbehältern, Silos, Laderampen, Wiegestationen und Förderanlagen.

Derzeit werden in Schweden die Kapazitäten der Zementfabriken nicht voll ausgeschöpft, ältere Anlagen sind von Schließung bedroht. Die Umstellung von der Zementproduktion auf die Herstellung von Kompost ist eine Lösung für dieses Problem.

Organische Abfälle für die Zementöfen werden durch eine Zusammenarbeit der Gemeinden, Supermärkte, Fluggesellschaften und Fast-Food-Ketten bereitgestellt. Der Abfall wird in einer Pilotanlage in der Nähe von Stockholm in Kompost-Pellets umgeformt, die in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzt werden können. Die Fast-Food-Ketten schließen den Kreis, indem sie ihre Zulieferbetriebe dazu auffordern, die Kompost-Pellets im Pflanzenbau einzusetzen.

Quelle: Restructuring inefficient and polluting industries, G.Pauli. www.zeri.org/1999/may/may_ind.htm

11.3. Werden die Ziele der EU beim Verpackungsabfall erreicht?

Ein Abfallstrom, auf den sich die besondere Aufmerksamkeit der EU richtet, ist der Verpackungsabfall. Die Verpackungsrichtlinie umfaßt Maßnahmen zur Vermeidung von Verpackungsabfall und seiner verstärkten Zuführung zur Wiederverwertung und zum Recycling. 1997 sind 136 kg Verpackungsabfall pro Kopf der Bevölkerung entstanden, d.h. fast ein Drittel der bei Tätigkeiten der privaten Haushalte und des Gewerbes anfallenden Gesamtabfallmenge. Papier und Pappe machen den weitaus größten Anteil des Verpackungsabfalls aus (63 kg/Kopf), gefolgt von Glas (35 kg/Kopf) und Kunststoff (29 kg/Kopf). Bei dem Rest handelt es sich um Metalle (9 kg/Kopf).

In der Verpackungsrichtlinie wurden eine Reihe von Zielvorgaben festgelegt. Zielvorgabe Nr. 1 verlangt von den Mitgliedstaaten, mindestens 50 und maximal 65 % *sämtlicher* Verpackungsabfälle (nach Gewicht) *wiederzuverwerten*. In diesem Fall bedeutet Wiederverwertung alle Formen des Recycling, der Energierückgewinnung und der Kompostierung. Um Zielvorgabe Nr. 2 zu erreichen, müssen die Mitgliedstaaten, mindestens 25 und maximal 45 % *sämtlicher* Verpackungsabfälle (nach Gewicht) *stofflich verwerten*. Zielvorgabe Nr. 3 beinhaltet die Verpflichtung, bei *speziellen* Verpackungsabfallstoffen mindestens 15 % *stofflich zu verwerten*.

Bei Papier und Glas wurden gute Ergebnisse erzielt, bei Kunststoffen dagegen wurden kaum Fortschritte erreicht (Abbildung 11.5). Siedlungsabfälle enthalten die meisten Kunststoffe; sie enthielten 1996 mehr als 61 % des gesamten Kunststoffabfalls. Nur in Österreich und Deutschland werden derzeit für Kunststoff Recyclingquoten erzielt, die über 15 % liegen.

Die Wiederverwertungsquote von Papier und Kunststoff liegt in den Ländern hoch, in denen die Energierückgewinnung die vorherrschende Abfallbehandlungsmethode darstellt. Die hohen Quoten, die in einigen Mitgliedstaaten erzielt wurden, lassen das Potential erahnen, das für Wiederverwertung und stoffliche Verwertung im ganzen Europäischen Wirtschaftsraum besteht. So besteht beispielsweise beim Recycling von Kunststoff bei den Quoten eine Bandbreite, die von 6 % in Dänemark bis zu 45 % in Deutschland reicht. Beim Recycling von Glas ist die Bandbreite geringer.

Abbildung 11.5: Recycling/Wiederverwertung von Verpackungsabfall

Kunststoff, 1997

Quelle: Association of Plastics Manufacturers in Europe

Glas, 1996

Quelle: FEVE (European Container Glass Federation)

Papier und Pappe, 1997

Anmerkung: Island und Irland: Daten von 1995.

Quelle: Berichte der Mitgliedstaaten an die GD XI im Rahmen der Verpackungsrichtlinie.

Vier Verpackungsmaterialien, 1997

Anmerkung:(Energie)Wiederverwertung umfaßt Kompostierung und Energierückgewinnung (in Schweden auch Biogas). Bei allen übrigen Abfällen, die nicht wiederverwertet oder recycelt wurden, geht man von einer Beseitigung aus. Zu Recyclingzwecken eingeführter Abfall wurde nicht berücksichtigt, zu Recyclingzwecken ausgeführter Abfall wurde berücksichtigt. Die kumulierten Daten wurden nach Glas, Kunststoff, Metall und Papier gewichtet.

Quelle: Berichte der Mitgliedstaaten an die GD XI im Rahmen der Verpackungsrichtlinie.

☺ Einige EU-Mitgliedsländer haben die Mindestanforderungen der Verpackungsrichtlinie erfüllt. Nicht alle Länder haben alle Zielvorgaben der Richtlinie erreicht.

Abfallvermeidung

Im Rahmen eines integrierten Ansatzes zur Verringerung der Abfallproduktion werden in Norwegen wirtschaftliche Anreize, u.a. eine einheitliche Gebühr auf Einwegverpackungen (0,1 EUR/Einheit) und eine Umweltsteuer auf alle Verpackungen, eingesetzt. Die Umweltsteuer wird reduziert, wenn Verpackungen (z.B. Flaschen) wiederverwendet oder zur Wiederverwertung zurückgebracht werden. Wenn die Rückführquote innerhalb eines genehmigten Systems 95 % überschreitet, wird keine Umweltsteuer erhoben; daher besteht sowohl für die Hersteller (Importeure) als auch die Verbraucher ein wirtschaftlicher Anreiz, eine hohe Wiederverwendungs- und Wiederverwertungsrate zu erzielen. Ein Beispiel für ein genehmigtes System ist das Recycling von Flaschen im Rahmen eines Pfandsystems, das in ganz Norwegen gilt. Flaschen aus Glas und Kunststoff (PET) werden im Rahmen dieses Systems in einem geschlossenen Kreislauf wiederverwendet. Die Verbraucher zahlen eine angemessene Pfandgebühr für die Flasche, die bei der Rückgabe der Flasche an den Einzelhändler erstattet wird. Dieses Recycling-System führt zu einer jährlichen Einsparung von schätzungsweise 83 000 Tonnen Glasabfall (20 kg pro Kopf und Jahr).

11.4. Entwicklung von Indikatoren

Für die bestehenden Indikatoren werden verbesserte Schätzzahlen über die Produktion, Behandlung und Entsorgung aller Abfallströme sowie auch mehr methodische Konsistenz zwischen den Ländern benötigt. Es fehlt auch auf vielen Gebieten an konsistenten und vollständigen Daten über Entwicklungstrends; besonders große Lücken bestehen hinsichtlich der Bezugsjahre, an denen der Fortschritt in Richtung auf die umweltpolitischen Zielvorgaben gemessen werden soll. Bessere Informationen über den Einsatz von wirtschaftlichen Instrumenten wie Steuern wären ebenfalls nützlich.

Künftig sollten die Abfallströme aus dem Bauwesen und der verarbeitenden Industrie, gefährliche Abfälle und Abfallbeförderung vorrangig behandelt werden. Wünschenswert wäre auch eine Analyse der Wirksamkeit wirtschaftlicher Instrumente und der Synergien zwischen ihnen, insbesondere im Hinblick auf Steuern und freiwillige Vereinbarungen zur Erreichung umweltpolitischer Zielsetzungen.

Tabelle 11.1: Abfallproduktion aus privaten Haushalten und Gewerbebetrieben, 1996

Einheit: kg/Kopf

	Restmüll	Bioabfall	Papier/Pappe	Glas	Metall	insgesamt
Österreich	160	45	54	26	5	290
Belgien	281	6	32	22	5	346
Dänemark	278	13	63	25	0	379
Finnland	262	14	77	6	4	364
Frankreich	352	0	24	23	3	402
Deutschland	306	12	58	30	3	409
Griechenland	324	0	0	4	0	328
Großbritannien	378	5	12	9	0	404
Island	240	0	21	11	0	272
Irland	373	0	9	11	0	393
Italien	410	0	10	10	0	430
Luxemburg	318	0	39	34	0	391
Norwegen	295	11	45	9	2	362
Portugal	374	0	1	12	0	387
Spanien	386	0	0	11	0	397
Schweden	300	0	46	11	0	357
Niederlande	248	75	54	22	3	402
FIA	344	8	27	18	2	399

Anmerkung: Daten aus den Mitgliedstaaten, Norwegen und Island. Daten von 1995 (Frankreich), 1993 (Deutschland), 1995 (Irland) und 1994 (Schweden).

Quelle: EUA - ETC/Abfall

11.5. Verwendete und weiterführende Literatur

Europäische Kommission/ GD XI (1998). *Database on environmental taxes in the European Union Member States, plus Norway and Switzerland*.
<http://europa.eu.int/comm/dg11/enveco/database.htm>.

EUA (1999). *Umwelt in der Europäischen Union – an der Wende des Jahrhunderts*, Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

Europäisches Themenzentrum Abfall der EUA (1999a). *Generation of household waste and municipal waste in member countries of the European Environment Agency. Comparability and non-comparability*. Berichtsentwurf für die Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

Europäisches Themenzentrum Abfall der EUA (1999b). *Construction and demolition waste management practices and their economic impacts*. Bericht an die Europäische Kommission/GD XI. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

Eurostat (1999). *Waste Generated in Europe*. (Entwurf). Luxemburg.

Ripert, C.(1997). *La logistique et le transport des déchets ménagers, agricoles et industriels*. ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. Ministère de l'Équipement des Transport et du Logement.

12. Wassermenge

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Nutzungsindex	Wieviel der verfügbaren Wassermenge verbrauchen wir eigentlich?	Bela-stung	☹
Wasserverbrauch nach Sektoren	In welchem Maße tragen die verschiedenen Sektoren zur Wasserknappheit bei?	Verur-sacher	-
Bewässerte Fläche	In welchem Maße trägt die Landwirtschaft zur Wasserknappheit bei?	Verur-sacher	☹
Öffentliche Wasserversorgung	In welchem Maße trägt die öffentliche Wasserversorgung zur Wasserknappheit bei?	Verur-sacher	☺

Der Wasserverbrauch der privaten Haushalte und der Industrie ist in vielen EUA-Mitgliedsländern zurückgegangen. Der Wasserverbrauch der Landwirtschaft ist dagegen, vor allem in Südeuropa, wo dieser Sektor maßgeblich zur Wasserbelastung beiträgt, gestiegen.

Wasserbelastung, also Belastungen für die **Menge** und die **Qualität** der Wasserressourcen, wirkt sich tiefgreifend auf die menschlichen Tätigkeiten und die Volkswirtschaft aus. Eine angemessene Wasserbewirtschaftung zur Sicherstellung einer Versorgung mit einwandfreiem Wasser ist für alle Arten von menschlichen Tätigkeiten und vom Wasser abhängigen Ökosystemen unverzichtbar. Die eine Hälfte des Problems wird durch die Wasserentnahme verursacht, die andere Hälfte durch Umweltverschmutzung. In diesem Kapitel werden Fragen der Wassermenge behandelt, während Problemstellungen im Zusammenhang mit Nährstoffen in Kapitel 13 erörtert werden.

Probleme der Wasserverfügbarkeit entstehen dann, wenn die Nachfrage nach Wasser die in einem bestimmten Zeitraum verfügbare Menge überschreitet. Das geschieht häufig in Gebieten mit geringen Niederschlagsmengen und hoher Bevölkerungsdichte (vor allem in städtischen und in touristischen Gebieten an der Mittelmeerküste) sowie in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft oder konzentrierter Industrie (z.B. den dicht bevölkerten Gebieten Nordwesteuropas). Neben den Problemen, die dadurch für die Wasserversorgung der Bevölkerung entstehen, führt die Übernutzung von Wasser zum Austrocknen natürlicher Lebensräume in West- und Südeuropa und zum Eindringen von Salzwasser in Wasserläufe an der Mittelmeerküste.

In den letzten zehn Jahren ist die Wasserentnahme für die öffentliche Wasserversorgung um etwa 10 % zurückgegangen (Abbildung 12.1). Die bewässerte Fläche hat in Südeuropa in den letzten 15 Jahren um fast 20 % zugenommen, wodurch der Wasserverbrauch der Landwirtschaft signifikant gestiegen ist. Seit 1994 scheint sich diese Tendenz allerdings leicht abgemildert zu haben.

Abbildung 12.1: Entwicklungstrends bei der öffentlichen Wasserversorgung und der Wassernutzung durch die Landwirtschaft

Anmerkung: Öffentliche Wasserversorgungsdaten aus folgenden Ländern: Österreich, Dänemark, Finnland, Deutschland, Niederlande und Großbritannien (nur England und Wales). Daten über bewässerte Flächen aus folgenden Ländern: Frankreich, Griechenland, Italien, Portugal und Spanien.

Quelle: *EUA - ETC/Binnengewässer (öffentliche Wasserversorgung); Eurostat/FAO (bewässerte Fläche)*

- ☺ Die Wasserentnahme für die öffentliche Wasserversorgung ist seit 1985 um etwa 10% zurückgegangen.
- ☹ Der Wasserverbrauch der Landwirtschaft ist in Südeuropa aufgrund der starken Zunahme der Bewässerung in den letzten 15 Jahren gestiegen.

12.1. Wasserressourcen in Europa

Die Wasserressourcen sind ungleich verteilt: das Spektrum der mittleren jährlichen Abflüsse reicht von mehr als 3 000 mm in Westnorwegen über 100 bis 400 mm im größten Teil von Mitteleuropa bis zu weniger als 25 mm in Mittel- und Südspanien. Viele Länder hängen in starkem Maße von Wasser ab, das über ihre Grenzen hereinfließt.

Um ihren Bedarf zu decken, entnehmen die nord-, mittel- und südeuropäischen Regionen im Durchschnitt jedes Jahr etwa jeweils 1 %, 25 % bzw. 26 % ihrer erneuerbaren Trinkwasserressourcen. In Mitteleuropa wird das entnommene Wasser größtenteils in der Energieproduktion zu Kühlzwecken verwendet. Der größte Teil dieses Wassers wird so gut wie unverändert in die Gewässer, aus denen es entnommen wurde, zurückgeführt und kann wieder verwendet werden. In Südeuropa wird das entnommene Wasser vor allem in der Landwirtschaft eingesetzt. Etwa 80 % davon wird verbraucht und kann daher nicht mehr für andere Zwecke verwendet werden.

Das Verhältnis zwischen der gesamten Wasserentnahme und den gesamten erneuerbaren Wasserressourcen in einer Region wird als Nutzungsindex bezeichnet. Dieser stellt einen guten Indikator für Wassermengenprobleme dar. Abbildung 12.2 zeigt, daß die Länder Nord- und Mitteleuropas ihre Wassernutzung zwischen 1980 und 1995 um 30 bzw. 10 % verringerten. In Südeuropa blieb die Nutzung dagegen mehr oder weniger auf dem gleichen Niveau. 1995 wurden in Belgien, Deutschland, Italien und Spanien mehr als 25 % der erneuerbaren Wasserressourcen genutzt. In Dänemark, Frankreich, den Niederlanden und Portugal lag der Nutzungsindex zwischen 10 und 15 %. Österreich, Luxemburg und die skandinavischen Länder haben keine Probleme mit der Wassernutzung (der Index liegt bei ihnen unter 5 %).

Abbildung 12.2: Wassernutzung in drei europäischen Regionen

Anmerkung: Der Wassernutzungsindex ist das Verhältnis zwischen der gesamten Wasserentnahme und den gesamten erneuerbaren Wasserressourcen einer Region. Mitteleuropa: Österreich, Belgien, Dänemark, Deutschland, Niederlande und Großbritannien. Südeuropa: Frankreich, Italien und Spanien. Skandinavische Länder: Schweden und Finnland.

Quelle: *EUA - ETC/Binnengewässer*

☹ Der Wassernutzungsindex ist in den nord- und mitteleuropäischen Ländern in den letzten Jahren zurückgegangen. In Südeuropa ist er unverändert geblieben.

Aufgrund der kontinuierlichen Verschlechterung von Wassermenge und Wasserqualität – insbesondere beim Grundwasser – hat der Europäische Rat die Aufstellung eines detaillierten Aktionsprogramms der EU gefordert, um das Grundwasser im Rahmen einer umfassenden Wasserschutzpolitik zu schützen und zu bewirtschaften. Der Entwurf für ein Aktionsprogramm zur Eingliederung von Grundwasserschutz und Grundwasserbewirtschaftung (Europäische Kommission, 1996) forderte die Durchführung eines Programms mit Maßnahmen zur Förderung einer nachhaltigen Bewirtschaftung und des Schutzes der Süßwasserressourcen auf einzelstaatlicher und Gemeinschaftsebene bis zum Jahr 2000. Viele Empfehlungen aus dem Programmentwurf wurden in den Vorschlag für eine Wasserrahmenrichtlinie (Europäische Kommission, 1997) aufgenommen.

12.2. Wasserverbrauch nach Sektoren

Das meiste in den EUA-Mitgliedsländern entnommene Süßwasser wird als Kühlwasser in der Energieerzeugung und zur Bewässerung in der Landwirtschaft eingesetzt (Abbildung 12.3).

Abbildung 12.3: Wassernutzung in den EUA-Mitgliedsländern nach Sektoren, letztes verfügbares Jahr

Anmerkung: An die öffentliche Wasserversorgung sind Haushalte und Industrieunternehmen angeschlossen. Unternehmen mit eigener Wasserentnahme, z.B. über Bohrlöcher, wurden der Industrie zugerechnet.

Quelle: EUA - ETC/Binnengewässer

Kühlwasser und Landwirtschaft machen annähernd zwei Drittel der Wassernutzung in den EUA-Mitgliedsländern aus.

Die Gesamtwasserentnahme beträgt zwischen etwa 200 m³/Einwohner/Jahr in Dänemark, Luxemburg und dem Vereinigten Königreich und über 800 m³/Einwohner/Jahr in Italien, den Niederlanden und Spanien (Abbildung 12.4). Die Unterschiede haben folgende Gründe: hoher Wasserverbrauch in der Industrie in Nordeuropa; große Kühlwassermengen in Belgien, Frankreich, Deutschland und den Niederlanden (die normalerweise aus großen Flüssen direkt entnommen und nach Gebrauch in diese zurückgeleitet werden); hoher Wasserverbrauch in der Landwirtschaft in den südeuropäischen Ländern.

Abbildung 12.4: Gesamtwasserentnahme in den EUA-Mitgliedsländern nach Regionen und Hauptverwendung, letztes verfügbares Jahr

Quelle: EUA - ETC/Binnengewässer

12.3. Wassernutzung in der Landwirtschaft

Es liegen keine Daten über Entwicklungstrends für die Menge des zu Bewässerungszwecken genutzten Wassers in Europa vor. Ersatzweise können jedoch die bewässerten Flächen betrachtet werden (Abbildung 12.5). Aus den einschlägigen Daten geht hervor, daß die bewässerte Fläche in Südeuropa zwischen 1990 und 1996 um etwa 7 % zugenommen hat. Abbildung 6.4 zeigt, daß in diesem Zeitraum in Griechenland eine besonders schnelle Zunahme zu verzeichnen war, während in Italien und Spanien die absolute Zunahme am höchsten war.

Abbildung 12.5: Entwicklung der bewässerten Fläche in Europa nach Regionen, 1980-1996

Anmerkung: Skandinavische Länder: Finnland, Island, Norwegen und Schweden. Mitteleuropa: Österreich, Belgien, Dänemark, Deutschland, Irland, Luxemburg, Niederlande und Großbritannien. Südeuropa: Frankreich, Griechenland, Italien, Portugal und Spanien.

Quelle: FAO/Eurostat

⊗ Die bewässerte Fläche hat in den letzten 15 bis 20 Jahren vor allem in Südeuropa zugenommen.

Etwa 94 % des zu Bewässerungszwecken genutzten Wassers in der EU wird in Südeuropa verbraucht. Die in Italien und Spanien zu Bewässerungszwecken eingesetzte Wassermenge liegt zehnmal höher als die entsprechende Gesamtmenge in allen mitteleuropäischen Ländern zusammen. Frankreich, Griechenland und Portugal verwenden jeweils etwa die gleiche Wassermenge zur Bewässerung wie alle mitteleuropäischen EU-Staaten zusammen. Die Rolle der Bewässerung in Südeuropa ist eine gänzlich andere als in den mittel- und nordeuropäischen Ländern. In den trockenen Sommern ist die Bewässerung zur Verbesserung der Produktion in den südlichen Ländern unverzichtbar. Die Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik dürfte jedoch dazu führen, daß Nutzpflanzen mit geringerem Wasserbedarf angebaut werden. Auch die Einführung wirksamerer Bewässerungssysteme dürfte zu einer Reduzierung des Wasserverbrauchs führen.

Die Wassergebühren spiegeln häufig nicht die wahren Kosten (einschließlich der Umweltwirkungen) wider und sind nicht für alle Nutzer gleich. Das ist besonders bei den landwirtschaftlichen Nutzern der Fall, die sehr geringe Wassergebühren zahlen, die weder der verwendete Menge noch den tatsächlichen Umweltauswirkungen entsprechen. Wirtschaftliche Instrumente – in diesem Fall Wasserentnahmegebühren und Preismechanismen – werden gemeinhin als wirksame Instrumente zur Förderung einer nachhaltigen Wasserwirtschaft betrachtet. Der Einsatz von wirtschaftlichen Instrumenten für die Bewässerung verdient daher mehr Beachtung. Die steigenden Wassergebühren waren ein Grund für den Rückgang des Wasserverbrauchs in den privaten Haushalten und der Industrie.

12.4. Wassernutzung in privaten Haushalten und der Industrie

Die öffentliche Wasserversorgung ist in ausgewählten europäischen Ländern in den 10 Jahren nach 1985 zurückgegangen (Abbildung 12.6). Zu den Gründen für diesen Rückgang zählen: erhöhte Sensibilität für den Wasserverbrauch, Installation von Wasserzählern, höhere Wassergebühren und Steuern, Beschränkung der Gartenbewässerung, weniger Lecks, verbreiteter Einsatz von effizienteren Installationen wie Toilettenspülkästen mit niedrigerem oder regelbarem Durchfluß.

In Österreich, Dänemark, Island und Portugal wird die öffentliche Wasserversorgung zu mehr als 75 % aus Grundwasser gespeist. In Belgien (Flandern), Finnland, Frankreich, Deutschland, Luxemburg und den Niederlanden werden zwischen 50 und 75 % der öffentlichen Wasserversorgung dem Grundwasser entnommen (Eurostat, 1997). Zur Einspeisung in die öffentliche Wasserversorgung wird zunehmend Grundwasser herangezogen, da es eine höhere Güte aufweist als Oberflächenwasser und weniger stark aufbereitet werden muß. Das führte zu einer übermäßigen Entnahme und zur Absenkung des Grundwasserspiegels in vielen Teilen Europas. Die Folgen waren u.a.: Austrocknen von Quellflüssen, wie in Dänemark; Zerstörung vieler Feuchtgebiete (mit Beispielen aus niederschlagsarmen Ländern wie Spanien und niederschlagsreichen Ländern wie den Niederlanden) sowie das Eindringen von Salzwasser in Wasserläufe entlang der Mittelmeerküste.

Abbildung 12.6: Öffentliche Wasserversorgung in ausgewählten europäischen Ländern

Anmerkung: Erstellt anhand von Angaben aus Österreich, Dänemark, Deutschland, Finnland, den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich (nur England und Wales).

Quelle: EUA - ETC/Binnengewässer

© Der Wasserverbrauch durch die öffentliche Wasserversorgung ging in einer Reihe von europäischen Ländern zwischen 1987 und 1995 um 8 bis 10 % zurück.

Niedrigere Stromrechnung durch Wassereinsparungen in Brauerei

Das Ziel einer Wassereinsparung, das sich Carlsberg 1977 gesetzt hat, führte in seiner Kopenhagener Brauerei zu einer Verringerung der pro Liter Bier eingesetzten Wassermenge um 50 %. Die Spül-, Pasteuriser- und Abfüllmaschinen wurden verändert, um Wasser zu recyceln, und die Verfahren wurden systematisch überprüft und verändert, um Wassereinsparungen zu ermöglichen. Diese Änderungen an Maschinen und Verfahren führten zu Wassereinsparungen in Höhe von insgesamt 200 000 m³/Jahr. Im Brauereibereich wird ein ähnlicher Ansatz verwendet; hier wird das Reinigungswasser jetzt in einem Tank gesammelt, durch einen Filter gepumpt und wieder verwendet. Dadurch werden im Jahr 35 000 m³ Wasser und 400 Tonnen Natriumhydroxid eingespart.

Durch den verringerten Wasserverbrauch konnte bei Carlsberg auch der Energieverbrauch gesenkt werden. Das aus der Anlage abfließende Wasser weist tendenziell Temperaturen um 30 bis 35°C auf, das in die Anlage einströmende Wasser hat 10°C. Der Temperaturunterschied zeigt, daß dem Wasser im Prozeß Energie zugeführt wird. Durch die Verringerung der verwendeten Wassermenge wurde auch die Menge des abfließenden Wassers reduziert, was zu Energieeinsparungen in Höhe von etwa 25 % je Liter hergestellten Biers führt.

Quelle: Carlsberg, Dänemark

12.5. Verbesserung der Indikatoren

Für viele der in diesem Kapitel verwendeten Indikatoren liegen bisher keine Zeitreihen vor. Bei den vorhandenen Indikatoren müssen die Daten und Methoden zur Schätzung der Wasserentnahme und Wassernutzung und die entsprechende Berichterstattung (mit Schwerpunkt bezüglich der Behandlung von Kühlwasser und Wassernutzung zu Bewässerungszwecken) stärker harmonisiert werden, wobei auch eine Aufschlüsselung nach Sektoren erforderlich ist.

Künftig werden Indikatoren zur Intensität und Effizienz der Wassernutzung (Lecks) nach Ländern, ebenfalls nach Sektoren aufgeschlüsselt, benötigt. Indikatoren für Maßnahmen wären wünschenswert zu den Kosten der Produktion von für den menschlichen Verbrauch geeignetem Wasser und dem Einsatz von Preismechanismen (Gebühren) zur Einhaltung des Kostendeckungsprinzips, das einen Eckstein der europäischen Wasserpolitik darstellt. Positive Indikatoren zur Abschaffung von Subventionen und zur Einbeziehung von Umweltkosten in die Preise wären ebenfalls wünschenswert.

In Betracht gezogen werden sollte eine vergleichende Untersuchung nachfrage- und angebotsorientierter Strategien auf ihre Wirksamkeit zum Abbau der Wasserbelastung; ebenso sollte untersucht werden, inwieweit das Grundwasser-Aktionsprogramm und die Trinkwasserrichtlinie zur Verbesserung der Güte des Trinkwassers beitragen.

Tabelle 12.1: Gesamte Wasserentnahme ja Einwohner in den EUA-Mitgliedsländern

Einheit: m³ je Einwohner und Jahr

	1980	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Belgien	917								
Dänemark	235		228					170	
Deutschland	686	804		591					
Finnland	774	816	471					479	
Frankreich	651	631	675				702		
Griechenland	523								
Großbritannien	270	231	211	206	216	194	182	212	198
Irland	315						328		
Island	439	427			626			607	
Italien	996	918							
Liechtenstein									
Luxemburg			183	154	Durchschnitt für 1990-95 liegt bei 143.				
Niederlande	650	638		518					
Norwegen	496								
Österreich	290	280			299	281			
Portugal			735						
Schweden	494	356	345					308	
Spanien	1068	1204		948				849	

Anmerkung: Dänemark: Daten von 1977 für 1980. Frankreich: Daten von 1981 für 1980. Deutschland: Daten von 1981 und 1983 für 1980 und 1985, alle Daten nur für die frühere Bundesrepublik. Niederlande: Daten von 1981 und 1985 für 1980 und 1985. Portugal: Daten von 1989 für 1990. Die Daten für das Vereinigte Königreich enthalten nur Daten für England und Wales, Wasserentnahme zur Energieerzeugung ist nicht berücksichtigt.

Quelle: OECD

12.6. Verwendete und weiterführende Literatur

EUA (1998). *Europas Umwelt: Der zweite Lagebericht*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1999a). *Groundwater quality and quantity in Europe*. Umweltbewertungsbericht Nr. 3. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1999b). *Umwelt in der Europäischen Union – an der Wende des Jahrhunderts*. Kapitel 3.5 – Wasserbelastung. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1999c). *Sustainable water use in Europe - sectoral use of water*. Umweltbewertungsbericht Nr. 1. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

Europäische Kommission (1996). *Vorschlag für einen Beschluß des Europäischen Parlaments und des Rates über ein Aktionsprogramm zur Eingliederung von Grundwasserschutz und Grundwasserbewirtschaftung*. KOM(96)315 endg. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Kommission (1997). *Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik*. KOM(97)49 endg. Europäische Kommission, Brüssel.

Eurostat (1997). *Überblick über das erneuerbare Wasserdargebot in den Mitgliedstaaten*. Luxemburg.

13. Eutrophierung

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen in Flüssen	Haben die Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffbelastung zu sichtbaren Verbesserungen in den Flüssen geführt?	Zustand	☹️/😊
Stickstoffemissionen	Welches sind die Hauptverursacher der Stickstoffgesamtbelastung?	Belastung	☹️
Stickstoffbilanz	Hat die Landwirtschaft ihre Nährstoffein- und austräge ausgeglichen?	Belastung	☹️
Phosphorbelastung	Welches sind die Hauptverursacher der Phosphorgesamtbelastung?	Belastung	☹️
Freisetzung von Phosphor durch kommunale Abwasserbehandlungsanlagen	Welche Ergebnisse haben die Richtlinie über die kommunale Abwasserbehandlung und einzelstaatliche Maßnahmen gebracht?	Belastung	😊
Abwasserbehandlung	''	Maßnahme	😊
Nitratkonzentrationen im Grundwasser	Wie oft werden die Grundwasserqualitätsziele für Stickstoff überschritten?	Zustand	☹️
Phosphorkonzentrationen in Seen	Hat die Abnahme der Phosphoremissionen zu sichtbaren Ergebnissen geführt?	Zustand	😊
Phosphorkonzentrationen in Küstengewässern	Haben die Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffbelastung zu sichtbaren Verbesserungen in den Küstengewässern geführt?	Zustand	☹️
Nitratkonzentrationen in Küstengewässern	''	Zustand	☹️

Maßnahmen zur Verringerung der Gewässerbelastung durch Nährstoffe wurden mit unterschiedlichem Erfolg durchgeführt. Durch die Richtlinie über kommunale Abwässer und das Engagement der EUA-Mitgliedsländer zur Nährstoffreduktion konnten die Phosphoreinträge verringert werden. Die Verschmutzung mit Stickstoff konnte dagegen nur in sehr viel geringerem Umfang reduziert werden: Der Stickstoffüberschuß aus der Landwirtschaft erreicht nach wie vor dieselben Werte wie im Jahr 1990. Die Phosphorkonzentrationen in den großen Flüssen sind in den letzten 15 Jahren deutlich zurückgegangen, während die Nitratkonzentrationen konstant hoch geblieben sind. Die Nitratkonzentrationen in vielen Grundwassereinzugsgebieten überschreiten die von der Trinkwasserrichtlinie vorgeschriebenen Höchstwerte. Die Phosphorkonzentrationen in einigen stark betroffenen Seen sind erheblich zurückgegangen. Die Nährstoffkonzentrationen in Küstengewässern sind insgesamt leicht zurückgegangen.

13.1. Was ist Eutrophierung?

Die Überdüngung von Meeren, Seen, Flüssen und Bächen mit Nährstoffen (Stickstoff und Phosphor) kann zu einer Reihe von schädlichen Auswirkungen führen, die als Eutrophierung bekannt sind. Bei der Eutrophierung von Süßwasser spielt Phosphor die wichtigste Rolle, bei Salzwasser ist es Stickstoff.

In schweren Fällen von Eutrophierung kommt es zu massiver Blüte von (stiellosen oder planktonischen) Algen. Manche Algenblüten sind giftig. Wenn sich die absterbenden Algen zersetzen, wird Sauerstoff im Wasser verbraucht. Am Meeresboden lebende Tiere können sterben; auch die Fische können getötet werden oder sie verlassen das betroffene Gebiet. Übermäßige Nährstoffkonzentrationen können also zu Veränderungen in der aquatischen Umwelt führen. Gewässer, deren Ökosysteme aus dem Gleichgewicht geraten sind, und die eine veränderte chemische Zusammensetzung aufweisen, sind für Freizeitaktivitäten und andere Zwecke nicht mehr geeignet, das Wasser wird für den menschlichen Verbrauch untauglich. Hohe Nitratkonzentrationen im Trinkwasser sind für die menschliche Gesundheit problematisch, da Nitrat im Magen rasch zu Nitrit umgesetzt wird, wodurch die Fähigkeit des Blutes, Sauerstoff zu transportieren, herabgesetzt werden kann.

Die Hauptquelle für die Verschmutzung mit Stickstoff besteht in Emissionen aus landwirtschaftlichen Flächen, während die Phosphorverschmutzung zum größten Teil aus Haushalten und Industrie stammt. Der schnelle Zuwachs bei Industrieproduktion und Verbrauch der privaten Haushalten im 20. Jahrhundert hat zu größeren Mengen nährstoffreicher Abwässer geführt. Eine Entfernung der Nährstoffe bei der Abwasserbehandlung in Kläranlagen ist äußerst wichtig, um die Verschmutzung der europäischen Gewässer mit Stickstoff und Phosphor so gering wie möglich zu halten.

Seit 1980 sind die Nitratkonzentrationen in den großen Flüssen der EU in etwa konstant geblieben (Abbildung 13.1). Es gibt keine Anhaltspunkte dafür, daß der verringerte Einsatz von Stickstoff als Düngemittel in der Landwirtschaft zu niedrigeren Nitratkonzentrationen in den Flüssen geführt hat. Der Rückgang der Phosphorkonzentrationen in den großen Flüssen in der EU läßt sich auf eine verbesserte Abwasserbehandlung und weniger Phosphor in Reinigungsmitteln zurückführen.

Abbildung 13.1: Stickstoff und Phosphor in den großen Flüssen in der EU

N und P in großen Flüssen

Anmerkung: Medianwert aus indexierten Werten der Konzentrationen von Nitrat, Stickstoff und Gesamt-Phosphor an 92 Probenahmestellen.

Quelle: EUA - ETC/Binnengewässer auf der Grundlage der Angaben der Länder im Rahmen der EG-Entscheidung zum Informationsaustausch (77/795/EWG)

- ☺ Die Phosphorkonzentrationen in einigen Flüssen in der EU sind seit der Mitte der 80er Jahre insbesondere in den größten und am stärksten verschmutzten Flüssen zurückgegangen.
- ☹ Die Nitratkonzentrationen sind seit 1980 weitgehend unverändert geblieben.

13.2. Reduzierung von Nährstoffeinträgen

Die Einleitungen über Punktquellen werden in den EU-Mitgliedstaaten in unterschiedlichem Maße reduziert. Hier sind jedoch noch weitere Verbesserungen zu erwarten, da die Mitgliedstaaten in neue Infrastrukturen investieren müssen, um die Richtlinie über die Behandlung der kommunalen Abwässer zu erfüllen. In den Mitgliedstaaten müssen gemäß der Richtlinie Siedlungsgebiete mit Abwasserauffang- und -behandlungsanlagen ausgestattet sein. In sensiblen Gebieten müssen darüber hinaus im Rahmen einer fortgeschritteneren Stufe der Abwasserbehandlung die Nährstoffe entfernt werden. Seit Mai 1999 haben die Mitgliedstaaten diese Richtlinie ganz oder teilweise in ihre nationalen Rechtsvorschriften umgesetzt und – teilweise mit erheblicher Verspätung - Durchführungspläne ausgearbeitet. Es gibt Anzeichen dafür, daß die Fristen für das Erreichen der Umweltziele dieser Richtlinie noch eingehalten werden können, obwohl in Brüssel und Mailand bis dahin noch viel zu tun ist.

Die Reduzierung war am wirksamsten im Bereich der großen Punktquellen, wie beispielsweise bei kommunalem Abwasser und gewerblichen Ableitungen, sowie dort wo der Nährstoffeinsatz reduziert oder eingestellt wurde, z. B. bei Phosphaten in Reinigungsmitteln. Viele kleine Punktquellen werden jedoch durch die derzeitigen Rechtsvorschriften nicht wirksam erfaßt; sie verschmutzen wahrscheinlich eher kleinere Flüsse, was erhebliche negative Auswirkungen haben kann.

Eine wirksame Reduzierung von diffusen Quellen wie dem Eintrag von Nitrataus der Landwirtschaft wurde nur in den seltensten Fällen erreicht. Der Einsatz von Düngemitteln und die Nährstoffbelastung aus Tierdung sind seit den 80er Jahren zurückgegangen, was vor allem auf die Reform der GAP zurückzuführen ist. Der Nährstoffeintrag aus der Landwirtschaft in die Gewässer ist immer noch zu hoch. Die Umsetzung der Nitratrichtlinie war in den meisten Mitgliedstaaten nicht zufriedenstellend; die Kommission hat gegen die Mitgliedstaaten, die sie noch nicht erfüllt haben, Klage eingereicht.

Obwohl die Verschmutzung durch Phosphor aus Punktquellen zurückgegangen ist, dürfte es sich als notwendig erweisen, die diffuse Belastung aus landwirtschaftlichen Nutzflächen zu verringern – vor allem in den Gebieten, in denen die Aufnahmefähigkeit der Böden für Phosphor überschritten ist.

13.3. Stickstoffströme

Ein Vergleich des Stickstoffabflusses/Stickstoffaustrages mit der Anwendung von Düngern ergibt, daß hier diffuse Quellen – vor allem aus der Landwirtschaft – vorherrschen (Abbildung 13.2). In den skandinavischen Ländern, wo nur etwa 7 % der Fläche bewirtschaftet wird und die Bevölkerungsdichte niedrig ist, wird weniger als die Hälfte des freigesetzten Stickstoffes durch menschliche Aktivitäten verursacht. Hier kommt die Belastung zum größten Teil aus fortwirtschaftlich genutzten und unbewirtschafteten Flächen.

Die fünf Gebiete mit den höchsten Stickstoffabflußmengen/Stickstoffausträgen in Abbildung 13.2 verfügen alle über ähnlich große Ackerlandflächen (40-50 %). Das deutliche Gefälle bei den Stickstoffabflüssen von 6,5 kg/ha in Polen bis zu 28 kg/ha in Westeuropa wird durch die intensivere Landwirtschaft verursacht, was auch an dem erhöhten Düngemiteleininsatz abzulesen ist.

Abbildung 13.2: Stickstoffabfluß und Düngereinsatz in ausgewählten europäischen Gebieten, letztes verfügbares Jahr zwischen 1988 und 1996

Stickstoffabfluß

Düngemiteinsatz

Anmerkung: Alle Gebiete größer als 300 000 km². Stickstoffabfluß und Düngemiteinsatz pro Hektar Gesamtfläche.

Quelle: EUA - ETC/Binnengewässer

⊗ Die Landwirtschaft ist die Hauptquelle für die Umweltbelastung durch Nitrat. Der Stickstoffabfluß/Stickstoffaustrag liegt in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft mehr als 5mal, häufig sogar mehr als 10mal höher als in Waldgebieten.

Die beiden wichtigsten Stickstoffeinträge bei landwirtschaftlichen Nutzflächen sind mineralische Düngemittel und Dung. Zwischen 1990 und 1995 ging der Gesamteintrag in den ersten 12 Mitgliedstaaten um etwa 5 % zurück (Abbildung 13.3). Dem stand jedoch eine entsprechend geringere Stickstoffbindung durch geerntete Feldfrüchte (d.h. den Ertrag) gegenüber. Der Stickstoffüberschuß, der eine Quelle für Umweltverschmutzung darstellt, blieb also mit 7,2-7,4 Mio. Tonnen in etwa gleich. Die Stickstoffüberschüsse der Jahre 1990, 1993 und 1995 in den EU-Mitgliedstaaten sind in Tabelle 13.1 dargestellt. Eine Stickstoffbilanz für die 15 EU-Mitgliedstaaten liegt nur für 1995 vor, entspricht aber ziemlich genau der in Abbildung 13.3 dargestellten Bilanz für die 12 Mitgliedstaaten.

Abbildung 13.3: Stickstoffbilanz für landwirtschaftliche Flächen in den EU-Mitgliedstaaten, 1990-1995

Anmerkung: Erstellt anhand der Daten der ersten 12 Mitgliedstaaten.

Quelle: Eurostat

⊗ Etwa ein Drittel des auf landwirtschaftlichen Flächen eingesetzten Stickstoffs wird nicht mit der Ernte gebunden.

13.4. Phosphorströme

Abbildung 13.4 zeigt, daß die jährliche Phosphorbelastung pro Hektar mit der Bevölkerungsdichte steigt. In relativ dünn besiedelten Gebieten mit wenig landwirtschaftlicher Aktivität, wie in den skandinavischen Ländern, wird nur die Hälfte der Phosphorbelastung durch menschliche Aktivitäten verursacht. Die andere Hälfte wird durch diffuse Einträge aus forstwirtschaftlich genutzten und unbewirtschafteten Flächen verursacht. So liegt die Phosphorbelastung im Einzugsbereich der Ostsee, wo die Bevölkerungsdichte weniger als 50 Einwohner/km² beträgt, bei 0,23 kg/ha. Im Einzugsbereich der Nordsee liegt die Bevölkerungsdichte bei etwa 200 Einwohner/km² und die Phosphorbelastung bei 2,7 kg/ha.

Abbildung 13.4: Phosphorquellen in ausgewählten europäischen Ländern und Einzugsgebieten, letztes verfügbares Jahr zwischen 1988 und 1996

Anmerkung: Alle Gebiete größer als 300 000 km².

Quelle: EUA - ETC/Binnengewässer

☺ Private Haushalte und Industrie sind die Hauptverursacher von Phosphorbelastung der Umwelt. In den Gebieten Europas, in denen intensive Landwirtschaft betrieben wird, werden jedoch fast 50 % der Gesamtbelastung durch die Landwirtschaft verursacht.

In den letzten 15 Jahren ist die Phosphorbelastung aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen in vielen nordwesteuropäischen Ländern um 50-80 % zurückgegangen (Abbildung 13.5). Der Hauptgrund für diesen Rückgang liegt darin, daß die Abwasserbehandlungsanlagen aufgerüstet wurden, um auch Phosphor entfernen zu können. Auch der Übergang zu phosphorfreen Reinigungsmitteln hat dazu beigetragen.

Abbildung 13.5: Eintrag von Phosphor durch kommunale Abwasserbehandlungsanlagen in Nordwesteuropa

Anmerkung: Daten aus Dänemark, Finnland, den Niederlanden, Norwegen, Schweden und Nordrhein-Westfalen (Deutschland).

Quelle: EUA - ETC/Binnengewässer

☺ In den letzten 15 Jahren ist die gesamte Phosphorbelastung aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen in nordwesteuropäischen Ländern erheblich zurückgegangen.

In der gleichen Periode sind sowohl beim Anteil der Bevölkerung, die an Kläranlagen angeschlossen sind, als auch bei den Abwasserbehandlungstechniken große Veränderungen eingetreten (Abbildung 13.6). In den nord- und mitteleuropäischen Ländern war der Großteil der Bevölkerung bereits Anfang der 80er Jahre an Abwassersysteme und Kläranlagen angeschlossen. In den südeuropäischen Ländern ist zwar der Anteil der Bevölkerung, der an ein Abwassersystem angeschlossen ist, beträchtlich gestiegen, aber bis 1995 wurde erst die Hälfte ihrer Abwässer behandelt.

In den 80er Jahren wurde in den westeuropäischen Ländern zunehmend eine zweite Klärstufe eingesetzt (d.h. biologischer Abbau von sauerstoffverbrauchenden Stoffen). Länder wie Finnland und Schweden benutzten zu diesem Zeitpunkt bereits eine dritte Stufe (d.h. Nährstoffentfernung). Viele westeuropäische Länder richteten Ende der 80er und während der 90er Jahre Abwasserbehandlungsanlagen mit Nährstoffentfernung ein.

Abbildung 13.6: Entwicklung der Abwasserbehandlung in europäischen Regionen zwischen 1980-85 und 1990-95

Anmerkungen: Skandinavische Länder: Finnland, Island, Norwegen und Schweden. EUA - Mitteleuropa: Österreich, Belgien, Deutschland, Irland, Luxemburg, Niederlande und Großbritannien. EUA - Südeuropa: Griechenland und Spanien.

Quelle: Eurostat und nationale Daten

- ☺ Die skandinavischen und mitteleuropäischen Ländern weisen den höchsten Prozentsatz an Abwasser auf, das in einer dritten Klärstufe behandelt wird (insbesondere Phosphorentfernung).

13.5. Nährstoffe im Grundwasser und im Oberflächenwasser

13.5.1. Nitrat im Grundwasser

Wenn Nitrat aus landwirtschaftlichen Böden ausgewaschen wird, verschmutzt es zuerst oberflächennahes Grundwasser. In einem späteren Stadium wird in sensiblen Gebieten das tiefere Grundwasser beeinträchtigt, z.B. in Teilen Großbritanniens mit zerklüftetem Kalkstein unter dünner Bodenschicht und in den östlichen Niederlanden mit sandigen Böden und hoher Stickstoffbelastung. Die Trinkwasserversorgung in der EU wird zumeist aus tiefen Brunnen gespeist und daher durch hohe Nitratkonzentrationen nicht unmittelbar beeinträchtigt. In Gebieten, in denen die Stickstoffkonzentrationen im Grundwasser hoch sind und das Trinkwasser dem oberflächennahen Grundwasser entnommen wird (bei Wasserversorgung für private Zwecke und Kleingewerbe üblich), kann eine Gefährdung für die Bevölkerung bestehen.

Abbildung 13.7 zeigt, daß der Richtwert der Trinkwasserrichtlinie von 25°mg Nitrat/Liter für Trinkwasser bei über der Hälfte der Grundwasserprobenahmestellen, die für die beiden EUA-Datenbanken ausgewertet wurden, überschritten ist. Die maximal zulässige Konzentration (MAC) ist an etwa einem Viertel der Probenahmestellen überschritten.

Abbildung 13.7: Nitratkonzentrationen im Grundwasser, letztes verfügbares Jahr zwischen 1990 und 1996

Anmerkungen: Prozentsatz des Grundwassers, bei dem der Richtwert und der MAC-Wert überschritten sind: sehr häufig (>50 % der Probenahmestellen); häufig (>25 %); selten (0–25 %); nie. Die Zahlen in Klammern geben die Zahl der für die in der Datenbank erfaßten Grundwasserkörper zuständigen Behörden an.

Quelle: EUA - ETC/Binnengewässer

- ☹ Der Richtwert der Trinkwasserrichtlinie und die maximal zulässige Konzentration für Nitrat im Trinkwasser werden bei der Trinkwasserversorgung in der EU häufig überschritten.

13.5.2. Phosphor in Seen

Wie in den Flüssen (Abbildung 13.1) sind die Phosphorkonzentrationen auch in vielen Seen zurückgegangen (Abbildung 13.8). Das ist besonders bei Seen der Fall, die in den frühen 80er Jahren hohe Phosphorkonzentrationen aufwiesen. Diese Verbesserung wurde durch eine bessere Abwasserbehandlung und die Verwendung von phosphatfreien Reinigungsmitteln erreicht. Eine weitere häufig angewandte Methode zur Reduzierung der externen Belastungen besteht darin, die Abwässer von Seen wegzuleiten.

Trotz einer erheblichen Verringerung der Phosphoreinträge aus Punktquellen ist es in vielen Seen noch nicht zu der erwarteten Verbesserung der Umweltsituation gekommen. Der Hauptgrund dafür ist die Anreicherung und allmähliche Freisetzung von Phosphor

auf dem Grund der Seen oder die fortgesetzte Verschmutzung durch vereinzelte Anwesen und landwirtschaftliche Quellen.

Abbildung 13.8: Phosphor in Seen

Anmerkung: Zahl der Seen: Finnland 71; Dänemark 13; Irland 6; Schweden 6; Österreich 5; Deutschland 5; Frankreich 4; Norwegen 4; Niederlande 2.

Quelle: EUA - ETC/Binnengewässer

☺ Seen, die in den frühen 80er Jahren hohe Phosphorkonzentrationen ($>50 \mu\text{g/Liter}$) aufwiesen, sind heute weniger stark belastet. In den weniger stark betroffenen Seen wurden jedoch nur geringfügige Veränderungen der Phosphorkonzentrationen beobachtet.

Nach sauberem Wasser fischen

In Fällen von Eutrophierung ist die Sichttiefe einer der besten Indikatoren für den Zustand des Sees. In gesunden flachen Seen sollte auf dem Seegrund Pflanzenwuchs vorhanden sein, in dem sich tierisches Plankton vor Fischen verbergen kann. Das tierische Plankton hält das pflanzliche Plankton in Schach und verhindert damit die für die Eutrophierung typischen, schädlichen Algenblüten. Doch um zu wachsen und zu überleben benötigen Unterwasserpflanzen sehr klares Wasser.

In Dänemark wies der Væng-See noch 1986 gravierende Eutrophierungssymptome auf, obwohl die Phosphoreinträge seit 1982 um 63 % verringert worden waren. Zwischen 1986 und 1988 wurde die Hälfte der Fische, die sich von tierischem Plankton ernähren, gefangen. Dieser Eingriff in die Nahrungskette führte zu einer Zunahme des tierischen Planktons, das das pflanzliche Plankton abweidete und einen entsprechenden Rückgang des pflanzlichen Planktons bewirkte. Die Sichttiefe wurde in dem Maße besser, in dem das pflanzliche Plankton eingedämmt wurde, und es konnten sich Unterwasserpflanzen etablieren. Die Menge an pflanzlichem Plankton im See ist auf einem niedrigen Stand stabil geblieben, was ein Anzeichen für einen nachhaltig sauberen See ist, der weniger Zeichen für Eutrophierung aufweist als vor der Entfernung der Fische.

Quelle: EUA, 1999c

13.6. Phosphor in Küstengewässern

Alle Unterzeichner der Dritten Internationalen Konferenz zum Schutz der Nordsee haben das Ziel der Konferenz, die Phosphoreinträge in Oberflächenwasser zwischen 1985 und 1995 um 50 % zu verringern, erreicht (Andersen und Niilonen, 1995). Diese Reduktion schlägt sich allerdings in den Phosphatkonzentrationen in den Küstengewässern insgesamt noch nicht nieder.

In den meisten Küstengewässern waren keine oder nur begrenzte Veränderungen der Phosphorkonzentrationen zu verzeichnen (Abbildung 13.10). Doch haben die reduzierten Phosphatmengen in Reinigungsmitteln und andere Maßnahmen in diesem Einzugsgebiet zu einem Rückgang der Phosphatkonzentrationen in Teilen der Küstengebiete einiger Regionen geführt, z.B. im Skagerrak, im Kattegat, in der Deutschen Bucht und den niederländischen Küstengebieten. Die durchschnittliche Abnahme der Phosphatkonzentrationen in diesen Gebieten um 46 % spiegelt den Rückgang der Einträge wider. Die verringerte Phosphorbelastung des Rheins führte seit 1985 zu einer Reduktion der Konzentrationen in den niederländischen Küstengebieten von durchschnittlich 50 % und zu weniger Biomasse aus pflanzlichem Plankton. Die derzeitigen Phosphatkonzentrationen in diesem Gebiet liegen immer noch 2 bis 3mal

höher als die marinen Hintergrundkonzentrationen. Im Finnischen Meerbusen sind die Phosphatkonzentrationen aufgrund von Sedimentauswaschung in jüngster Zeit gestiegen. Ganz allgemein ist das Vorhandensein von umfangreichen Phosphorablagerungen im Küstensediment der Hauptgrund dafür, daß die Verringerung der Phosphoreinträge nicht unmittelbar zu einer Reduktion der Phosphatkonzentrationen geführt hat.

Abbildung 13.9: Veränderungen der Phosphatkonzentrationen in den OSPAR- und HELCOM-Küstengewässern, 1985-1998

Anmerkungen: Die Entwicklung der Phosphatkonzentrationen im Winter wird in den Küstengewässern der OSPAR- und HELCOM-Länder innerhalb der EU und in Norwegen in Prozent der Quadrate (10 x 10 km) ausgedrückt. Die Gesamtzahl der Quadrate in jedem Gebiet ist in Klammern angegeben. Die Kategorie "keine/begrenzte Entwicklung" bezeichnet einen Entwicklungstrend zwischen +10% und -10%. Die Methode zur Aggregation von Quadraten in den einzelnen Regionen wird bei *Van Buuren et al.* (Entwurf) beschrieben.

Quelle: ICES; Finnish National Focal Point

☺ In den meisten Küstengewässern sind wenig oder keine Veränderungen der Phosphatkonzentrationen zu verzeichnen. In den OSPAR- und HELCOM-Küstengewässern innerhalb der EU und in Norwegen ist allerdings mit 35 % eine beträchtliche Abnahme festzustellen.

Abbildung 13.10: Nitrat- und Phosphatkonzentrationen in den Küstengewässern des Atlantik, der Nordsee und der Ostsee, 1985-1996

13.7. Stickstoff in Küstengewässern

Kein Unterzeichnerstaat der Dritten Internationalen Konferenz zum Schutz der Nordsee hat das Ziel der Konferenz, die Stickstoffeinträge in Oberflächenwasser zwischen 1985 und 1995 um 50 % zu verringern, erreicht. Man geht jedoch davon aus, daß alle Nordseeanrainerstaaten eine beträchtliche Verringerung der Stickstoffeinträge in Oberflächengewässern in Höhe von etwa 25 % erreicht haben (Andersen und Niilonen, 1995).

Abbildung 13.11 zeigt eine allmähliche Verringerung der Nitratkonzentrationen in den Küstengewässern in 48 % der 10°km² – Quadrate der einzelnen Unterregionen. Ein 100 %iger Rückgang wurde nur in Unterregionen festgestellt, die aus maximal drei Quadraten bestehen; Grund dafür könnte die begrenzte Datenmenge sein. Die durchschnittliche Abnahme der Nitratkonzentrationen liegt bei etwa 25 %. Teilweise ist die Abnahme offenbar auf den sehr geringen Abfluß in Flüsse in den Jahren 1996 und 1997 zurückzuführen.

Etwa 20 % der Quadrate der einzelnen Unterregionen weisen eine Zunahme der Stickstoffkonzentration auf. Dabei handelt es sich vor allem um Unterregionen der Ostsee, Kattegatt und Skagerrak, wo erhöhte Nitratkonzentrationen wahrscheinlich mit ihrem internen Fluß (Remineralisierung von Stickstoff) zusammenhängen.

Abbildung 13.11: Veränderungen der Stickstoffkonzentrationen in den OSPAR- und HELCOM-Küstengewässern, 1985-1998

Anmerkungen: Der Trend der winterlichen Nitratkonzentrationen wird in den Küstengewässern der OSPAR- und HELCOM-Länder innerhalb der EU und in Norwegen in Prozent der Quadrate (10 x 10 km) ausgedrückt. Die Gesamtzahl der Quadrate in jedem Gebiet ist in Klammern angegeben. Die Kategorie "keine/begrenzte Entwicklung" bezeichnet einen Entwicklungstrend zwischen +10% und -10%. Die Methode zur Aggregation von Quadraten in den einzelnen Regionen wird bei *Van Buuren et al.* (Entwurf) beschrieben.

Quelle: ICES; Finnish National Focal Point

☺ Die Nitratkonzentrationen in Küstengewässern gingen in annähernd der Hälfte der OSPAR- und HELCOM-Küstengewässer in der EU und in Norwegen zwischen 1985 und 1998 zurück. In einigen Gebieten nahmen sie jedoch zu.

13.8 Verbesserung der Indikatoren

Ein idealer Indikator für die Belastung durch Eutrophierung wäre der gesamte Nährstoffeintrag in Gewässer und die Atmosphäre nach Ländern und Quellen (Punktquellen und diffusen Quellen). OSPARCOM entwickelt derzeit Leitlinien für die Messung und Berechnung solcher Daten.

Sobald es voll funktionsfähig ist, wird Eurowaternet, das Wasserinformations- und -überwachungsnetz der EUA, Informationen zu Wassergüte und -menge für verschiedene Gewässertypen vorlegen. Es sollen auch Angaben zum Zustand und den Entwicklungstrends bei der Güte und Menge der europäischen Binnenwasserressourcen gesammelt und Informationen darüber erfaßt werden, in welchem Zusammenhang diese mit den verschiedenen Verursachern stehen und wie sie auf die Umweltbelastungen reagieren.

Künftig sollten Indikatoren zu den Auswirkungen (z.B. Algenblüten, Sauerstoffmangel, Veränderungen der Makrophyten und der benthischen Lebensgemeinschaften) entwickelt werden. Außerdem werden Indikatoren und Untersuchungen der Wirksamkeit von Abhilfemaßnahmen wie der Richtlinie über die kommunale Abwasserbehandlung und der Nitratrichtlinie und ihr Kosten-Nutzen-Verhältnis benötigt.

Tabelle 13.1: Stickstoffüberschuß auf landwirtschaftlichen Flächen in den EU-Mitgliedstaaten, 1990-1995

Einheit: kg Stickstoff/ha landwirtschaftliche Nutzfläche (LN)

	1990	1993	1995
Belgien	106	109	103
Dänemark	93	92	72
Finnland			51
Frankreich	47	54	57
Deutschland	105	101	102
Griechenland	84	61	58
Großbritannien	40	39	40
Irland	47	60	62
Italien	62	83	76
Luxemburg	124	124	121
Niederlande	229	212	213
Österreich			16
Portugal	27	23	22
Spanien	40	37	37
Schweden			38
EU 12/15	60	60	60

Anmerkung: Überschuß berechnet als Bilanz aus Eintrag (Mineraldünger, Tierdung, biologische Fixierung und atmosphärischer Eintrag) und Output (geerntete Feldfrüchte). Gesamtdurchschnitt für die EU 12 der Jahre 1990 und 1993 und für die EU 15 des Jahres 1995.

Quelle: Eurostat

13.9 Verwendete und weiterführende Literatur

Andersen, J. und Niilonen, T. Hrsg. 1995. *Progress report. Fourth international conference on the protection of the North Sea*. Ministerium für Umwelt und Energie, Dänische Umweltschutzagentur, Kopenhagen.

Borum, J. 1996. "Shallow waters and land/sea boundaries" in *Eutrophication in Coastal Marine Ecosystems*. Hrsg.: B.B. Jørgensen und K. Richardson. American Geophysical Union. S. 179-205.

De Vries, I., Duin, R.N.M., Peeters, J.C.H., Los, F.J., Bokhorst, M. und Laane. R.W.P.M. 1998. "Patterns and trends in nutrients and phytoplankton in Dutch coastal waters: comparison of time-series analysis, ecological model simulation and mesocosm experiments." In *ICES Journal of Marine Science* Bd. 55, S. 620-634.

EUA (1999a). *Groundwater quality and quantity in Europe. Umweltbewertungsbericht Nr. 3*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1999b). *Umwelt in der Europäischen Union – an der Wende des Jahrhunderts. Umweltbewertungsbericht Nr. 2*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (1999c). *Nutrients in European ecosystems. Umweltbewertungsbericht Nr. 4*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

HELCOM (1996). *Third periodic assessment of the state of the marine environment of the Baltic Sea 1989-1993*. Balt. Sea Environ. Proc. No. 64 B.

HELCOM. *The state of the Baltic marine environment*.
<http://www.helcom.fi/envst96.html/>

Van Buuren, J., Smit, T., Poot, G., und van Elteren, A. (draft). *Testing of indicators for the marine and coastal environment in Europe. The development of the ETC/MCE indicator database*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

14. Feuchtgebiete

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Im Rahmen des Übereinkommens von Ramsar ausgewiesene Gebiete	Wie viele Feuchtgebiete werden vor Beeinträchtigungen oder Zerstörung geschützt?	Maßnahme	😊
Landbedeckung von Ramsar-Gebieten und Umgebung	Welchen Belastungen sind Feuchtgebiete ausgesetzt?	Belastung	😐
Verkehrsinfrastruktur in der Nähe von Ramsar-Gebieten	“	Belastung	😞
Überwinternde Wasservögel	Wie wirken sich die Belastungen auf die vorhandene Flora und Fauna und deren Verteilung aus?	Zustand	😊

Trotz weltweiter und nationaler Anerkennung ihrer Bedeutung sind die Feuchtgebiete Europas nach wie vor durch Flächenverbrauch und Umweltverschmutzung großen Belastungen ausgesetzt. Viele Feuchtgebiete grenzen an landwirtschaftlich genutzte Flächen, die meisten befinden sich in der Nähe von Verkehrsinfrastrukturen. Ein positives Zeichen ist die Zunahme der Population einer Reihe von überwinternden Wasservögeln, was aber zum Teil den milden Wintern der letzten Jahre zuzuschreiben sein dürfte. Alle EUA-Mitgliedsländer haben inzwischen das Übereinkommen von Ramsar ratifiziert, doch wird es noch viele Jahre dauern, bis die Ausweisung von zu schützenden Feuchtgebieten abgeschlossen ist.

Feuchtgebiete, entweder in Form von größeren zusammenhängenden Gebieten oder als kleinere und verstreute Gebiete, sind typisch für viele Landschaften. Dabei kann es sich um Feuchtgebiete im Binnenland oder an der Küste oder auch um flache Meeresgebiete handeln (Seen, Flüsse, Moore und Feuchtwiesen). Feuchtgebiete sind ganz und gar vom (natürlichen und durch den Menschen regulierten) Wasserkreislauf des sie umgebenden Wassereinzugsgebiets abhängig. Da sie durch Wasser aus ihrer Umgebung gespeist werden und es zurückhalten, reichern sich in Feuchtgebieten Chemikalien und Sedimente an, die auch zur Eutrophierung führen (siehe Kapitel 13).

Feuchtgebiete haben viele wichtige Funktionen und spielen sowohl beim Abbau von Chemikalien als auch als Kohlenstoffsinken eine wichtige Rolle. Feuchtgebiete sind Trinkwasserreservoirs und liefern Wasser für die Industrie, sind Grundlage für Fischerei und Bewässerung, verringern durch Speichern von Niederschlägen die Auswirkungen von Überschwemmungen, nehmen Abwässer auf, dienen als Verkehrswege, ermöglichen die Stromerzeugung aus Wasserkraft und enthalten Ressourcen wie Torf, Wild und Beeren. Sie haben außerdem einen überaus hohen Erholungswert.

Obwohl die Regulierung und Trockenlegung von Feuchtgebieten in vielen Regionen Europas schon seit Jahrhunderten allgemeine Praxis ist, haben solche Eingriffe in den vergangenen 50-100 Jahren noch zugenommen. Etwa zwei Drittel der europäischen Feuchtgebiete, die noch vor 100 Jahren bestanden, sind verloren gegangen (Europäische Kommission, 1995), wodurch sich Zahl, Größe und natürliche Lebensräume großer Moore und Feuchtwiesen, sowie kleinere flache Seen stark verringert haben. Dadurch haben sich sowohl das Gesicht der Landschaft als auch ihre ökologischen Funktionen verändert. Und dieser Trend hält, wenn auch in leicht abgeschwächter Form, an.

Obwohl wieder mehr Feuchtgebiete wiederhergestellt werden, können dadurch die Verluste aus früheren Zeiten oder der jüngeren Vergangenheit nicht ausgeglichen werden. Die Wiederherstellung erfordert die Deregulierung von Flüssen, das Verschließen von Entwässerungssystemen, die Wasserversorgung von Feuchtgebieten durch Pumpen und die Umwidmung von Kies- und Braunkohlegruben zu Feuchtgebieten. Auch werden die Uferzonen von Feuchtgebieten zunehmend als Nährstoffspeicher und zur Abwasserbehandlung genutzt.

Ein großer Teil der Feuchtgebiete von internationaler Bedeutung wurden im Rahmen des im iranischen Ramsar im Jahr 1971 geschlossenen *Übereinkommens über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wat- und Wasservögel, von internationaler Bedeutung* als Ramsar-Gebiete ausgewiesen (Abbildung 14.1). Weitere wichtige Rechtsinstrumente sind die EU-Vogelschutzrichtlinie von 1979 und die EU-Habitatrichtlinie von 1992. Das Übereinkommen über wandernde Arten (Bonner Übereinkommen) und das Berner Übereinkommen sehen ebenfalls Aktionen zur Erhaltung von Feuchtgebieten vor. Außerdem haben die meisten europäischen Länder spezielle nationale Maßnahmen zum Schutz der Feuchtgebiete eingeführt.

Abbildung 14.1: Vertragsparteien und durch die EUA-Mitgliedstaaten insgesamt ausgewiesene Fläche im Rahmen des Übereinkommens von Ramsar

Quelle: Ramsar Bureau

© Es besteht ein erhebliches nationales Interesse an einem globalen Schutz der Feuchtgebiete, aber jedes einzelne Land setzt andere Strategien ein, und deren Durchführung erfordert Zeit.

Bis 1986 hatten 14 EU-Mitgliedstaaten und 2 EFTA-Länder das Übereinkommen von Ramsar ratifiziert; bis 1998 hatten es alle 18 EUA-Mitgliedsländer unterzeichnet. Tabelle 14.1 zeigt das Jahr der Ratifizierung, die Zahl und die Gesamtfläche der ausgewiesenen Gebiete. Diese Zahlen sagen jedoch nichts über die Qualität der ausgewiesenen Gebiete und ihre Bewirtschaftung aus. Entsprechende Bewertungen wurden bisher nicht vorgenommen. Ein umfassender Überblick über den Zustand der verbleibenden wertvollen Feuchtgebiete, die bisher nicht geschützt werden, steht auch noch aus.

14.1. Belastung von Feuchtgebieten durch Landnutzung

Belastung durch Landnutzung in den Feuchtgebieten und ihrer Umgebung entsteht durch eine Kombination aus Bewirtschaftung, Zerschneidung und Entwässerung der

Flächen, Regulierung der Wasserläufe und der Verschmutzung durch Chemikalien und den Eintrag anderer Stoffe.

Eine Analyse der Landbedeckung in wichtigen europäischen Feuchtgebieten (auf der Grundlage der als Ramsar-Gebiete ausgewiesenen Feuchtgebiete) ergibt einen nützlichen Indikator für die Belastung, die von der Landnutzung auf Feuchtgebiete ausgeht. Ausgehend von der bekannten Fläche der einzelnen Ramsar-Gebiete wurde um die Ramsar-Gebiete jeweils ein kreisförmiges Feld definiert. Natürlich prägen diese kreisförmigen Land- oder Meeresflächen Feuchtgebiet-Habitats wie Meere, Flüsse, Seen, Moore und Feuchtwiesen. Die Ramsar-Gebiete und ihre Umgebung werden jedoch auch in erheblichem Umfang landwirtschaftlich genutzt. Die Beschränkung der Analyse allein auf die Ramsar-Gebiete (da sonstige Daten fehlen) bedeutet, daß nicht unbedingt die ganze Bandbreite wichtiger Feuchtgebiet-Arten in den einzelnen Ländern erfaßt wird.

Von den in Abbildung 14.2a untersuchten Feuchtgebieten an den Küsten wird etwa die Hälfte dem Meer und die andere Hälfte dem Land zugeordnet. Von den Landgebieten wird etwa die Hälfte bewirtschaftet, etwa ein Fünftel ist Grünland (Nutzung als Weideland oder zum Futterbau). Städtische Gebiete, Häfen, Straßen usw. machen etwa 5 % der Landfläche aus. Bei fast zwei Dritteln der Fläche von Binnenland-Feuchtgebieten (Abbildung 14.2b) handelt es sich entweder um landwirtschaftlich genutzte Flächen oder Wald, während gut 10 % von Grünland bedeckt sind. Die bebaute Fläche ist etwas kleiner als bei den Feuchtgebieten an der Küste und bei flachen Meeresgebieten.

Aus dem hohen Anteil von landwirtschaftlichen Flächen in Ramsar-Gebieten und ihrer Umgebung ergibt sich, daß zur Erhaltung des künftigen Wertes von Feuchtgebieten landwirtschaftliche Verfahren umgestellt, die Intensität der Bewirtschaftung verringert und Grünland erhalten werden muß. In einigen Fällen kann sich die landwirtschaftliche Nutzung günstig auswirken, z.B. insofern, als die Landschaft offen gehalten wird und Vögel auf Feldern und Grünland weiden und ausruhen können. Doch ist es zuweilen für die Landwirte einträglicher, die Flächen stillzulegen oder bestimmte Kulturpflanzen anzubauen, als sich für landwirtschaftliche Umweltschutzmaßnahmen zu entscheiden, in deren Rahmen sie für die Erhaltung der Landschaft bezahlt werden (siehe Kapitel 6). In der vorliegenden Untersuchung wurde die Art und der Nutzen von landwirtschaftlicher Nutzung in der Umgebung von Ramsar-Gebieten nicht analysiert.

Abbildung 14.2a: Landnutzung in Ramsar-Gebieten und Umgebung der Küste und Meere Süd- und Nordwesteuropas

Abbildung 14.2b: Landbedeckung in Ramsar-Gebieten und Umgebung im Binnenland Süd- und Nordwesteuropas

Anmerkungen: Die Untersuchung umfaßt Ramsar-Gebiete in Österreich, Belgien, Dänemark, Frankreich, Deutschland, Griechenland, Irland, Italien, Luxemburg, den Niederlanden, Portugal und Spanien. Flächen mit spärlicher Vegetation machen sowohl bei Feuchtgebieten der Küsten oder flachen Meeresgebieten als auch im Binnenland in diesen Ländern weniger als 1 % aus. Die Analyse basiert auf kreisförmigen Flächen, deren Radius der Fläche des jeweiligen Ramsar-Gebiets entspricht. Die Informationen über die Lebensräume stammen aus Landbedeckungsdaten des CORINE-Programms. Da Landbedeckungsdaten nur begrenzt vorliegen, wurden Lebensräume mit einer Größe von weniger als 25 ha nicht berücksichtigt. Trotzdem läßt sich aus den Ergebnissen ein deutliches Muster ablesen. Die Daten beziehen sich auf die 90er Jahre; ein Vergleich mit früheren Jahrzehnten ist nicht möglich.

Quelle: Ramsar Bureau; Wetlands International; EUA-Corine-Landbedeckung; EUA - ETC/Landbedeckung und EUA - ETC/Naturschutz

- ☹ Viele Ramsar-Feuchtgebiete in Süd-, Mittel- und Nordwesteuropa werden teilweise landwirtschaftlich genutzt bzw. sind von landwirtschaftlichen Nutzflächen umgeben. Daher wirken sich die jeweils eingesetzten landwirtschaftlichen Verfahren auf diese Feuchtgebiete aus.

14.2. Belastung der Ramsar-Gebiete durch Infrastruktur

Eine Analyse der Belastungen europäischer Feuchtgebiete durch Zerschneidung und sonstige Störungen, die von Straßen, Eisenbahnen, Flughäfen und Häfen (sowohl innerhalb der Feuchtgebiete als auch in ihrer Nähe) hervorgerufen werden, ergibt, daß die meisten Ramsar-Gebiete in der Nähe von größeren Infrastrukturkomponenten liegen (Abbildung 14.3).

Große Auswirkungen auf die Feuchtgebiete haben Straßen in Ländern mit dichter Infrastruktur, wie Österreich, Belgien, Dänemark, Deutschland, Luxemburg und den Niederlanden. Eisenbahnen beeinträchtigen tendenziell weniger Gebiete, doch sind viele Gebiete Belastungen sowohl durch Straßen als auch durch Eisenbahnen ausgesetzt. Obwohl Flughäfen nicht so häufig sehr nahe an Feuchtgebieten liegen, können sie aufgrund der großen versiegelten Flächen erhebliche lokale Auswirkungen haben. Die Belastung der bestehenden Ramsar-Gebiete dürfte in dem Maße steigen, in dem das Verkehrsnetz ausgebaut wird. Es wird außerdem immer schwieriger werden, neue Schutzgebiete auszuweisen, die nicht bereits durch Verkehrsinfrastruktur beeinträchtigt sind.

Abbildung 14.3: Verkehrsinfrastruktur in der Nachbarschaft von Ramsar-Gebieten in ausgewählten europäischen Ländern

Anmerkung: Die Zahl der berücksichtigten Ramsar-Gebiete ist in Klammern angegeben.

Quelle: Ramsar Bureau; Wetlands International; EUA - ETC/Landbedeckung

- ☹ Die meisten Ramsar-Gebiete liegen in der Nachbarschaft von Verkehrsinfrastruktureinrichtungen. In ganz Europa verursacht die Nähe von Straßen und Eisenbahnlinien die größten Probleme. Die Möglichkeit der Ausweisung neuer Schutzgebiete, die nicht in unmittelbarer Nachbarschaft von Verkehrswegen liegen, nimmt ab.

Tir Gwlyb I Gymru/Wetlands for Wales

Morfa Borth, ein mooriges Mündungsgebiet in Wales, wurde im 19. Jahrhundert durch die Umbettung eines nahegelegenen Flusses, des Afon Leri, trockengelegt. Morfa Both ist eines der 19 walisischen Feuchtgebiete, die von Tir Gwlyb I Gymru/Wetlands for Wales, einem Kooperationsprojekt, welches kürzlich einen Zuschuss in Höhe von 3,6 Mio. £ aus dem Heritage Lottery Fund Großbritanniens erhielt, und damit wiederhergestellt werden konnte. Das zugewachsene Feuchtgebiet wird durch folgende Maßnahmen renaturiert:

Anhebung des Wasserspiegels durch die Einrichtung von vier Schleusen, Rückfluß von Brackwasser in das Feuchtgebiet und Beweidung des Gebiets zwecks Eindämmung von Buschwerk. Das renaturierte Gebiet dürfte wieder für Wasservögel, Wasserpflanzen und Otter attraktiv werden.

Der Verlust von vielen walisischen Feuchtgebieten durch Trockenlegung, Torfabbau und Landwirtschaft hat zum Verschwinden von Vögeln wie Rohrdommel und Rohrweihe und zu einem erheblichen Rückgang vieler anderer Arten wie Kiebitz und Schnepfe geführt. Einmal renaturiert, werden die 19 walisischen Feuchtgebiete wieder 26 % der Feuchtwiesen und 18 % der Schilfgebiete Großbritanniens ausmachen.

Quelle: Umweltagentur

14.3. Wasservögel in milden Wintern

Die europäischen Feuchtgebiete bieten Lebensräume für viele Pflanzen- und Tierarten. Sie sind auch von großer Bedeutung für viele wandernde Vogel- und Fischarten. Die Zusammensetzung der Arten hat sich allerdings drastisch verändert – es dominieren zunehmend die stärker verbreiteten und robusteren Arten -, was durch Wasserverschmutzung und Eutrophierung, Flußregulierung, Eindringen neuer Arten und Aussetzung von Fischen verursacht wurde. Eine wachsende Zahl von spezialisierten natürlichen Tier- und Pflanzengemeinschaften lebt heute nur noch in den Oberläufen von nicht regulierten Flüssen, in sauberen Seen, nicht belasteten Mooren und Feuchtwiesen.

Die Qualität und räumliche Verteilung der Feuchtgebiete ist für das Überleben von vielen europäischen Zugvogelpopulationen von entscheidender Bedeutung. Veränderungen der Zahl der Vogelarten und des Umfangs der Vogelpopulationen werden häufig als Signale für allgemeine Veränderungen des Zustands von Ökosystemen und deren Belastungen, denen sie ausgesetzt sind, gedeutet.

Seit 1967 wurden im Rahmen des International-Waterbird-Census-Projekts (IWC) Feldzählungen von Wasservögeln in ihren Überwinterungsgebieten unternommen. Die Daten über 23 Wasservogelarten in 12 europäischen Ländern (z.B. Schwäne, Enten und das gemeine Bläßhuhn) wurden in einem Index kombiniert. Der Index zeigt eine leichte allgemeine Zunahme, wobei der größte Zuwachs in Nordwesteuropa zu verzeichnen war (Abbildung 14.4). Die Zunahmen bei manchen Vogelpopulationen werden unter anderem den milderen Wintern in diesen Ländern während des Beobachtungszeitraums zugeschrieben. Die Auswirkungen der sehr kalten Winter der Jahre 1982, 1985, 1987 und 1996 spiegeln sich in den Daten verschiedener Länder wieder. Bei vielen Arten könnte die Populationszunahme lediglich bedeuten, daß sie sich durch die günstigen Winterbedingungen wieder erholt haben.

☺ Die Populationen einiger überwinternder Wasservogelarten haben zugenommen, wozu möglicherweise milde Winter beigetragen haben.

Abbildung 14.4a: Index überwinternder Wasservögel in vier Mittelmeerländern

Abbildung 14.4b: Index überwinternder Wasservögel in sechs nordwesteuropäischen Ländern

Quelle: Ramsar Bureau; Wetlands International; EUA - ETC/Naturschutz

14.4. Entwicklung von Indikatoren

Die in diesem Kapitel beschriebenen Indikatoren könnten verbessert werden, in dem mehr Feuchtgebietstypen berücksichtigt und digitale Daten zur Erfassung der Feuchtgebiete in ihren vollständigen Ausdehnungen genutzt werden, um sie mit anderen räumlichen Daten menschlicher Aktivitäten und Umweltbelastungen, die zu Umweltbeeinträchtigungen führen, zu kombinieren. Ebenfalls hilfreich wäre es, die Landbedeckungsdaten zu aktualisieren, damit Vergleiche mit früheren Jahren angestellt werden können. Durch Informationen aus mehreren Ländern und über weitere Arten könnte der Vogelartenindikator verbessert werden; dazu würde auch eine Untersuchung der Frage, in welchem Umfang sich die Größe der Populationen aufgrund von nicht durch die Umweltverschmutzung bedingten Faktoren (z.B. Witterungseinflüsse) ändert, beitragen.

In Zukunft werden Indikatoren über die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten (Verkehr, Landwirtschaft, Industrie) und über die Umweltbelastungen (Emissionen, Ressourcenverbrauch) entwickelt werden, die auf die Qualität der Feuchtgebiete und sonstiger Flächen Einfluß haben. Außerdem sollen Indikatoren und Analysen entwickelt werden, die die Wirksamkeit von internationalen Übereinkommen zum Erhalt der Arten, die auf diese Schutzgebiete angewiesen sind, überprüfen.

Tabelle 14.1: Ratifizierung des Übereinkommens von Ramsar, Ramsar-Gebiete insgesamt und Zahl der Gebiete in den EUA-Mitgliedsländern

Land	Gesamtfläche des Landes ohne Meeresgebiete (km ²) 1994	Datum der Ratifizierung	Gesamtfläche der Ramsar-Schutzgebiete (einschließlich Meeresgebiete) (km ²)	Gesamtzahl der Ramsar-Schutzgebiete 1998
Belgien	30 518	1986	79	1
Dänemark	43 094	1978	7 390	27
Finnland	338 145	1975	1 013	11
Frankreich	543 965	1986	5 791	15
Deutschland	356 970	1976	6 712	32
Griechenland	131 957	1975	1 635	10
Großbritannien	244 101	1976	4 843	129
Irland	70 285	1985	697	45
Italien	301 323	1977	569	46
Island	103 000	1978	590	3
Liechtenstein	160	1991	1	1
Luxemburg	2 568	1998	3	1
Niederlande	41 526	1980	3 249	18
Norwegen	323 880	1975	697	18
Österreich	83 858	1983	1 028	9
Portugal	91 905	1981	658	10
Spanien	505 990	1982	1 579	36
Schweden	449 964	1975	3 828	30
EU			39 049	428
EUA			40 337	442

Anmerkungen: Die Gesamtfläche des Landes umfaßt zwar keine Meeresgebiete, aber Ästuare und bei Flut mit Wasser bedeckte Flächen entlang der Küstenlinie. Ein Vergleich der Länder auf der Grundlage des Verhältnisses zwischen den Spalten 2 und 4 ist nicht möglich, da es sich bei den Feuchtgebieten sowohl um Meeres- als auch um Landflächen handelt. Die Ramsar-Schutzgebiete Dänemarks beispielsweise setzen sich aus etwa 1 400 km² Landflächen und 6 000 km² Meeresgebieten zusammen.

Quelle: Wetlands International; Ramsar Bureau, EIONET; Eurostat (Landesflächen)

14.5 Verwendete und weiterführende Literatur

Europäische Kommission (1995). *Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament: sinnvolle Nutzung und Erhaltung von Feuchtgebieten.*

Europäische Kommission, Brüssel, Belgien.

15. Umweltsteuern

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Umweltsteuern im Vergleich zum gesamten Steueraufkommen	Wurden beim Einsatz von Umweltsteuern Fortschritte erzielt?	Maßnahme	☺

Seit 1980 sind die Einnahmen aus Umweltsteuern langsam gestiegen. 1997 machten Umweltsteuern knapp 7 % der gesamten von Arbeitnehmern und Arbeitgebern in Sozialversicherungsfonds eingezahlten Steuern und Abgaben (Sozialbeiträge) aus. Die Steuern auf umweltbelastende Tätigkeiten und Produkte in der EU sind niedrig und wurden in den letzten 15 Jahren kaum erhöht. Außer in Dänemark und den Niederlanden kommt über die Hälfte des Aufkommens an Umweltsteuern in den Mitgliedstaaten der EU aus Energiesteuern. Energie- und Verkehrssteuern machen in den meisten Ländern über 90 % des gesamten Umweltsteueraufkommens aus.

Umweltsteuern werden zunehmend als wirksame und geeignete Instrument der Umweltpolitik betrachtet. Diese Steuern berücksichtigen die ökologischen externen Effekte von Wirtschaftstätigkeiten und bewirken damit faire Preise für Tätigkeiten, Produkte und Dienstleistungen, die natürliche Ressourcen verbrauchen bzw. die Umwelt belasten (d.h. es werden "richtige Preissignale" gesetzt). Von der Verteuerung solcher Güter durch Umweltsteuern wird in der Regel erwartet, daß ihr Verbrauch zurückgeht und die Umweltbelastung in gewissem Umfang gemildert wird.

Fortschritte beim Einsatz und die Wirkung von Umweltsteuern sollten im Idealfall daran gemessen werden, inwieweit sie ökologisch effektiv und wirtschaftlich effizient sind. Dazu sind komplexe Analysen erforderlich, und bisher liegen hier erst wenige Ergebnisse vor. Ein geplanter Bericht der EUA soll mehr Informationen liefern (EUA, im Druck). Die relative Preissteigerung von Produkten und Aktivitäten, die Umweltsteuern unterliegen, kann als erster Hinweis auf die mögliche Wirkung von Umweltsteuern herangezogen werden. So ist beispielsweise der reale Preis von Energieprodukten (Abbildung 3.5) zurückgegangen (wie in Kapitel 3 ausgeführt), während das Energiesteueraufkommen zugenommen hat (Abbildung 15.2). Kapitel 5 enthält Informationen über die Kraftstoffpreise. Die Indikatoren in diesem Kapitel geben einen Überblick über die Entwicklung des Umweltsteueraufkommens.

15.1. Umweltsteueraufkommen

Durch neue Umweltsteuern kann bei der Erzielung eines festgelegten steuerlichen Gesamtbetrags die Last anderer direkter Steuern wie Einkommensteuer und Sozialabgaben verringert werden. Von einer "ökologischen Steuerreform" werden allgemein positive Auswirkungen auf die Wirtschaft erwartet; sie soll die Arbeitskosten verringern und möglicherweise mehr Beschäftigung bewirken. In diesem Zusammenhang wird der Ausdruck "doppelte Dividende" benutzt, um diese behauptete positive Wirkung auf die Wirtschaft in Kombination mit einer faireren Inrechnungstellung von Umweltauswirkungen zu beschreiben.

Viele EUA-Mitgliedsländer haben Umweltsteuern eingeführt, mit denen eine breite Palette von Aktivitäten, Produkten und Dienstleistungen belegt wurden, z.B. Energie, Verkehr, umweltbelastende Stoffe, Verpackung, Abfallprodukte und Chemikalien. Aus

Erhebungen und Studien, die im letzten Jahrzehnt durchgeführt wurden, geht hervor, daß der Einsatz von Umweltsteuern und –gebühren zunimmt (OECD, 1989, 1994, 1999; Europäische Kommission/GD Umwelt, 1998; EUA, im Druck).

Dennoch ist der Anteil des Umweltsteueraufkommens im Vergleich zum Aufkommen sonstiger Steuern und Sozialabgaben in den EU-Mitgliedstaaten nach wie vor gering (Abbildung 15.1). Zu den Umweltsteuern gehören Energiesteuern (einschließlich Kraftstoffsteuern), Verkehrssteuern und "zweckbestimmte" Emissionsabgaben. Zwischen 1980 und 1997 ist dieser Anteil langsam von 6 % auf knapp über 7 % gestiegen. Obwohl das Aufkommen an sonstigen Steuern und Sozialbeiträgen während dieses Zeitraums ebenfalls zunahm, war ihr Zuwachs kleiner als der Zuwachs bei den Umweltsteuern. Diese Veränderung ist ein Hinweis darauf, daß die steuerliche Belastung wirtschaftlicher Tätigkeiten sich allmählich von anderen Besteuerungsgrundlagen wie der Arbeit auf Produkte und Aktivitäten mit negativen Umweltauswirkungen verlagert. Hier sind Fortschritte zu verzeichnen, die aber marginal sind. Die Daten über das Steueraufkommen schließen jedoch nur fiskalische Steuern wie Mineralölsteuern ein und berücksichtigen Umweltgebühren wie Abwasserabgaben nicht, durch die erhebliche Einnahmen zustande kommen können.

Abbildung 15.1: Aufkommen an Umweltsteuern im Verhältnis zum Aufkommen an sonstigen Steuern und Sozialabgaben, 1980-1996

Anmerkung: Zu den Umweltsteuern gehören Energiesteuern (einschließlich Kraftstoffsteuern), Verkehrssteuern und zweckbestimmte Emissionsabgaben.

Quelle: Eurostat

☺ Das Aufkommen an Umweltsteuern ist im Verhältnis zum Aufkommen an sonstigen Steuern und Sozialabgaben gering, nimmt aber allmählich zu.

Die Zunahme des Umweltanteils am gesamten Steueraufkommen – insbesondere aufgrund steigender Energiesteuern – im Verhältnis zu sonstigen Steuern könnte darauf hindeuten, daß Umweltsteuern als umweltpolitisches Instrument immer mehr an Bedeutung gewinnen. Es bestehen allerdings mehrere mögliche Gründe für diese Zunahme. Das Steueraufkommen nimmt normalerweise zu, wenn die Zahl der Einzelsteuern steigt oder die Steuersätze erhöht werden – beides ist positiv für die Umwelt. Erhebungen der OECD bestätigen eine solche Entwicklung (OECD, 1989, 1994, 1999). Das Aufkommen erhöht sich aber auch, wenn die Menge der besteuerten umweltbelastenden Aktivitäten zunimmt oder mehr umweltbelastende Produkte verkauft werden – eine negative Entwicklung für die Umwelt; diese Entwicklung ist aber auch relativ wahrscheinlich. In dem in Abbildung 15.1 erfaßten Zeitraum, war ein allgemeines Wirtschaftswachstum sowie ein Wachstum in den beiden Sektoren Energieverbrauch und Verkehr, die mit etwa 90 % den größten Teil des gesamten Umweltsteueraufkommens erbringen, zu verzeichnen.

Daher stellt sich die Frage, ob Umweltsteuern eine Anreizwirkung haben. Trotz fehlender Informationen über die ökologische Effektivität von Steuern und Gebühren gibt es doch Hinweise darauf, daß die Umweltsteuern ihren Zweck erfüllen (z.B. EUA, 1996, im Druck; OECD, 1999). Wenn das stimmt, bedeutet es, daß umweltbelastende Tätigkeiten ohne Umweltsteuern (bei gleichbleibender Wirkung anderer politischer Maßnahmen auf dieselben Akteure) noch stärker zugenommen hätten, als es tatsächlich der Fall war.

Abbildung 15.2: Umweltsteuern als Prozentsatz sämtlicher Steuern und Sozialabgaben, 1980-1997

Anmerkung: Energiesteuern umfassen auch Kraftstoffsteuern. Diese machen mehr als drei Viertel der Energiesteuern aus.

Quelle: Eurostat

☹ Die Zunahme des Aufkommens an Umweltsteuern ist durch den Zuwachs bei Energiesteuern bedingt. Das Einkommen aus "zweckbestimmten" Emissionsabgaben ist gering und nimmt nicht zu.

Die leichte Zunahme des Anteils der Umweltsteuern am Gesamtaufkommen an Steuern und Sozialabgaben ist vor allem auf die Zunahme der Energiesteuern von etwa 4 auf 5% zurückzuführen (siehe Abbildung 15.2). Die Verkehrssteuern sind konstant geblieben und die Emissionsabgaben leisteten nur einen minimalen Beitrag.

Wie in Abbildung 15.3 zu sehen, ist der Beitrag der Umweltsteuern zum gesamten Einkommen an Steuern und Sozialbeiträgen in den einzelnen EU-Mitgliedstaaten sehr unterschiedlich: die Bandbreite reicht von 5 % in Österreich bis zu 10 % in Portugal. Energiesteuern herrschen vor, Emissionsabgaben erzielen nur in Dänemark, Frankreich und den Niederlanden ein signifikantes Einkommen. In Dänemark, Irland und den Niederlanden haben Verkehrssteuern denselben Stellenwert wie Energiesteuern, in Frankreich und Italien (wo Autobahngebühren erhoben werden) und in Schweden sind sie von weit geringerer Bedeutung. Trotz seiner niedrigeren Steuersätze erzielt Luxemburg aufgrund von "Benzin-Tourismus" aus den Nachbarländern einen großen Teil seines Steueraufkommens aus Kraftstoffsteuern.

Abbildung 15.3: Einkommen an Umweltsteuern in den EU-Mitgliedstaaten als Prozentsatz des gesamten Einkommens an Steuern und Sozialbeiträgen, 1997

Quelle: Eurostat

☹ "Zweckbestimmte" Emissionsabgaben erzielen nur in Dänemark, Frankreich und den Niederlanden ein signifikantes Einkommen.

Ökologische Steuerreform in den Niederlanden

Die niederländische Regierung arbeitet zur Zeit ein neues Einkommensteuergesetz aus, das am 1. Januar 2001 in Kraft treten soll. Eines der Ziele des neuen Steuersystems besteht darin, eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung durch den verstärkten Einsatz von Umweltabgaben zu fördern.

Niederländische Verbraucher, die energieeffiziente Haushaltsgeräte kaufen oder in ihren Häusern bzw. Wohnungen energiesparende Maßnahmen ergreifen, können dann von den Energieversorgungsunternehmen eine Gutschrift erhalten und damit ihre Stromrechnung verringern. Die Gutschrift erhalten nur Verbraucher, die ein Gerät kaufen, das nach dem EU-Kennzeichnungssystem der höchsten Energieeffizienz-Stufe entspricht. Diese Prämien sollen durch Einnahmen aus höheren Energiesteuern finanziert werden.

15.2. Verbesserung der Indikatoren

Eine allgemeine Bewertung des Fortschritts bei der Umweltbesteuerung ist anhand von Indikatoren nicht leicht zu bewerkstelligen. Die derzeitigen Daten reichen für die komplexe Analyse nicht aus, die zur Quantifizierung von Effektivität und Effizienz

erforderlich wäre. In naher Zukunft könnten aber einige Verbesserungen bei den Indikatoren erreicht werden. Eine Aufschlüsselung des Steueraufkommens nach Zahl der Steuern, Steuersätzen und Umfang der umweltbelastenden Aktivitäten und Produkte wäre hilfreich. Umfassendere Informationen über den relativen Preisanstieg von mit Umweltsteuern belegten Produkten und Aktivitäten könnten einen besseren Indikator zur Effektivität dieser Steuern abgeben als das Gesamtaufkommen an Umweltsteuern.

Die Indikatoren in diesem Kapitel umfassen nur fiskalische Steuern (d.h. Zahlungen in die öffentlichen Kassen). Für eine vollständige Analyse sollten wichtige Umweltabgaben (z.B. Gebühren für Umweltdienstleistungen), die viele Mitgliedstaaten eingeführt haben, mit berücksichtigt werden, doch sind die verfügbaren Daten unvollständig und nicht konsistent.

15.3 Verwendete und weiterführende Literatur

Europäische Kommission (1996). *Manual: statistics on environmental taxes*. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Kommission (1997b). *Mitteilung zu Umweltsteuern und -gebühren im Binnenmarkt*. KOM(97)9. Europäische Kommission, Brüssel.

Europäische Kommission/GDXI (1998). *Datenbank über Umweltsteuern in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union, in Norwegen und der Schweiz (in englischer Sprache)*. <http://europa.eu.int/comm/dg11/enveco/database.htm>.

EUA (1996). *Environmental taxes: implementation and environmental effectiveness*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

EUA (im Druck). *Environmental taxes and charges: tools for integration and environmental policy*. Europäische Umweltagentur, Kopenhagen.

OECD, (1998). *Economic instruments for environmental protection*. Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD, (1994). *Managing the environment: the role of economic instruments*. Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD, (1999). *Economic instruments for pollution control and natural resources management in OECD countries: a survey*. Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD, (1999). *Consumption tax trends*. Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

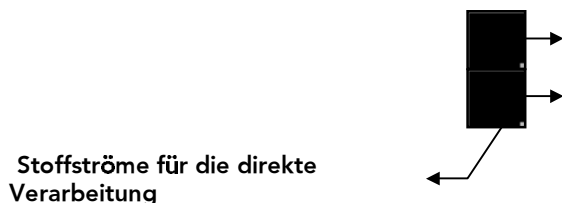
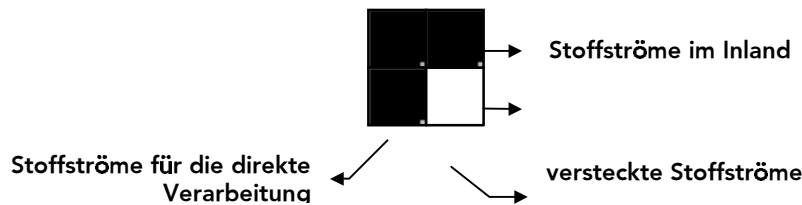
16. Entwicklungen bei den Indikatoren: TMRGesamter Rohstoffverbrauch

Indikator	Fragestellung	DPSIR	Bewertung
Gesamter Rohstoffverbrauch (TMR)	Verringerung der Belastung der globalen Umwelt durch Ressourcenverbrauch	Belastung	-
Inlands-TMR	Verringerung der Belastung der einheimischen Umwelt durch Ressourcenverbrauch	Belastung	😊
Auslands-TMR	Verringerung der Umweltbelastung im Ausland	Belastung	😞
Direkter Materialinput (DMI) im Verhältnis zum BIP	Verbesserung der Materialproduktivität (nur verarbeitete Stoffe)	Maßnahme	😊

Zwar ist die Ressourcenextraktion in den EU-Mitgliedstaaten zwischen 1985 und 1995 um 12 % zurückgegangen, doch nahmen die importierten Ressourcen zwischen 1995 und 1997 um 8 % zu. Der direkte Materialinput (DMI) in der Wirtschaft pro Kopf der Bevölkerung verringerte sich Anfang der 90er Jahre um 8 %, stieg dann aber wieder an. In den meisten Mitgliedstaaten stieg mit dem wirtschaftlichen Wachstum auch der DMI. Finnland, Frankreich, Italien und Großbritannien konnten jedoch ihre Abhängigkeit vom direkten Materialinput verringern.

In diesem letzten Kapitel sollen neue Entwicklungen im Bereich der Umweltindikatoren vorgestellt werden. In den letzten Jahren wurde eine Reihe aggregierter physikalischer Meßwerte als Indikatoren für die Gesamtbelastung der Umwelt vorgeschlagen. Darunter waren beispielsweise die "menschliche Aneignung der Nettoprimärproduktion" (Anteil der durch menschliche Aktivitäten verbrauchten Biomasse in Energieeinheiten) und der "ökologische Fußabdruck" (die für die Bevölkerung eines Landes und ihre Tätigkeiten erforderliche Nutzfläche). Der neue Indikator des Gesamten Rohstoffverbrauchs (englisch: Total Material Requirement - TMR) drückt die Gesamtheit aller Grundstoffe aus, die für menschliche Tätigkeiten gewonnen wurden. Der TMR ist also ein stark aggregierter Indikator für die materielle Basis einer Wirtschaft. In diesem Kapitel wird die erste Berechnung des TMR für die EU vorgestellt. Die Leser sind eingeladen, die Ergebnisse zu prüfen und über die Anwendung dieses Indikators Rückmeldung zu geben.

Der TMR-Indikator umfaßt sowohl Stoffe, die weiterverarbeitet werden (direkter Materialinput - DMI, siehe unten) und versteckte Stoffströme, d.h. entnommene Ressourcen, die nicht weiter verwendet werden, aber Auswirkungen auf die Umwelt haben (z.B. Abraum oder Erdaushub). Der TMR erfaßt sowohl Ressourcen, die im Inland gewonnen wurden, als auch den Ressourcenbedarf im Zusammenhang mit Importen. Veränderungen im Verhältnis zwischen dem TMR-Wert für das Ausland und dem Inlands-TMR deuten auf mögliche Verlagerungen der Umweltbelastungen zwischen verschiedenen Ländern hin.



Ähnlich wie der Energiebedarf (siehe Abbildung 3.2) und die Gesamtwasserentnahme (siehe Abbildung 12.2) zeigt der TMR-Indikator die allgemeine Belastung der Umwelt an. Der Umfang des Ressourcenbedarfs bestimmt das *Ausmaß* der örtlichen Umweltbelastungen (z.B. Landschaftszerstörung in Bergbaugebieten, Zerstörung natürlicher Lebensräume, Grundwasserverschmutzung und Landschaftsveränderungen an den Orten der Ressourcenentnahme), den Rohstoffverbrauch der Wirtschaft (DMI) und die dadurch entstehenden Emissions- und Abfallmengen. Der TMR gibt jedoch keine Auskunft über den *Schweregrad* dieser spezifischen Umweltbelastungen vor Ort.

Der TMR umfaßt die Entnahme sämtlicher Ressourcen außer Wasser und Luft. Statistiken über industrielle Produktion, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei liefern Daten über den inländischen Materialbedarf, während Außenhandelsstatistiken Informationen über Importe (aufgeschlüsselt in Rohstoffe, Zwischenerzeugnisse und Enderzeugnisse) bieten. Rohstoffe können anhand dieser Statistiken in die Herkunftsländer zurückverfolgt werden. Diese Daten werden ergänzt durch Angaben über versteckte Stoffströme, z.B. Abraum und Erdaushub im Bergbau, bei der Gewinnung von Steinen und Erden, bei Ausschichtungsarbeiten am Bau und Ausbaggerarbeiten und die Erosion landwirtschaftlicher Nutzflächen. Informationen über Zwischenerzeugnisse werden je nach deren Hauptbestandteil (z.B. Stahl oder Aluminium) klassifiziert und mit Daten über den kumulativen Ressourcenbedarf kombiniert. Enderzeugnisse werden nur nach Gewicht verbucht. Die so ermittelten Werte stellen also Mindestschätzwerte für den gesamten Rohstoffverbrauch dar.

Der TMR umfaßt alle Primärressourcen, die in einer Volkswirtschaft für die Produktionsseite, einschließlich Handel und Dienstleistungen, benötigt werden. Alle Inputs, die zur Wertschöpfung beitragen, werden berücksichtigt, reine Transitbewegungen werden also nicht verbucht. Für Länder, die viel einheimische oder importierte Ressourcen in Anspruch nehmen, ergibt sich ein hoher TMR-Wert, unabhängig davon, ob die erzeugten Güter exportiert oder im Inland verbraucht werden.

Bisher wurden erst für wenige europäische Länder TMR-Werte berechnet (Bringezu und Schütz, 1995; Bringezu, 1997; Adriaanse *et al.*, 1997 und 1998; Juutinen und Mäenpää,

1999; Mündl *et al.*; 1999). Die erste TMR-Berechnung für die EU wird im folgenden vorgestellt und analysiert. Obwohl es sich nur um vorläufige Werte handelt, erscheint die Größenordnung für internationale Vergleiche hinreichend aussagekräftig.

16.1. Materieller Ressourcenbedarf

1995 lag der TMR-Wert der EU bei 18,1 Mrd. Tonnen bzw. 49 Tonnen pro Kopf (Abbildung 16.1). Dominierende Ressourcen sind im TMR der EU wegen der großen Materialmassen und umfangreichen versteckten Stoffströme Energie, Metalle und Mineralien. Der EU-TMR für 1994 liegt erheblich unter dem der USA (84 Tonnen/Kopf), aber höher als der Japans (45 Tonnen/Kopf). Sowohl die USA als auch Japan haben ein höheres Pro-Kopf-BIP als die EU. Zum Vergleich: Das Pro-Kopf-BIP Polens betrug 1995 ein Fünftel des EU-Durchschnitts, doch der Pro-Kopf-TMR lag bei fast 60 % des EU-Werts.

Eine TMR-Zeitreihe für die EU wird demnächst erstellt. Bisher liegen zwei Zeitreihen vor, die sich nicht überschneiden: eine für die inländischen und eine für die ausländischen TMR-Komponenten (Abbildungen 16.3 und 16.4). 1995 betrug der inländische Anteil 63 % des EU-Gesamtbedarfs an Grundstoffen und war damit in den vorangegangenen 10 Jahren gefallen. Die restlichen 37 % des TMR bezogen sich auf Importe. Dieser Wert ist zwischen 1995 und 1997 leicht angestiegen.

Abbildung 16.1: TMR und BIP der EU im Vergleich mit ausgewählten Mitgliedstaaten und anderen Ländern

Anmerkung: Das BIP ist zu konstanten Preisen und Wechselkursen für 1990 angegeben.

Quelle: Wuppertal Institut, WRI, NIES, VROM, Thule-Institut, INE und Universität Warschau

Ausschlaggebend für den im Vergleich zu den USA wesentlich geringeren Gesamt-Ressourcenbedarf der EU ist der Unterschied in den Stoffströmen im Zusammenhang mit fossilen Brennstoffen. Wegen des geringeren Energieverbrauchs in der EU und dem Rückgang der Kohlenutzung entspricht der Bedarf der EU an fossilen Brennstoffen nur 44 % des US-Bedarfs (Abbildung 16.2).

Abbildung 16.2 verdeutlicht auch die Unterschiede in den Grundstoffbedarfsmustern der einzelnen Länder.

- Da Deutschland immer noch stark vom Kohlebergbau abhängig ist, bewegen sich die Stoffströme hinsichtlich fossiler Brennstoffe in derselben Größenordnung wie in den USA.
- Deutschland und Finnland verzeichnen auf Grund des Sand- und Kiesabbaus den höchsten Anteil bei der Gewinnung von Mineralien. Der deutsche Wert für Mineralien ist wegen umfangreicher Wohnungs- und Infrastruktur-Bautätigkeiten doppelt so hoch wie der EU-Wert.
- In Finnland, wo die Metallverarbeitung immer noch eine bedeutende Rolle in der Industrieproduktion spielt, ist der Ressourcenbedarf für Metalle relativ hoch. Die verhältnismäßig hohen Biomasse-Werte für Finnland sind auf die Forstwirtschaft zurückzuführen (Holz ist ein wichtiges Exportgut Finnlands).
- Die umfangreichen mit Erosion im Zusammenhang stehenden Stoffströme in den Niederlanden spiegeln die bedeutenden landwirtschaftlichen Einfuhren des Landes aus außereuropäischen Ländern wider.

Abbildung 16.6: Zusammensetzung des TMR in der EU, ausgewählten Mitgliedstaaten und anderen Ländern

Anmerkung: Versteckte Stoffströme sind in die Anteile der fossilen Brennstoffe, Metalle und Mineralien eingeflossen oder in Form von Abtragung oder Erosion berücksichtigt.

Quelle: Wuppertal Institut, WRI, NIES, VROM, Thule-Institut, INE und Universität Warschau

16.2. Ressourcenentnahme im Inland

Der Anteil der inländischen Entnahme am TMR für die EU verringerte sich zwischen 1985 und 1995 um 12 % auf 63 %, was hauptsächlich auf den Rückgang bei der Gewinnung fossiler Brennstoffe zurückzuführen ist (Abbildung 16.3).

Abbildung 16.3: Inländische Ressourcenentnahme in der EU zwischen 1985 und 1995

Anmerkung: Für die Zeit vor 1990 wurden die Entnahmeholumina der Bundesrepublik und der ehemaligen DDR addiert.

Quelle: Wuppertal Institut

☺ Die inländische Ressourcenentnahme in der EU ging zwischen 1985 und 1995 um 12 % zurück, was vor allem auf den Rückgang des Braunkohleabbaus im östlichen Deutschland zurückzuführen ist.

Der Rückgang ist vor allem darauf zurückzuführen, daß nach der Schließung zahlreicher veralteter Industrieanlagen in den neuen Bundesländern seit der Wiedervereinigung deutlich weniger Braunkohle abgebaut wird. Der Braunkohleabbau stellte 1995 jedoch immer noch 80 % der inländischen Ressourcenextraktion im Bereich der fossilen Brennstoffe dar und entsprach 23 % des Inlands-TMR der EU. Hauptproduzenten waren Deutschland (74 % der Braunkohleproduktion der EU), Griechenland (21 %) und Spanien (4 %).

Der Steinkohlebergbau ging weniger schnell zurück als der Braunkohleabbau, verringerte sich jedoch mit einem Rückgang um 35 % seit 1985 auf 135 Mio. Tonnen 1995 ebenfalls erheblich. Die wichtigsten Steinkohleproduzenten waren 1995 Deutschland, das Großbritannien und Spanien mit 44 %, 38 % und 13 %. Bezogen auf die Gesamtentnahme (einschließlich versteckter Stoffströme) lag der Anteil dieser Länder hingegen bei 35 %, 24 % und 39 %. Die Steinkohleerzeugung ist in Spanien also mit wesentlich umfangreicheren versteckten Stoffströmen verbunden als in Deutschland und Großbritannien .

Der Rückgang der Energieressourcenentnahme war bei denjenigen Energieträgern am höchsten, bei deren Erzeugung die größten versteckten Stoffströme entstehen. Beim Braunkohleabbau fallen bei der Gewinnung einer Tonne des Energieträgers durchschnittlich neun Tonnen Abraum an. Dieses Verhältnis, das die geringe Ressourceneffizienz der Braunkohlegewinnung verdeutlicht, ist zunehmend ungünstiger geworden. Bei der Steinkohle ist dieses Verhältnis erheblich günstiger (etwa 1:1) wird aber ebenfalls langsam ungünstiger. Bei den anderen Energieträgern ist es erheblich

besser. Mit dem Rückgang der Braun- und Steinkohlegewinnung werden diese sehr ressourcenintensiven Energieträger durch die weniger ressourcenintensiven Brennstoffe Öl und Gas ersetzt.

Zeitgleich mit diesem Rückgang beim inländischen TMR, der mit den Veränderungen bei den fossilen Brennstoffen verbunden ist, hat das Volumen des Mineralienbedarfs zugenommen und war in den letzten Jahren höher als der Umfang der inländischen Energieressourcenentnahme (Abbildung 16.3). Die Gewinnung von Steinen und Erden sollte deshalb ebenso ernst genommen werden wie der Bergbau. Die Umweltbelastungen, die im Zusammenhang mit dem Gesamtentnahmevermögen entstehen, z.B. Veränderungen im Wasserhaushalt, die Zerstörung von Lebensräumen, die Zunahme der bebauten Fläche und bei Bauschutt, haben sich wahrscheinlich ebenfalls verschärft.

Bei den Mineralressourcen ist der Anteil der versteckten Stoffströme mit 17,6 % der gesamten Mineraliengewinnung relativ niedrig.

16.3 Bedarf der EU-Länder an importierten Ressourcen

Importierte Metalle, Mineralien und Agrarprodukte sind mit größeren versteckten Stoffströmen pro Einheit verbunden als einheimische Produkte, verursachen demnach also eine entsprechend stärkere Umweltbelastung in den Ausfuhrländern. 1995 betrug der Anteil der Ressourcenentnahme im Zusammenhang mit EU-Importen mindestens 37 % des TMR. Zwischen 1995 und 1997 nahm er um 8 % zu, was vor allem auf den Import von Edelmetallerzen zurückzuführen ist (Abbildung 16.4). Nachwachsende Ressourcen machen nur 2,4 % des Auslands-TMR aus, während ihr Anteil am inländischen TMR bei 18,3% liegt. Der Auslands-TMR trägt also besonders stark zur Ausbeutung nicht-erneuerbarer Ressourcen bei.

Abbildung 16.4: Importbezogener TMR der EU-Länder

Anmerkung: Ressourcenentnahme im Ausland als Grundlage inländischer Aktivitäten

Quelle: Wuppertal Institut

⊗ Der Bedarf der EU an Grundstoffen aus dem Ausland ist zwischen 1995 und 1997 um 8 % gestiegen. Die Nachfrage nach Luxusgütern und Edelstein- und Edelmetallprodukten hat wesentlichen Einfluß auf den Auslands-TMR.

Die Einfuhren von Edelmetallerzen in die EU stiegen zwischen 1995 und 1997 um 51 % auf 5 600 Tonnen/Jahr. 1997 hatten die Stoffströme im Zusammenhang mit Edelmetallen (schätzungsweise 1,5 Mrd. Tonnen) einen Anteil von 70 % an der Metallressourcenentnahme für Importe in die EU, während der Anteil von Eisen- und Kupfererz, die an zweiter und dritter Stelle standen, nur 18 % bzw. 4 % betrug. Importe von Endprodukten, wie z.B. Schmuck, Gold- und Silberwaren tragen ebenfalls zum Ressourcenbedarf bei. Diese wurden in den Auslands-TMR-Daten für die EU noch nicht berücksichtigt, verursachen aber schätzungsweise zusätzlich eine Tonne/Kopf.

Beim Grundstoffbedarf für Mineralien stehen die Diamantenimporte an der Spitze. Für Importe von nur 44 000 kg im Jahr 1997 mußten der Natur schätzungsweise 232 Mio. Tonnen Material entnommen werden. Das entspricht mehr als der Hälfte des Grundstoffbedarfs für Mineralien im Auslands-TMR der EU. Die versteckten Stoffströme

im Zusammenhang mit den 2 450 Tonnen sonstiger Edelsteine, die 1997 importiert wurden, konnten wegen fehlender Daten noch nicht quantifiziert werden.

Diese Daten führen unweigerlich zu dem Schluß, daß die Stoffströme im Zusammenhang mit EU-Importen zum großen Teil bei der Herstellung von Luxusgütern entstehen.

Im Verhältnis zwischen versteckten Stoffströmen und Produktmengen besteht ein deutliches Gefälle zwischen der inländischen Ressourcengewinnung und der Ressourcenentnahme im Ausland (Tabelle 16.1).

Tabelle 16.1 Verhältnis zwischen versteckten Stoffströmen und Produktmenge für die EU-Länder, 1995

/	Inland	Ausland	insgesamt
Fossile Brennstoffe	3,48	1,63	2,55
Metalle	1,07	15,49	10,34
Mineralien	0,21	4,41	0,31
Landwirtschaftliche Biomasse	0,63	5,90	0,89
insgesamt	0,94	4,18	1,51

Quelle: Wuppertal Institut

Importe fossiler Brennstoffe (außer Strom) haben einen deutlich niedrigeren Anteil versteckter Stoffströme als im Inland gewonnene Energieträger. Bei dem Importen handelt es sich vorwiegend um Öl und Erdgas, die geringere versteckte Stoffströme verursachen als Braun- und Steinkohle. Die Verringerung des Energieverbrauchs der Industrie, des Verkehrs und der privaten Haushalte führt zu einer Verringerung der Umweltbelastungen durch Ressourcenentnahme im In- und Ausland.

Wenn Metalle importiert werden entstehen 14mal größere versteckten Stoffflüsse als wenn sie im Inland gefördert werden. Der Abbau von Erzen ist ein eher unbedeutender Wirtschaftszweig in der EU, die den größten Teil der unedlen Metalle (Eisen, Aluminium, Kupfer usw.) und nahezu alle Edelmetalle importiert.

Von den EU-Mitgliedstaaten importierte Agrarprodukte verursachen mehr Erosion als Erzeugnisse aus der einheimischen Landwirtschaft. Dafür sind vor allem importierte Produkte wie Kaffee und Kakao verantwortlich. In mehreren Mitgliedstaaten haben die Verbraucher Interesse für die Unterstützung nachhaltigerer landwirtschaftlicher Verfahren durch den Kauf spezieller und mit Umweltzeichen versehener Produkte gezeigt.

16.4. Ressourcenproduktivität der "direkten Materialinputs"

Bei der Berechnung des TMR müssen die Produktions- und Importstatistiken mit Koeffizienten für die versteckten Stoffströme verknüpft werden. Eine Zeitreihe von direkten Materialinputs (DMI), d.h. dem Aufwand an Grundstoffen ohne die versteckten Stoffströme, wäre sehr viel einfacher zu erstellen und würde einen eindeutigen und aktuellen Indikator für Trends in der Ressourcenproduktivität ergeben. Vergleicht man TMR und DMI von Ländern, für die beide Werte berechnet wurden, deutet einiges darauf hin, daß ein hoher DMI mit einem hohen TMR einhergeht und umgekehrt. Könnte eine solche Korrelation nachgewiesen werden, so wäre es möglich, den leichter zu berechnenden DMI für die regelmäßige Überwachung der Materialproduktivität zu

verwenden. Ein kompletter Inlands-TMR müßte dann nur berechnet werden, wenn die Belastung der einheimischen Umwelt durch die Ressourcenentnahme ermittelt werden soll. Der Auslands-TMR kann darüber hinaus dazu verwendet werden, die Verteilung der Belastungen und die Verlagerung von Problemen zwischen Ländern und Regionen zu verdeutlichen.

Der DMI der EU zeigte in absoluten Zahlen zwischen 1988 und 1995 einen mäßigen Rückgang um 6 % (Abbildung 16.5). Pro Kopf der Bevölkerung verringerte er sich um 8 % von 22,1 Tonnen/Kopf auf 19,5 Tonnen/Kopf. Die Veränderungen vollzogen sich vor allem Anfang der 90er Jahre und waren hauptsächlich auf die Verringerung der Importe um 1 Tonne/Kopf zurückzuführen. Seit 1993 ist jedoch der DMI der meisten EU-Mitgliedstaaten leicht gestiegen. Legt man den DMI zugrunde, bestehen also keinerlei Anzeichen für eine absolute Verringerung des Rohstoffverbrauchs.

Vergleicht man DMI und BIP der EU-Mitgliedstaaten zwischen 1988 und 1995, so lassen sich drei Ländergruppen unterscheiden:

1. In Österreich, den Benelux-Ländern, Dänemark, Griechenland, den Niederlanden, Spanien, Schweden und Portugal erhöhte sich mit verstärkter Wirtschaftstätigkeit auch der DMI.
2. In Deutschland und Irland wurde bei gleichbleibendem DMI ein erheblich höheres BIP erreicht. In diesen beiden Mitgliedstaaten wurde der direkte Grundstoffbedarf in gewissem Umfang vom wirtschaftlichen Wachstum abgekoppelt.
3. Finnland, Frankreich, Italien und Großbritannien erreichten wirtschaftliches Wachstum bei verringertem DMI. Durch einen verringerten Verbrauch an Baumaterialien konnten diese vier Mitgliedstaaten zeigen, daß eine absolute Dematerialisierung möglich ist.

Die EU insgesamt erzielte ein positives Ergebnis: der DMI/Kopf sank um 8 %, während das Pro-Kopf-BIP um 19 % zunahm. Insgesamt erhöhte sich die direkte Materialproduktivität in der EU zwischen 1988 und 1995 um 29 %. Der Unterschied zwischen dem Ergebnis der EU und den Werten der einzelnen Länder erklärt sich aus dem Warenverkehr zwischen den Ländern. Bei den DMI-Werten der Mitgliedstaaten wurde der Handel innerhalb der EU berücksichtigt, beim DMI der EU nicht. Der DMI für die EU insgesamt ist seit 1992 konstant geblieben und entspricht damit den Werten von Deutschland und Irland (Gruppe 2). Die EU muß sich jetzt der Aufgabe stellen, dem Beispiel der Länder dieser Gruppe zu folgen und eine Verringerung des Ressourcenverbrauchs bei gleichzeitigem Wirtschaftswachstum zu erreichen.

Abbildung 16.5: Direkter Materialinput und Pro-Kopf-BIP in EU-Mitgliedstaaten, 1988-1995

Anmerkungen: BIP in ECU zu konstanten Preisen von 1985. Bei den DMI-Werten der Mitgliedstaaten wurde der Handel innerhalb der EU berücksichtigt, im DMI der EU nicht.

Quelle: Wuppertal Institut

☺ Die direkte Ressourcenproduktivität der EU erhöhte sich von 1988 bis 1995 um 29 %.

16.5. Verwendete und weiterführende Literatur

Adriaanse, A., *et al.* (1997). *Resource flows: the material basis of industrial economies*. Hrsg.: World Resources Institute, Wuppertal Institut; Niederländisches Ministerium für

Wohnungsbau, Raumordnung und Umwelt; Nationales Institut für Umweltforschung, Japan. WRI-Bericht, Washington.

Adriaanse, A., *et al.* (1998). *Stoffströme: Die materielle Basis von Industriegesellschaften (deutsche überarbeitete Fassung von Adriaanse et al. 1997)*. Hrsg.: Wuppertal Institut; World Resources Institute, Niederländisches Ministerium für Wohnungsbau, Raumordnung und Umwelt; Nationales Institut für Umweltforschung, Japan. Wuppertal Texte, Birkhäuser Verlag, Basel.

Bringezu, S. (1997). "Accounting for the physical basis of national economies: material flow indicators" in *SCOPE 58 - Sustainability Indicators*: 170-180 Hrsg. B. Moldan *et al.*

Bringezu, S. und Schütz, H. (1995). "Wie mißt man die ökologische Zukunftsfähigkeit einer Volkswirtschaft? - Ein Beitrag der Stoffstrombilanzierung am Beispiel der Bundesrepublik Deutschland" in *Neue Ansätze der Umweltstatistik*: 26-54. Hrsg.. S. Bringezu.

Juutinen, A. und Mäenpää, I. (1999). *Time Series for the Total Material Requirement of Finnish Economy - Summary*. Eco-efficient Finland project, interim report 15 August 1999. University of Oulu, Thule Institute. <http://thule.oulu.fi/ecoef>

Mündl, A. *et al.* (1999). Sustainable development by dematerialization in production and consumption - strategy for the new environmental policy in Poland. Report 3, 1999. Institute for Sustainable Development, Warschau.