

Die Umwelt in Europa:  
der zweite Lagebericht

## Kapitel 6. Chemische Stoffe

European Environment Agency



## 6. Chemische Stoffe

### Wichtigste Erkenntnisse

Seit dem Dobris-Lagebericht hat die chemische Industrie in Europa weiter expandiert. Ihre Umsätze sind seit 1993 rascher gestiegen als das BIP. In Osteuropa ist die Produktion seit 1989 parallel zum Rückgang des BIP deutlich gesunken, hat sich indes seit 1993 in einigen Ländern teilweise erholt. Unter dem Strich bedeutet dies, daß die Produktionsmenge an chemischen Stoffen in der europäischen Wirtschaft insgesamt zugenommen hat.

Bisher liegen nur wenige Emissionsdaten vor, doch in allen Umweltkompartimenten, auch im tierischen und menschlichen Organismus, sind chemische Stoffe vorzufinden. Im Europäischen Altstoffverzeichnis sind mehr als 100 000 chemische Verbindungen aufgeführt. Die Bedrohung, die von vielen dieser Chemikalien ausgeht, läßt sich nicht genau beurteilen, da über ihre Konzentrationen und die Wege und Formen ihrer Anreicherung in der Umwelt sowie über die damit zusammenhängenden Auswirkungen auf Menschen und andere Lebensformen zu wenig bekannt ist.

Zum Teil sind aber Informationen verfügbar – beispielsweise über Schwermetalle und persistente, d.h. schwer abbaubare organische Schadstoffe (POP). Zwar gehen die Emissionen bei einigen dieser Stoffe zurück, doch ihre Konzentration in der Umwelt ist nach wie vor besorgniserregend hoch, insbesondere in einigen stark kontaminierten Gebieten und Senken, so der Arktis und der Ostsee. Die Produktion einiger langzeitwirksamer Schadstoffe läuft aus, doch zahlreiche andere Substanzen mit ähnlichen Eigenschaften werden nach wie vor in großen Mengen hergestellt.

Seit einiger Zeit stellt sich die Frage der Gefährdung durch sogenannte “endokrine Modulatoren”, persistente organische Schadstoffe und bestimmte organometallische Verbindungen, die insbesondere eine mögliche Ursache reproduktiver und neurotoxikologischer Störungen bei Mensch und Tier sein könnten. Bei einigen Meerestieren sind solche Auswirkungen nachgewiesen, im Hinblick auf die Folgen für den menschlichen Organismus liegen derzeit jedoch noch so wenige Anhaltspunkte vor, daß kein kausaler Zusammenhang zwischen diesen chemischen Stoffen und Störungen der Fortpflanzungsfähigkeit nachgewiesen werden kann, deren Ursachen weitgehend unbekannt sind und die auf Veränderungen der Lebens- und Bekleidungsgeohnheiten, aber auch auf Umweltchemikalien zurückgehen können.

Aufgrund der Schwierigkeiten und Kosten, die mit einer Bewertung der Toxizität zahlreicher potentiell schädlicher chemischer Altstoffe verbunden sind, insbesondere einiger Substanzen mit potentiell reproduktionsschädigenden und neurotoxikologischen Auswirkungen, zielen einige der derzeit angewendeten Eindämmungsstrategien – wie beispielsweise die des Übereinkommens zum Schutz der Meeresumwelt des Nordatlantiks (OSPAR) – inzwischen darauf ab, den Schadstoffeintrag durch eine völlige Einstellung oder Reduzierung der Anwendungen und Emissionen zu verringern. Die UN-Wirtschaftskommission für Europa wird voraussichtlich 1998 im Zusammenhang mit dem Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung zwei neue Protokolle zu den atmosphärischen Emissionen von drei Schwermetallen und sechzehn persistenten organischen Substanzen erstellen.

Seit dem Dobris-Lagebericht sind einige neue nationale und internationale Initiativen zur Minderung der möglichen Auswirkungen chemischer Stoffe auf die Umwelt entstanden, darunter auch Programme mit dem Ziel einer freiwilligen Einschränkung, Maßnahmen zur Besteuerung bestimmter chemischer Stoffe und Schritte mit dem Ziel, ähnlich wie beim US-amerikanischen Toxic Release Inventory - beispielsweise im Rahmen der die EU-Richtlinie über integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung - Emissionsdaten von Industrieanlagen öffentlich zugänglich zu machen. Solche Instrumente könnten in allen Teilen Europas in größerem Umfang eingesetzt werden

### 6.1 Einleitung

Seit Beginn der industriellen Revolution sind durch die chemische Industrie zahlreiche neue chemische Verbindungen in Laboratorien synthetisiert und z.T. massenweise in Produktionsstätten hergestellt worden. Viele von ihnen werden für die Fertigung einer breiten Palette von Industriegütern und anderen Erzeugnissen verwendet.

Es ist nicht bekannt, wie viele chemische Stoffe es gibt, doch 1981 wurde die EU gebeten, die zum damaligen Zeitpunkt im Handel erhältlichen Substanzen zu ermitteln. Im Ergebnis dieser Arbeit entstand das Europäische Altstoffverzeichnis (European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances - EINECS) mit 100 116 angemeldeten chemischen Verbindungen. Die Schätzungen zur tatsächlichen Zahl der derzeit gehandelten Stoffe bewegen sich zwischen 20 000 und 70 000 (Teknologi-Radet, 1996), und alljährlich kommen Hunderte von neuen Substanzen hinzu.

Ein erheblicher Teil der in Gebrauch befindlichen chemischen Stoffe gelangt in Konsumgüter und andere Erzeugnisse und von dort in die Umwelt. Viele sind nachweislich oder möglicherweise für die Umwelt und die menschliche Gesundheit gefährlich.

Einige der schwerwiegenden Gefahren, die in Verbindung mit der Herstellung und Verwendung von Chemikalien entstehen, beispielsweise Explosionen, Brände und akute Vergiftungen, sind gut bekannt (Kapitel 13), ebenso die Probleme im Zusammenhang mit dem Eintrag in Wasser (Kapitel 9 und 10), Luft (Kapitel 2, 3, 4, 5 und 12) und Boden (Kapitel 11) sowie der Entsorgung (Kapitel 7). Für eine geringe Zahl chemischer Stoffe liegen in hinreichendem Maße Kenntnisse über chronische (Langzeit-)Wirkungen auf die Gesundheit von Arbeitern in Produktionsanlagen und einigen anderen Tätigkeitsbereichen vor. Dagegen weiß man noch wenig darüber, welche Folgen die allgemeine Ausbreitung der meisten Chemikalien in der belebten Natur für Mensch und Umwelt nach sich zieht.

Seit die Umweltauswirkungen chemischer Stoffe in den 70er Jahren erstmals verstärkt in das Bewußtsein der Öffentlichkeit traten, haben die untersuchten Themen und die Art und Weise, in der sich Politik und Wissenschaft den wichtigsten Fragestellungen nähern, vielfältige Wandlungen durchlaufen. Einige davon sind in Tabelle 6.1 dargestellt. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber den 70er Jahren besteht in der stärkeren Beachtung von Konsumgütern, z. B. Nahrungsmitteln, die für die meisten Menschen die Hauptquelle einer Exposition gegenüber gefährlichen Stoffen bilden.

In diesem Kapitel geht es um die drängendsten Themen der neunziger Jahre, und es wird der Versuch unternommen, eine Antwort auf die vier Schlüsselfragen dieses Lageberichts zu finden:

1. Welche Entwicklungstendenzen zeigen sich bei der Herstellung chemischer Stoffe in Europa?
2. Wie gelangen sie in die Umwelt und reichern sich dort an?
3. Wie sehen ihre Folgen für Mensch und Umwelt aus?
4. Wie reagiert die Politik auf diese Auswirkungen?

Bei den Emissionsquellen spannt sich der Bogen in diesem Kapitel von der Herstellung bis hin zum Benutzer von Chemikalien. Zur Schilderung der Problematik und Lösungswege sind Beispiele aus zwei Gruppen gefährlicher Stoffe - Schwermetalle und persistente organische Schadstoffe - ausgewählt worden.

**Tabelle 6.1 Erforschte Themenkreise und Problembewußtsein auf dem Gebiet der chemischen Schadstoffe: 70er bis 90er Jahre**

70er Jahre	90er Jahre
Betrachtung einzelner Umweltmedien (vornehmlich Luft und Oberflächengewässer)	Betrachtung mehrerer Umweltmedien (wie Boden, Sediment und Grundwasser) im Zusammenhang
Punktquellen von Verunreinigungen, z. B. Schornsteine	diffuse Quellen, z. B. Landwirtschaft, Produkte, Waren
Umgebungskonzentrationen	Gesamtexposition über Nahrung, Luft, Wasser, Boden, Produkte
Arbeitsschutz	Verbrauchergesundheit, Zustand von Ökosystemen
lokaler bzw. regionaler Blickwinkel	internationaler bzw. globaler Blickwinkel
begrenzter, nicht quantifizierter wirtschaftlicher Schaden	erheblicher, quantifizierbarer wirtschaftlicher Schaden
Einzelwirkung, z. B. Leukämie	Mehrfachwirkung, z. B. Fortpflanzungsgefährdung
Betrachtung einzelner Stoffe	Betrachtung mehrerer Schadstoffe/Schadstoffgemische
Nachsorge	Umweltschonende Produktion und integrierte Vermeidung von Umweltverschmutzung, Lebenszyklusanalyse
Kennzeichnungs- und Gebrauchsanweisungen	Information der Öffentlichkeit über Freisetzungen und Übertragungen
Produktionsprozesse	Prozesse und Produkte
Verkauf chemischer Produkte ohne Folgeaktivitäten	Produkt-“Betreuung”; chemische “Dienstleistungen”
Spezielle Vorschriften	Ordnungsrahmen, Steuern, freiwillige Vereinbarungen, verantwortungsbewußtes Handeln usw.

**Quelle:** EUA-Erweiterung von Tabelle 3, S. 248 in Van Leeuwen et al. (1996).

## 6.2 Entwicklung der Produktion

Seit 1945 hat die chemische Industrie weltweit einen gewaltigen Aufschwung erlebt und 1995 einen Produktionsausstoß von über 400 Mio. t erzielt. Der Umsatz wurde für 1994 global auf 1 540 Mrd. USD geschätzt, wobei die Hälfte der Gesamtsumme auf die USA, Japan und Deutschland entfällt. Mit einem Anteil von 38 % am Weltumsatz ist Europa die international größte Chemieregion (Westeuropa zeichnet für 33 % verantwortlich), dicht gefolgt vom asiatisch-pazifischen Raum, wo u. a. Japan 31 % für sich verbuchen kann (UNECE, 1997).

Europa führte 1996 chemische Stoffe im Wert von 54,3 Mrd. ECU aus, davon für 19,5 Mrd. nach Asien, 5,7 Mio. nach Japan, 14,3 Mrd. in die USA, 5,9 Mrd. nach Lateinamerika und 8,9 Mrd. nach Osteuropa. Importiert wurden im gleichen Jahr Chemikalien im Wert von 22 Mrd. ECU (CEFIC, 1997). Bis 1993 wuchs die Branche mit dem gleichen Tempo wie das BIP, danach jedoch schneller (Abb. 6.1).

Im Gegensatz dazu kam es in den MOEL bei der chemischen Erzeugung nicht zu einem derartigen Boom, sondern - einhergehend mit dem drastischen Niedergang des BIP (von 1989 bis 1995 um 35 %) - zu schweren Einbrüchen. Seit 1993 indessen zeichnet sich bei der Produktionsmenge in einigen

Ländern dieser Region, so in Bulgarien, Kroatien, der Tschechischen Republik, Estland, Ungarn, Polen und Slowenien, ein Aufwärtstrend ab.

Hauptabnehmer von Chemikalien sind die chemische Industrie selbst, andere Zweige des verarbeitenden Gewerbes, namentlich die Gummi- und Kunststoffindustrie, die Dienstleistungsbranche und die privaten Haushalte als Endverbraucher (Abb. 6.2).

Die beiden wichtigsten Triebkräfte für dieses Wachstum in der Chemiebranche sind zum einen die Befriedigung der Nachfrage nach immer neuen Konsumerzeugnissen, auch unter Beteiligung innovativer Chemikalien, und zum anderen die Notwendigkeit, Einsatzmöglichkeiten und Absatzgebiete für die Produkte und Nebenprodukte der Ölindustrie zu erschließen, wofür wiederum die steigende Nachfrage nach Brennstoffen verantwortlich ist. So entstehen zum Beispiel in einer typischen Erdölraffinerie, in der etwa 2,5 Mio. t Öl pro Jahr verarbeitet werden, jährlich Tausende Kilogramm von Nebenprodukten wie Benzol, Ethylen und Propylen, die als Ausgangsstoffe für die Chemiebranche Verwendung finden (Friedlander, 1994). Ähnlich sind die Verhältnisse bei Chlor als Nebenprodukt der Natriumhydroxidproduktion und Cadmium als Nebenprodukt der Zinkraffination.

Da ein Großteil der chemischen Erzeugnisse den Charakter von Nebenprodukten hat, können die im Zusammenhang mit der Chemieproduktion stehenden Umweltprobleme nur mit Hilfe einer allumfassenden Bewertung von Wirkungen und Reaktionen zufriedenstellend in Angriff genommen werden. So bedeutet die Verminderung des Einsatzes eines toxischen Stoffes wie Cadmium in Batterien unter Umständen, daß für das Cadmium, das vorwiegend bei der Zinkgewinnung anfällt, neue Absatzmöglichkeiten gefunden werden müssen, soll es nicht als Abfall enden. Allerdings ist nicht auszuschließen, daß die Alternativen noch gravierendere Folgen für die Umwelt nach sich ziehen als Cadmiumbatterien (Stigliani und Anderberg, 1994).

### 6.3 Schwermetalle

Die gesundheitlich bedenklichsten Schwermetalle sind Cadmium, Quecksilber und Blei. Cadmium findet in Farben und Kunststoffen, aber auch in Batterien Verwendung. Quecksilber kommt in der zahnärztlichen Praxis und ebenfalls in Batterien zum Einsatz.

#### Abbildung 6.1 Chemieproduktion und BIP in Westeuropa

Index  
BIP EU (Index 1991=100)  
Chemieproduktion (Index 1990=100)

Quelle: CEFIC, 1996

#### Abbildung 6.2 Abnehmer für chemische Stoffe, 1991

Endverbrauch  
Dienstleistungsgewerbe  
Landwirtschaft  
Textil- und Bekleidungsindustrie  
Metallbranche, Maschinenbau und Elektrotechnik  
Bauwesen  
Automobilindustrie  
Papierindustrie  
Sonstige

Quelle: CEFIC, 1996

Beim Blei ist unter Umweltgesichtspunkten vor allem die Nutzung als Antiklopfmittel im Benzin von Bedeutung. Alle drei Stoffe sind für den Menschen giftig und können selbst bei natürlichen Belastungswerten die Gesundheit beeinträchtigen. Ihr gesundheitsschädigendes Potential kann als Folge einer Bioakkumulation noch zunehmen.

#### *Emissionen und Konzentrationen*

Ein Blick auf die in Abbildung 6.3 aufgeführten Schätzwerte für 32 Länder Europas verdeutlicht die bisherigen und prognostizierten Emissionen einiger Schwermetalle in die Luft. Modellrechnungen zu künftigen Emissionen gehen von einer fortschreitenden Einführung der besten verfügbaren Technik und der weiteren Verbreitung von bleifreiem Benzin aus. Die Cadmium- und Blei-Emissionen liegen derzeit um etwa 65 % unter dem Spitzenwert von 1965.

Atmosphärische Quecksilber-Emissionen stammen vorwiegend aus der Kohleverbrennung, aus Produktionsprozessen in der Zement- und Nichteisen-Metallindustrie sowie aus der Verbrennung von Siedlungsabfällen. Bei den mit Siedlungsabfällen entsorgten Produkten weisen Batterien, Leuchtstofflampen, Quecksilberthermometer und Amalgamabfälle aus Zahnarztpraxen den höchsten Quecksilbergehalt auf (Umweltbundesamt und TNO, 1997). Die in die Atmosphäre freigesetzte Gesamtmenge (siehe EMEP-Gebiet in der Karte 6.1) wurde für 1990 auf 462 t geschätzt, wovon 50 % auf die Energieerzeugung und 38 % auf industrielle Verursacher entfielen. Westeuropa ist für gut die Hälfte des Gesamtwerts verantwortlich, die MOEL und die NUS jeweils für ungefähr ein Viertel. Die Verteilungsmuster entsprechen annähernd der jeweiligen Siedlungsdichte.

In Abbildung 6.4 ist der Rückgang der Bleiemissionen im Ergebnis der zunehmenden Verwendung von bleifreiem Benzin dargestellt (siehe Abschnitt 4.6.2, Karte 4.7).

Schwermetalle werden über Ländergrenzen hinweg transportiert, bevor sie schließlich in Boden, Meeressedimente oder Biota gelangen. Die Karte 6.2 zeigt die Ablagerungsstrukturen von Cadmium in Nordeuropa anhand des Biomonitoring von Moosen. Cadmium wird in erster Linie aus diffusen Quellen abgegeben und breitet sich weiträumig aus. Im Gegensatz zu anderen Schwermetallen spielen Punktquellen dabei eine weniger gewichtige Rolle. Von Norden nach Süden ist ein Abfall der Konzentrationen mit gelegentlichen kritischen Punkten in Industriegebieten zu beobachten (Rühling, 1994).

Die europäischen Flüsse weisen mehrheitlich erhöhte Schwermetallkonzentrationen auf. Im Zeitraum 1991 bis 1993 war der Durchschnittswert verschmutzter Flüsse bei Cadmium etwa fünfzigmal, bei Blei neunmal, bei Chrom elfmal und bei Kupfer viermal so hoch wie der sauberer Flüsse (Tabelle 6.2). Allgemein sind die Konzentrationen seit 1985 rückläufig. Bei Cadmium ist dies in bestimmten Flüssen auf strengere Vorschriften zurückzuführen, bei anderen Metallen gelang dies in einer Reihe von Flüssen durch eine verbesserte Abwasseraufbereitung. Selbst in Flüssen, in denen eine Verbesserung der Situation eingetreten war, übertrafen die Konzentrationen die eines sauberen Flusses noch um das Fünffache.

**Abbildung 6.3 Geschätzte Luftemissionswerte einiger Schwermetalle in Europa, 1955-2010**

in kt  
Blei  
Zink  
in kt  
Arsen  
Calcium

Quelle: Pacyna, 1996

**Abbildung 6.4 Rückgang der Bleiemissionen aus Benzin, 1990-1996**

Norwegen  
Belarus  
Schweden\*  
Finnland  
Dänemark\*  
Deutschland\*  
Niederlande  
Slowenien  
Ukraine  
Estland  
Schweiz  
Georgien

VK\*  
Litauen  
Kroatien  
Bulgarien

**Hinweis:** \* Die Daten beziehen sich auf die Entwicklung im Zeitraum 1990-1995.

In der Türkei kam es im Zeitraum 1990-1996 zu einer Verdoppelung der Bleiemissionen.

**Quelle:** Dänisches Umweltamt, 1998

Da es schwierig ist, Grenzwerte festzulegen, bei deren Einhaltung keine Gesundheitsrisiken mehr bestehen, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen, ob die erreichten Verbesserungen ausreichen, um eine Erholung der betroffenen Ökosysteme zu gestatten (OECD, 1996).

### **Wirkungen**

Einige Bergwerke, Schmelzhütten und Industrieanlagen haben in ihrem Umfeld erhebliche Schwermetallkontaminationen verursacht. So sind beispielsweise die Schmelzhütten, die vor ungefähr 50 Jahren in der damaligen Sowjetunion errichtet wurden, heute Industriebrachen, in deren Nähe die Vegetation im Umkreis von bis zu 15 km weitgehend oder völlig zerstört ist. Noch in einer Entfernung von 200 sind Moose mit erhöhtem Nickel-, Kupfer- und Bleigehalt anzutreffen.

In der Murmansk Region dürfte die von den großen Hüttenwerken verursachte Kupfer- und Nickelbelastung der Oberflächengewässer den für Menschen zulässigen Höchstwert innerhalb eines Radius von 30 km deutlich überschreiten. Die Ökosysteme von mindestens fünf Gewässern sind in diesem Gebiet vollständig vernichtet.

Von Schwermetallen ausgehende Wirkungen auf Ökosysteme treten zumeist in der Nachbarschaft von Schmelzhütten, Abraumhalden und anderen Arten von kontaminiertem Gelände auf. Ob eine Auswirkung jedoch auf die Säurebelastung oder die Ablagerung von Schwermetallen zurückzuführen ist, läßt sich oftmals nur schwer feststellen.

Für großräumige Auswirkungen von Schwermetallen auf Waldökosysteme gibt es keine eindeutigen Belege.

### **Karte 6.1 Luftemissionen von Quecksilber, 1990**

Luftemissionen von Quecksilber

Emissionen in t

im EMEP-50-Raster

>2,0

1,0 - 2,0

0,1 - 1,0

0,01 - 0,1

< 0,01

**Quelle:** Umweltbundesamt und TNO, 1997

In der Humusschicht von 50 % der Waldböden Schwedens dagegen sind die Konzentrationen von Blei, Cadmium und Quecksilber seit der vorindustriellen Ära um den Faktor drei bis zehn gestiegen, wobei ein Süd-Nord-Gefälle festzustellen ist (Schwedisches Umweltamt, 1993).

Eine Überwachung der weitreichenden Folgen der Schwermetallbelastung für die Ökosysteme von Süßwasser und Küstengewässern findet kaum statt. Gleichwohl steht fest, daß zwischen der Problematik Säurebelastung und Eutrophierung einerseits und der Freisetzung von Schwermetallen in Binnengewässer und Küstengebiete andererseits ein Zusammenhang besteht.

### **Karte 6.2 Cadmiumgehalt von Moosen, Anfang der neunziger Jahre**

Calcium in Moosen

Cd in µg/g

über 0,8

0,7 - 0,8  
 0,6 - 0,7  
 0,5 - 0,6  
 0,4 - 0,5  
 0,3 - 0,4  
 0,2 - 0,3  
 unter 0,2  
 unbestimmt

**Quelle:** Rühling, 1994

Mit dem Absinken des pH-Werts von 7 auf 4 erhöht sich die Auswaschung von Mangan, Cadmium und Zink etwa um den Faktor zehn (Schwedisches Umweltamt, 1993a). Die Bioverfügbarkeit und Sedimentation dieser Metalle im Gewässer richtet sich nach dem Grad der Eutrophierung.

Hohe Schwermetallkonzentrationen können sich belastend auf Biota auswirken und diese anfälliger gegenüber Infektionen machen.

Die Quecksilberbelastung von Fischen liegt vor allem in Skandinavien über dem gesundheitsverträglichen Maß. In annähernd 40 000 schwedischen Seen dürfte der Hechtbestand mittlerweile so stark mit Quecksilber kontaminiert sein, daß der für die Verbrauchergesundheit vorgegebene Richtwert von 0,5 mg/kg überschritten wird. Auch der spürbare Rückgang der inländischen Emissionen in Schweden führte nicht zu einer Reduzierung dieser Quecksilberbelastung, vermutlich als Folge des Eintrags von Quecksilber aus anderen Quellen und örtlicher Auswaschung (Schwedisches Umweltamt, 1993a).

Eine gut dokumentierte Auswirkung einer toxischen Chemikalie auf marine Ökosysteme ist die bei Austern und Wellhornschnecken beobachtete Wirkung von Tributylzinn (TBT). In den achtziger Jahren wurden an verschiedenen Orten Austern mit Anzeichen von Wachstumsanomalien (beispielsweise Schalenverdickung) sowie viele Gastropoden entdeckt, die an Impossex litten (d.h. die Ausbildung männlicher Geschlechtsorgane in Weibchen). Die Austern und Gastropoden mit diesem Symptomen stammten aus Lebensräumen in der Nähe von Schiffs- und Jachthäfen und wiesen in ihren Geweben einen hohen Zinngehalt auf, dessen Ursprung in anwuchsverhindernden Anstrichfarben lag. Eine Erhebung zu Ausmaß und Schwere des durch TBT hervorgerufenen Impossex ergab eine ausgedehnte Verbreitung dieser Wirkungen entlang der britischen Küsten (Umweltagentur des Vereinigten Königreichs, 1996).

**Fazit**

Durch die Einführung von bleifreiem Benzin, die Optimierung der Abwasserbehandlung und der Verbrennungsanlagen, die Anwendung umweltfreundlicherer Technologien in der Metallindustrie und den verminderten Einsatz von Cadmium und Quecksilber in ortsfesten Quellen gehen die Schwermetallemissionen zurück. Bei diffusen Emissionen von Cadmium und Quecksilber ist die Situation schwieriger in den Griff zu bekommen und nach wie vor problematisch. Kämen die verfügbaren Technologien in allen Ländern zum Einsatz, ließen sich weitere bedeutende Verbesserungen erzielen. Auswirkungen auf marine Ökosysteme, die Möglichkeit einer Biokonzentration und die in einigen Gebieten nachgewiesenen hohen Konzentrationen lassen es geboten erscheinen, den möglichen Folgen von Schwermetallen für die menschliche Gesundheit auch weiterhin Beachtung zu schenken.

**Tabelle 6.2      Durchschnittswerte von 1995 für einige Metalle in Flußwasser, in µg/l**

	<u>Cadmium</u>	<u>Blei</u>	<u>Chrom</u>	<u>Kupfer</u>
<b>Verhältnismäßig saubere Flüsse</b>				
Finland	0,03	0,1	0,5	0,7
Luxemburg	0,1	5,8	1,0	2,5



Schweden	0,01 - 0,02	0,3	-	1,5 - 1,9
Schweiz	0,02 <sup>1</sup>	1,3 <sup>3</sup>	0,5 <sup>1</sup>	1,3 <sup>3</sup>
<b>Verhältnismäßig verschmutzte Flüsse</b>				
Portugal	5,0 <sup>2</sup>	30 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	5,0 <sup>2</sup>
Spanien	1,3	14 <sup>1</sup>	5,0 <sup>1</sup>	5 - 10 <sup>1</sup>
Polen	0,2	3 - 9	7,81	4

<sup>1</sup> Die Angaben beziehen sich auf 1993. <sup>2</sup> Die Angaben beziehen sich auf 1992. <sup>3</sup> Die Angaben beziehen sich auf 1994.  
**Quelle:** OECD, aktualisiert 1997

#### 6.4 Persistente organische Schadstoffe

Persistente, d.h. schwer abbaubare organische Schadstoffe (POP - siehe Tabelle 6.3) sind infolge ihrer weitverbreiteten Verwendung und Ausbreitung durch Winde und Meeresströmungen wie auch durch Biota auf dem gesamten Erdball anzutreffen und können sich im Gewebe von Menschen und Tieren anreichern. Manche POP entstehen als unerwünschte Nebenprodukte und können nur schwer nachgewiesen und unter Kontrolle gebracht werden. Andere werden eigens für die Schädlingsbekämpfung oder für industrielle Zwecke produziert. Bei einigen Substanzen wurde die Herstellung und Nutzung zwar in Westeuropa eingestellt, nicht aber in einer Reihe von Entwicklungsländern. Davon können Gefahren für die Biosphäre ausgehen, und zwar nicht nur in diesen Ländern, sondern über den Warenverkehr und die globale Ausbreitung auch in Europa und der Arktis.

Um Klarheit über die weiträumige und grenzüberschreitende Bewegung und Anreicherung von POP in der Umwelt zu gewinnen, sind Kenntnisse über die regionalen und globalen Klimaunterschiede erforderlich, die zur "globalen Destillation" beitragen. So sind zum Beispiel die atmosphärischen Konzentrationen von DDT und DDE, Lindan und anderen Pestiziden zuweilen in Gebieten, in denen sie kaum eingesetzt werden, höher als in tropischen Ländern, wo sie zur Schädlingsbekämpfung weiträumig zur Anwendung kommen (Wania and McKay, 1996). Einige Gebiete können alternierend als Senken und Quellen für POP fungieren. So werden POP beispielsweise im Wechsel der Jahreszeiten in den Großen Seen Nordamerikas abgelagert und von dort aus wieder freigesetzt (CCEC, 1997). Dies gilt möglicherweise auch für die Ostsee.

#### *POP in der Meeresumwelt*

Weltweit finden sich zahlreiche Beispiele für hohe Konzentrationen von POP in der Meeresumwelt.

**Tabelle 6.3 Einige persistente organische Schadstoffe**

Kurzbezeichnung	Verbindung	Anwendungsgebiete
PAH	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	in Rohöl - aus der unvollständigen Verbrennung von Brennstoff und Holz - Kreosot Holzschutzmittel - Kohlentee
PAC	polycyclische aromatische Verbindungen	heterocyclische aromatische Verbindungen, Derivate von PAH (wie Nitro-, Chlor- und Brom-PAH)
HAC	halogenierte aliphatische Verbindungen	flüchtige halogenierte Lösungsmittel, z. B. Tri- und Tetrachlorethylen und EDC-Teer
CP	Chlorparaffine	C10-C30-Alkane mit einem Chlorgehalt von 30 - 70 %

PCB	polychlorierte Biphenyle	mehr als 200 verschiedene Substanzen als Dielektrika in Kondensatoren und Transformatoren, in Kabeln, als Weichmacher, Ölzusatzmittel, Anstrichmittelzusätze, für selbstdurchschreibendes Papier, Hydraulikfluids
PBB	polybromierte Biphenyle Diphenylether	Gewinnung von Zwischenprodukten für die chemische Industrie. Bromierte Flammschutzmittel.
PCN	(poly)chlorierte Naphthalene	Dielektrika in Kondensatoren, Flammschutzmittel, Ölzusatzmittel, Holzschutzmittel, Pestizide, unerwünschte Verbrennungsprodukte
PCDE	polychlorierte Diphenylether	Nebenprodukte von PCP, PCB-Ersatzstoffe, Pestizidzusatzstoff
PCS	polychlorierte Styrole	Nebenprodukte chemischer Prozesse
PCT	polychlorierte Terphenyle	Ersatzstoffe für PCB
ACB	alkylierte Chlorbiphenyle	Ersatzstoffe für PCB
PCP	Pentachlorphenol	Fungizide, Bakterizide, Holzschutzmittel
	Chlorguajacol	Nebenprodukt der Zellstoffbleiche
PCDD/F	polychlorierte Dibenzo- <i>p</i> -dioxine/ Dibenzofurane	mehr als 200 Substanzen; unerwünschte Nebenprodukte bei verschiedenen chemischen Verfahren, Verunreinigungen in PCB-Öl und in Chlorphenolprodukten (Phenoxy-Herbizide), Verbrennungsprodukte (Verbrennungsanlagen), Chlorbleiche in der Papierherstellung.
PAE	Phthalsäureester (Phthalate)	Weichmacher in Polymeren (PVC), Anstrichmittelzusatzstoffe, Lacke, kosmetische Mittel, Schmierstoffe
Antifouling-	organometallische Verbindungen	vorwiegend mit Quecksilber, Blei und Zinn, Quecksilber in Anstrichstoffen, Samenbeizmittel, Antischleimmittel, Blei in Benzin, Zinn in Mitteln für Schiffe
DDT	4,4'-Dichlordiphenyl-trichlorethan	Insektizid, in tropischen Entwicklungsländern nach wie vor in Gebrauch
DDE	4,4'-Dichlordiphenyl-dichlorethen	Abbauprodukt von DDT
HCH	Hexachlorcyclohexan	Insektizid; mehrere schwer abbaubare Isomere, Gehalt von 1- 90 % in Lindan (Gamma-Isomer).
Cyclodiene	Aldrin, Endrin, Dieldrin, Endosulfan, Chlordan, Heptachlor	Pestizide
PCC	polychlorierte Camphene	Pestizide, z. B. Toxaphen, Camphechlor
NPN	Nonylphenol	stabiles Abbau-Zwischenprodukt von Nonylphenoethoxylat (NPEO) in Reinigungsmitteln

---

**Anmerkungen:** Der Einsatz des Pestizids DDT und seiner Abbauprodukte DDE, Lindan, Aldrin, Dieldrin und Endrin ist verboten oder eingeschränkt. Desgleichen sind Anwendungsbeschränkungen für PCB, PBB (Hexabrombiphenyl), PCT, PCP, PCCD/F und PCC beschlossen worden. Aldrin, Chlordan, DDT, Dieldrin, Endrin, Mirex, Pentachlorphenol (PCP), Toxaphen, Dioxine, Furane, Hexabrombiphenyl, HCB, PAH und PCB sowie kurzkettige chlorierte Paraffine sind Bestandteil des Protokolls über persistente organische Schadstoffe im Rahmen des Übereinkommens der UN-Wirtschaftskommission für Europa über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung.

**Quelle:** Schwedisches Umweltamt, 1993b

In bezug auf die Nordsee beispielsweise (Greenpeace, 1993) wurde folgendes festgestellt:

- In der Leber von Fischen sind im südlichen Teil der Nordsee hohe Konzentrationen von Chlorkohlenwasserstoff-Pestiziden und PCB nachgewiesen worden, allerdings mit offenbar abnehmender Tendenz. Im Zeitraum 1987 bis 1991 ging die Konzentration von PCB 153 in Kabeljauleber von 1 100 mg/kg auf 470 mg/kg zurück.
- Die PCB-Belastung von Aalen in Rhein und Mosel lag über dem Toleranzwert für Lebensmittel. Trotz der Einstellung der PCB-Produktion ist eine spürbare Abnahme der Werte noch nicht erkennbar.
- Die Lindankonzentrationen sind am höchsten im Küstenstreifen von Südengland bis Norwegen, jedoch in der gesamten Nordsee nachweisbar. Lindan ist in Sedimenten gefunden worden, wobei vor allem die hohe Belastung im Skagerrak auffällt.

Ein Vergleich der Schadstoffkonzentrationen im Unterhautfettgewebe von drei Robbenarten aus der Ostsee, dem Skagerrak, dem Kattegat und der Nordsee ergab, daß die PCB-Belastungen bei Seehunden in der Ostsee doppelt so hoch waren wie im Skagerrak, während der Gehalt von DDT (d.h. der Summe aus DDT, DDE und DDD) bei den Ostseerobben etwa viermal so hoch war wie im Skagerrak. Ringelrobben aus der Ostsee waren mit PCB in gleicher Höhe, mit DDT jedoch dreimal so hoch belastet wie die Seehunde aus dem Skagerrak. Die Spitzenwerte für PCB wie für DDT fanden sich bei Kegelrobben aus dem Ostseeraum (Abbildung 6.5). Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit früheren Studien offenbart einen erheblichen Rückgang der DDT-Belastung seit Anfang der siebziger Jahre. Bei Ringelrobben hat sich sowohl der DDT- als auch der PCB-Gehalt verringert. Gleichwohl unterschreiten die in Nordostschottland ermittelten Werte die der Ostsee um den Faktor 10 (Blomkvist et al. 1992).

Mit den POP-Konzentrationen in der Meeresumwelt Europas beschäftigt sich Kapitel 10, Abschnitt 10.3.2. Seit 1967 wurden an mehr als 40 unterschiedlichen Standorten im Ostseeraum Beobachtungen durchgeführt, die sich über eine Phase der breiten Anwendung von POP, eine anschließende Periode internationaler Regelungen und Maßnahmen zum Schutz der Umwelt und eine daraufhin einsetzende Erholungsphase erstreckten (Bignert, 1997). Aus ihnen geht hervor, daß die DDT-Werte in Meerestieren zwischen 1968 und 1996 um annähernd 11 % jährlich zurückgingen. Bei PCB verlief die Abwärtskurve weniger steil, was vermutlich auf PCB-Auswaschungen zurückzuführen ist. In Abbildung 6.6 ist diese Entwicklung am Beispiel der Eier von Trottellummen dargestellt. Einzelne Populationen gefährdeter Arten, z. B. von Ottern im skandinavischen und arktischen Raum, haben sich - entsprechend der verminderten POP-Rückstandsmengen im Fettgewebe - wieder erholt (AMAP, 1997).

Maßgeblich für die POP-Anreicherungsrate in unterschiedlichen Arten ist zum Teil der Prozeß der Biomagnifikation, der von den Ernährungs- und Futtergewohnheiten abhängt. Eine Biomagnifikation von PCB, DDT und anderen POP in der Nahrungskette ist in vielen Teilen der Welt festgestellt worden, so in den Großen Seen in Nordamerika (60er Jahre) und in der Ostsee (70er Jahre). Auch bei Säugetieren der europäischen Arktis ließ sich eine Biomagnifikation von PCB und DDT nachweisen. Sehr hohe Rückstandsmengen von PCB und DDT fand man beim Eisbären, der den Endpunkt der Nahrungskette bildet (EUA, 1996).

Die Donau mit ihrem ausgedehnten Delta gehört zu den weltweit bedeutendsten Nistgebieten für eine Vielzahl von Wasservögeln.

**Abbildung 6.5 Organische Umweltgifte im Unterhautfettgewebe von Robben, Ende der achtziger Jahre**

Ostsee  
Kegelrobbe

Kalmarsuno (Ostsee)  
Seehund

Ostsee  
Ringelrobbe

Kattegat  
Seehund

Skagerrak  
Seehund

Nordöstl. schottische Gewässer  
Kegelrobbe

**Quelle:** Blomkvist et al. 1992

**Abbildung 6.6 DDT und PCB in Eiern von Trottellummen, 1969-95**

µg/g Fettgewebe

**Quelle:** Bignert et al., aktualisiert 1997

**Tabelle 6.4 Chlorkohlenwasserstoffe in Eiern von Wasservögeln aus dem Donaudelta**

Ernährung PCB	Art	HCB	Lindan	sDDT	
g/g Trockensubstanz					
Primärkonsument	Wildente	0,18	0,27	1,27	0,98
Sekundärkonsument 2,40 (Wirbellose)	Sichler	0,16	0,28	4,00	
Sekundärkonsument 2,04 (Wirbellose und Fische)	Graureiher	0,17	0,65	7,35	
	Nachtreiher 2,33	0,19	0,52	6,25	
Tertiärkonsumenten 14,95 (Fische)	im Delta	Zwerg- scharbe	0,47	0,46	19,31
	an der Oberfläche 5,38	Weißer Pelikan	0,32	1,15	18,75
	Gemeiner Kormoran	Gemeiner 1,30 Kormoran	2,01	59,9	23,6

**Quelle:** Walker and Livingstone, 1992

Eine UNDP/UNEP-Studie zeigte am Beispiel des Prozesses der Biomagnifikation erhöhte Konzentrationen ausgehend von Primärkonsumenten, z. B. Wildenten, über Sekundärkonsumenten, die sich wie die Fischreier von Fisch ernähren, bis hin zu den Tertiärkonsumenten, beispielsweise Kormorane und Pelikane, bei denen Fisch die einzige Nahrungsquelle bildet (Walker and Livingstone, 1992) (siehe Tabelle 6.4).

#### **Folgen von POP für die Umwelt**

Zu den ökotoxikologischen Wirkungen von POP existiert ein umfangreicher Bestand an Daten und Kenntnissen. In Tabelle 6.5 sind diese Wirkungen insbesondere auf der Basis von Beobachtungen im Einzugsbereich der Ostsee überblickartig dargestellt.

Der wichtigste dokumentierte Effekt von POP besteht offenkundig in deren Einfluß auf die Fortpflanzungsfähigkeit. Der Bericht des schwedischen Umweltamts enthält eine Zusammenfassung von Reproduktionsstörungen in verschiedenen Fischarten des Ostseeraums. Ferner besteht der Verdacht auf einen Zusammenhang zwischen POP und Reproduktionsstörungen bei Vögeln und Meeressäugetieren, wie Robben und Delphinen, die in der marinen Nahrungskette an letzter Stelle stehen. Beispielhaft für derartige Störungen ist die vermutlich auf toxische Effekte zurückzuführende Uterusverengung bei Robben, bei der zwischen 1965 und 1979 eine spürbare Zunahme erkennbar war, der eine teilweise Erholung folgte (Abb. 6.7). Ein ähnlicher Effekt trat auch bei Kegelrobberpopulationen in stark belasteten Gebieten der Irischen See (Baker, 1989) und des niederländischen Wattenmeers auf (Reijnders, 1986).

In den Jahren 1990 und 1991 kam es im Mittelmeer zu einem Massensterben von Streifendelphinen. Hauptursache war eine Virusinfektion, doch spielten auch die extrem hohen Konzentrationen von PCB im Unterbauchfettgewebe und in der Leber eine Rolle. Aller Wahrscheinlichkeit nach führten die PCB

zu einer Schwächung der Widerstandskraft der Tiere gegenüber Virusinfektionen und Ektoparasiten (Aguilar and Borrell 1994, Borrell et al. 1996).

Bei einer Untersuchung der Embryonen von Fischen, die auf dem Meeresboden der Nordsee leben, zeigten sich Fehlbildungsquoten von 30 % im inneren Teil der Deutschen Bucht, die zur Küste hin auf 9 % sanken, aber an der entfernter gelegenen Doggerbank, die offenbar als Senke für anthropogene Substanzen wirkt, wieder auf 31 % stiegen (Stebbing et al. 1992).

**Abbildung 6.7 Uterusverengung bei Ostseerobben, 1965-95**

Anteil aller Weibchen (in %) je Altersgruppe  
 Alter der weiblichen Robben  
 5 - 10 Jahre  
 11 - 20 Jahre  
 über 20 Jahre

Quelle: Helle, 1997

**Tabelle 6.5 Ökologische Folgen und mögliche Verursachersubstanzen**

Der Zusammenhang/die kausale Beziehung wird nach folgender Skala bewertet: 1 = kein erkennbarer Zusammenhang, 2 = angenommener Zusammenhang, 3 = geringer Zusammenhang, 4 = deutlicher Zusammenhang, 5 = signifikanter Zusammenhang.

Beobachtung/Folgen	Sensible Arten	Substanz	Zusammenhang/ kausale Beziehung
Großflächig			
Dünnere Eierschalen	Trottellumme, Adler, Fischadler, Wanderfalke	DDT	5
Reproduktion	Robbe, Otter	PCB	4
Skelettdeformationen	Kegelrobbe	DDT, PCB	2
Pathologische Veränderungen	Robbe	PCB, DDT, Metaboliten	3
Reproduktion	Nerz	PCB	5
Reproduktionsstörungen	Fischadler	DDT, PCB	4 - 5
Reproduktionsstörungen	Adler	DDT, PCB	2 - 3
Reproduktion (M74)	Lachs	chlorierte Substanzen	2
<i>Großflächig - Zellstoff- und Papierindustrie</i>			
Induktion von Stoffwechsel- enzymen	Barsch	chloriert/ unchloriert organisches Gemisch/ PCCD/F	3

<i>Örtliche/regional - Zellstoff- und Papierindustrie</i>			
Induktion von Stoffwechself-enzymen	Barsch	chloriert/ unchloriert organisches Gemisch/ PCCD/F	3 - 4
Wirbelsäulen- fehlbildungen	Vierhörniger Seeskorpion	chloriert/ unchloriert organisches Gemisch	3 - 4
<b>Örtlich, Forstwirtschaft</b>			
Induktion von Stoffwechself-enzymen	Barsch	chloriert/ unchloriert organisches Gemisch/ PCCD/F	4 - 5
Wirbelsäulen- fehlbildung	Vierhörniger Seeskorpion	chloriert/ unchloriert organisches Gemisch	4 - 5
Larvenschädigung	Seemuschel	chloriert/ unchloriert organisches Gemisch	3

**Quelle:** Schwedisches Umweltamt, 1996

### **POP in Frauenmilch**

Einige POP wie PCB, DDT und Dioxine reichern sich im menschlichen Fettgewebe an und werden vorwiegend mit der Frauenmilch wieder ausgeschieden. Daher können Stoffe, die für Säugetiere hochgradig toxisch sind, z. B. polychlorierte Dibenzo-*p*-dioxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF), für gestillte Kinder ein großes Problem darstellen. In einer WHO-Studie wurde festgestellt, daß die PCDD- und PCDF-Werte in Frauenmilch gegenwärtig allgemein nicht ansteigen. In einigen Ländern ist - gemessen am Stand von 1988 - ein Rückgang zu verzeichnen, stellenweise sogar um bis zu 50 % (Abb. 6.8).

Die Schadstoffkonzentrationen fallen je nach Land und Zeitpunkt unterschiedlich hoch aus. Einige der aufgetretenen Schwankungen haben ihre Ursache auch in unterschiedlichen Probenahme- und Analyseverfahren. Weitere Faktoren sind u. a. der Fettgehalt der Milch, das Alter der Mutter, Ernährungsgewohnheiten und berufliche Tätigkeit. Frauenmilch ist zehnmal stärker mit POP belastet als Kuhmilch oder Milchersatz. Abbildung 6.9 zeigt den mittleren DDT- und DDE-Gehalt in Frauenmilchfett für eine Reihe europäischer Länder. In aller Regel weisen Proben aus Ländern, in denen schwer abbaubare Pestizide noch verwendet werden oder in jüngster Vergangenheit zum Einsatz kamen, höhere DDT-Konzentrationen auf (Jensen, 1996).

Dioxine zählen zu einer Stoffgruppe, die mit verschiedenen Wirkungen in Zusammenhang gebracht werden kann. Der Schwellenwert für entwicklungs-, nerven-, verhaltens- und reproduktionsschädigende Folgen kann bei bestimmten Bevölkerungsgruppen noch im Bereich der aktuellen natürlichen Belastung des menschlichen Körpers liegen. In jedem Fall aber sollte - vor dem

Hintergrund der WHO-Studie - das Stillen wegen seiner allgemeinen Vorteile für die Gesundheit und Entwicklung der Säuglinge unterstützt werden.

### **Fazit**

Viele Anzeichen sprechen dafür, daß im Ergebnis eines allgemeinen Rückgangs bei Produktion und Verwendung inzwischen weniger POP freigesetzt werden, doch läßt sich diese Annahme in Ermangelung gesamteuropäischer Daten nicht belegen. Eine 1990 durchgeführte Bestandsaufnahme des PCB-Ausstoßes in die Luft ist erst vor kurzem fertiggestellt worden. Sie lieferte die Basisdaten für die Karte 6.1. Von den 119 t PCB-Gesamtemissionen (bezogen auf das in der Karte dargestellte EMEP-Gebiet) stammen 80 % von Verursachern in Westeuropa und 94 % aus Quellen, die in Verbindung mit elektrischen Geräten und Anlagen stehen. Über die Emissionen in Wasser liegen keine Angaben vor.

Nach wie vor sind im größten Teil der Arktis, im Ostseeraum und in anderen Gebieten Rückstände der einst weltweit eingesetzten POP zu finden. Allein bei DDT kamen im Zeitraum von 1948 bis 1993 2,6 Mio. t zur Anwendung. PCB wurden vielfach für Transformatoren und Kondensatoren in militärischen Radarstationen und zur Notstromversorgung in Kriegszeiten verwendet, wobei PCB-haltige Flüssigkeit in die Umwelt gelangte. Andere Quellen aus der Vergangenheit sind Leckagen von Transformatoren, Hydraulik- und Bohrflüssigkeiten von Bergwerken und Ölplattformen sowie Deponien, in die PCB-haltige Abfälle verkippt wurden (AMAP, 1997). Angesichts der Persistenz von POP in der Umwelt darf dieses Problem auch künftig nicht vernachlässigt werden (siehe Abschnitt 6.5).

## **6.5 Auswirkungen von chemischen Stoffen auf die menschliche Gesundheit**

Eine Vielzahl der synthetisch hergestellten Chemikalien kommt in geringen Konzentrationen in der gesamten Umwelt vor, doch ist es - mit Ausnahme einiger berufsbedingter Expositionen und unfallbedingter Freisetzungen - sehr schwierig herauszufinden, wie sich auf die menschliche Gesundheit auswirken.

### **Abbildung 6.8 Dioxinkonzentrationen in Frauenmilch, 1988/93**

Belgien - Lüttich  
Belgien - Brüssel  
Niederlande- 17 Einzelproben  
Finnland - Helsinki  
Belgien - Brabant  
Vereinigtes Königreich - Birmingham  
Deutschland- Berlin  
Vereinigtes Königreich - Glasgow  
Dänemark - 7 verschiedene Städte  
Kroatien - Zagreb  
Norwegen - Skien/Porsgrunn  
Finnland - Kuopio  
Österreich- Tulln  
Österreich- Wien  
Norwegen - Tromsø  
Norwegen - Hamar  
Ungarn - Budapest  
Kroatien - Krk  
Ungarn - Szentes

**Quelle:** WHO, 1996

### **Abbildung 6.9 Mittlerer DDT- und DDE-Gehalt in Frauenmilch in europäischen Ländern**

Türkei 1987  
Italien 1984  
Frankreich 1980  
Tschechoslowakei 1989



Polen 1986  
Kroatien 1991  
Deutschland 1986  
Norwegen 1988  
Niederlande 1988  
Finnland 1988  
Dänemark 1987  
Spanien 1991  
Schweden 1988

**Anmerkung:** Die Anzahl der Einzelpersonen, von denen die Proben stammen, ist in Klammern angegeben. **Quelle:** Jensen, 1996

### Karte 6.3 Atmosphärische Emissionen von PCB, 1990

1 : 30 000 000

Atmosphärische Emission von PCB

	Emission in t im EMEP-50-Raster
> 0,5	0,01 - 0,05
0,05 - 0,5	0,001 - 0,01
	< 0,001

**Quelle:** Umweltbundesamt und TNO,

Die Ursache dafür liegt im wesentlichen darin, daß die Menschen auf verschiedenen Wegen (Luft, Wasser, Nahrung, andere Konsumgüter usw.) einer Fülle unterschiedlicher Substanzen und ihrer Abbauprodukte ausgesetzt sind. Ebenso kann ein gesundheitlicher Effekt aus einer Exposition gegenüber natürlichen, in der Umwelt vorkommenden Stoffen resultieren. Hinzu kommt, daß zwischen der Expositionen gegenüber chemischen Stoffen, der Beobachtung möglicher schädlicher Wirkungen und der Herstellung kausaler Zusammenhänge sowohl zeitlich als auch erkenntnismäßig zumeist eine große Lücke klafft (Kasten 6.1).

Zwar bietet der menschliche Stoffwechsel viele Transportmöglichkeiten für chemische Schadstoffe, doch landet der überwiegende Teil der chemischen "Fracht" nur an einigen wenigen Zielorten, z. B.:

- in der *Leber*, deren komplexe Enzymsysteme die Aufgabe haben, Stoffe zu entgiften, wo jedoch auch beispielsweise aus Substanzen wie den PAH hochreaktive freie Radikale mit krebserzeugendem Potential entstehen können;
- in *Zellmembranen*, wo sich lipophile (fettlösliche) Stoffe ansammeln und die Funktionen der Zelle hemmen können;
- im *Hormonsystem*, das mit Hilfe endokriner und anderer Mechanismen zahlreiche Regulationssysteme im Körper steuert, darunter auch das der Reproduktion;

### Kasten 6.1: Zusammenhang und Kausalität

Bisweilen ist es recht einfach aufzuzeigen, daß zwischen einer Maßzahl für Gesundheitsstörungen, z.B. der Zahl der stationären Behandlungsfälle pro Tag, und einer möglichen Ursache, z.B. den täglichen Schwankungen der Konzentration von Schadstoffen in der Luft, ein Zusammenhang besteht. Um den Nachweis einer kausalen Beziehung zu führen, sind eine Reihe von Leitlinien bzw. Untersuchungen erarbeitet worden. Dazu zählen die inhaltliche Kontinuität der Ergebnisse verschiedener Studien, die Art und Weise, in der die Resultate einzelner Studien zusammenpassen (Kohärenz), das Vorhandensein einer Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen dem vermuteten auslösenden Faktor und der Wirkung sowie die Frage, ob die Abfolge der Ereignisse einen Sinn ergibt, d.h. ob dem Effekt stets die Ursache vorausgeht.

In vielen Fällen ist ein Kausalnachweis sehr schwer zu erbringen, doch häufig besteht - bei Zugrundelegung dieser und anderer Kriterien - die Möglichkeit einer sachkundigen Beurteilung der

Frage, ob die Wahrscheinlichkeit eines kausalen Zusammenhangs gegeben ist. Werden schwerwiegende und/oder irreversible Folgen vermutet, dann genügen unter Umständen wie beim Vorsorgeprinzip bestimmte Anhaltspunkte, um Handlungen zur Beseitigung oder Verminderung der wahrscheinlichen Ursachen zu rechtfertigen. (WHO ECEH und EUA, 1996)

### Kasten 6.2: Die Wirkung von Umwelteinflüssen auf die menschliche Gesundheit

Dieser Überblick über Gesundheitsprobleme, die auf Chemikalien und Schadstoffe zurückgeführt werden können, fußt auf einer mechanistischen toxikologischen Forschung und umweltbezogenen Epidemiologie bei zumeist hoher Exposition. Dabei schwankt der Grad der Bestätigung von bekannten Kausalbeziehungen zwischen Strahlung und Krebs bis hin zu Zusammenhängen im Bereich der chemischen Sensibilität. Darüber hinaus verdeutlicht die Tabelle, daß es notwendig ist zu untersuchen, in welchem Maße ein chemischer Stoff an einer Gesundheitsstörung oder gar an einer Erkrankung beteiligt ist, diesen Anteil zum Beitrag anderer ursächlicher Faktoren ins Verhältnis zu setzen und die Beteiligung unterschiedlicher Expositionspfade zu prüfen. Der überwiegende Teil der schädlichen Effekte entsteht aus dem Zusammenwirken vieler Ursachen, z. B. Erbanlagen, Lebensführung, Strahlung, Nahrung, Pharmazeutika, Chemikalien (synthetische wie natürliche), Rauchen und Luftverschmutzung, darunter Expositionen in Innenräumen und im Freien. Nicht zuletzt spielt auch die Berücksichtigung besonders anfälliger Bevölkerungsgruppen wie älterer Menschen, Kindern und Kranken eine wichtige Rolle.

Gesundheitsstörung	Sensible Gruppe	Auslösende Chemikalien/Schadstoffe
Krebserkrankungen	vor allem ältere Menschen und Kinder (Leukämie)	Asbest PAH Benzol einige Metalle Radon natürliche Toxine endokrin wirksame Chemikalien
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	vor allem ältere Menschen	Kohlenmonoxid Arsen Blei Cadmium Kobalt
Atemwegs-Erkrankungen	Kinder Asthmatiker	inhalierbare Partikel Schwefeldioxid Stickstoffdioxid Ozon Kohlenwasserstoffe Lösungsmittel Terpene
Allergien und Überempfindlichkeitsreaktionen	Kinder	Partikel Ozon Nickel Chrom
Reproduktion	Föten, Kleinkinder	PCB DDT Phthalate Blei Quecksilber sonstige endokrin wirksame Stoffe
Störungen des Nervensystems	Föten, Kinder	Methylquecksilber Blei Mangan

		Aluminium organische Lösungsmittel
Osteoporose	ältere Menschen	Blei Cadmium Aluminium Selen
Chemische Sensibilität	30-40jährige?, Frauen?	Lösungsmittel?, Pestizide?, Medikamente?

**Quelle:** EUA, auf der Basis des Berichts über Umwelt und Volksgesundheit des schwedischen Umweltamts; WHO Concern for tomorrow; Environmentally-mediated intellectual decline, Universität Cambridge, 1996 und Environmental Health Perspectives Supplement Chemical Sensitivity, aktualisierte Fassung von 1997

- im *Immunsystem*, das den Körper gegen Eindringlinge von außen schützt, wobei es unter Umständen überempfindlich reagiert und dabei allergische Reaktionen hervorruft.

Zu den gesundheitlichen Folgen einer Umweltverschmutzung durch chemische Stoffe zählen Krebs, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Atemwegserkrankungen, Allergien und Überempfindlichkeitsreaktionen, Reproduktionsstörungen, Osteoporose und Erkrankungen des zentralen und peripheren Nervensystems. Kasten 6.2 gibt einen Überblick über aktuelle Erkenntnisse zu gefährdeten Gruppen, kausalen und umweltbedingten Faktoren sowie zu den chemischen Schadstoffen, die möglicherweise zu Gesundheitsstörungen beitragen.

Atemwegserkrankungen und Allergien, allen voran Asthma, Bronchitis, Emphyseme und Rhinitis, sind seit einigen Jahrzehnten in Europa auf dem Vormarsch. Beteiligt sind daran auch chemische Schadstoffe, insbesondere aus der Luft (Europäische Kommission, KOM( 97) 266 endg.).

In zahlreichen Ländern kommt es zu einem vermehrten Auftreten von Hoden- und Brustkrebskrankungen. Bei verschiedenen Untersuchungen in den Industriestaaten wurde eine qualitative Verschlechterung des männlichen Spermias ausgemacht. Über die Gründe für diese Tendenzen herrscht weitgehend Unklarheit, doch könnten Veränderungen in Umwelt und Lebensführung verantwortlich sein (EU, WHO-ECEH und EUA, 1996, der Weybridge Report, siehe Kasten 6.3). Zu den Schadstoffen, die sich auf die Fortpflanzungsfähigkeit und die Nachkommenschaft auswirken können, zählen Metalle (Blei und Methylquecksilber), Lösungsmittel, Pestizide sowie PCB, DDT und andere Substanzen, die die Plazentarschranke passieren und in die Muttermilch übergehen können. Diese Stoffe können die geistige und körperliche Entwicklung ebenso wie das Wachstum von Fötus und Säugling beeinflussen. Es besteht die Möglichkeit eines Zusammenhangs zwischen der Exposition gegenüber endokrin wirksamen Chemikalien in der frühen Phase der Fötalentwicklung und Veränderungen der Reproduktionsfähigkeit erwachsener Männer. In verschiedenen Studien an wildlebenden Tieren zeigten sich Auswirkungen auf die reproduktive Gesundheit, die sich in einen Zusammenhang mit der Exposition gegenüber endokrin wirksamen Stoffen wie bestimmten PCB bringen lassen.

Neurotoxische Effekte gewinnen an Bedeutung, doch mit den derzeit vorliegenden Risikobewertungen lassen sich die Gefahren einer Exposition gegenüber Neurotoxinen nicht ausreichend im Modellversuch darstellen (National Research Council, 1992). In Polen, der Tschechischen Republik und Städten der ehemaligen Sowjetunion deutet einiges darauf hin, daß Kinder in belasteten Gebieten gegenüber denen im ländlichen Raum eine Sonderschulbetreuung benötigen und geistig zurückgeblieben sind (Global Environmental Change

### **Kasten 6.3: Der Weybridge-Bericht**

Die EUA hat die Ergebnisse des Berichts des Europäischen Workshops zu den Auswirkungen von endokrin wirksamen Chemikalien auf die menschliche Gesundheit und die Tierwelt (den Weybridge-Bericht) wie folgt zusammengefaßt:

Zunehmend besorgniserregend sind die vermehrt auftretenden Anzeichen für eine sich verstärkende Beeinträchtigung der Reproduktionsfunktionen bei Menschen und freilebenden Tieren. Zwar sind einige beteiligte Stoffe bekannt, aber die Ursachen für diese Entwicklung sind noch weitgehend

ungeklärt.

Die wichtigsten Schlußfolgerungen lauten:

- Es gibt ausreichende Anhaltspunkte für eine Zunahme des Hodenkrebs.
- Die offensichtliche Abnahme der Spermienproduktion dürfte den Tatsachen entsprechen und nicht auf methodische Variablen zurückzuführen sein.
- Die Indizien für die Herstellung eines eindeutigen Kausalzusammenhangs zwischen den beim Menschen auftretenden Gesundheitsstörungen und der Exposition gegenüber Chemikalien reichen nicht aus.
- Hauptpfad einer Exposition gegenüber endokrin wirksamen Substanzen ist in aller Regel die Aufnahme über die Nahrung und - in geringerem Maße - Wasser. Dies gilt nicht nur für Landtiere, Vögel und Säugetiere, sondern auch für den Menschen.
- Im Vergleich zur Situation in den USA können die Auswirkungen auf die Wildtiere des EU-Raums nur selten definitiv mit endokrin wirksamen Stoffen in Verbindung gebracht werden.
- Gleichwohl gibt es innerhalb der EU einige Fälle, in denen schädliche endokrine Wirkungen bzw. eine Reproduktionstoxizität bei Vögeln und Säugetieren mit hohen Konzentrationen anthropogener Substanzen einhergehen, die in einigen Versuchen als endokrin wirksam eingestuft wurden.
- Die erheblichen Unsicherheiten und Datenlücken ließen sich mit Hilfe der Empfehlungen zur Erforschung und Beobachtung der Exposition und ihrer Folgen bei Wildtieren und Menschen abbauen.
- Die derzeitigen ökotoxikologische Untersuchungen, Studien und Risikobewertungen sind nicht dafür ausgelegt, endokrin wirksame Aktivitäten aufzuspüren.
- Einstweilen sollte darauf geachtet werden, die Exposition von Menschen und freilebenden Tieren gegenüber endokrin wirksamen Substanzen entsprechend dem "Vorsorgeprinzip" zu vermindern.

**Quelle:** Weybridge Report, 1996

Programme, 1997). Tierstudien lassen darauf schließen, daß bereits die Einwirkung geringer Dosen von Umweltchemikalien (d.h. in Konzentrationen, die bei ausgewachsenen Tieren keinerlei Wirkung zeigen) während der raschen Entwicklung des Gehirns beim Neugeborenen zu irreversiblen Veränderungen der Gehirnfunktion im Erwachsenenalter führen kann und die Aufnahme von Giftstoffen in der neonatalen Phase gleichfalls die Gefahr von Spätfolgen heraufbeschwört (Eriksson, 1992). Wie bei zahlreichen anderen gesundheitlichen Folgen bestehen auch hier eindeutige Verbindungen zwischen verschiedenen möglichen Ursachen. So wird die Neurotoxizität einiger Stoffe wie Blei bei mangelnder Zufuhr von beispielsweise Eisen mit der Nahrung noch verstärkt (Williams, C. 1997).

## **6.6 Antworten und Möglichkeiten**

Die unübersehbare Fülle der chemischen Stoffe und ihre mannigfaltigen Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt haben die unterschiedlichsten politischen Reaktionen hervorgerufen. Anfangs standen die Folgen akuter Schadstoffbelastungen und die Explosionsgefahr in stationären Anlagen im Mittelpunkt. Später rückten chronische Belastungen und andere Gefährdungen durch diffuse Quellen und Transporte in den Vordergrund. Aus diesem Grunde gibt es mittlerweile mehr als ein Dutzend maßgeblicher EU-Richtlinien, die sich mit der Überwachung chemischer Stoffe befassen. Die wichtigsten davon sind in Tabelle 6.6 aufgeführt. Umgesetzt und ergänzt werden sie durch gesetzliche Regelungen auf der Ebene der Mitgliedstaaten. So ergab zum Beispiel eine Bestandsaufnahme des britischen Chemikalienrechts (unter Ausklammerung von Pharmazeutika und Giften) 25 Gesetze (Acts of Parliament), deren Einhaltung von 7 Ministerien überprüft wird, sowie über 50 Verordnungen und Durchführungsbestimmungen. So oder ähnlich stellt sich die Lage in vielen EU-Staaten dar (Haigh, IEEP, 1995).

Ein großer Teil dieser Vorschriften wird nicht einheitlich verwirklicht und durchgesetzt, zum Teil deshalb, weil zuweilen unklar ist, in welcher Weise dies geschehen soll. In der Färbereibranche etwa, die sehr stark vom Wettbewerb geprägt ist und in der zahlreiche neue und potentiell gefährliche Chemikalien zum Einsatz kommen, zeigte sich bei einer jüngst durchgeführten Studie zur Notification of New Substances Directive (das NONS-Projekt, 1996), daß viele dort verwendete neue Stoffe nicht angemeldet, ja nicht einmal bekannt waren. Ihre Verwendung wurde nicht ordnungsgemäß aufgezeichnet, und in einigen Fällen waren sie unzureichend gekennzeichnet. Etwa 45 % der 96 inspizierten Unternehmen hielten sich nicht an die einschlägigen Bestimmungen.

### ***Risikobewertung und Toxizitätsprüfung***

Die aktuelle EU-Politik im Bereich Risikobewertung und -management stützt sich auf den Grundsatz, daß es im Kern einer solchen Regelung um Chemikalien gehen sollte, die für Mensch und Umwelt eine erhebliche Gefährdung bedeuten und für die daher ein geeigneter Screening-Mechanismus notwendig ist. Die Risikobewertungen sind zwischen EU und Mitgliedstaaten aufgeteilt und erfordern umfassende Informationen und Daten, die jedoch häufig nicht vorliegen. Tabelle 6.7 zeigt die Verfügbarkeit von Daten für annähernd 2 500 chemische Stoffe mit hohem Produktionsvolumen (HPV), die gegenwärtig vom Europäischen Büro für Chemische Stoffe bewertet werden.

Angesichts der Größe und des Charakters der Aufgabe kommen Risikobewertung und Toxizitätsprüfung verständlicherweise bisher nur langsam voran. Bis Juni 1995 hatten sich beim Europäischen Büro für Chemische Stoffe ungefähr 10 750 Disketten mit Daten zu 2 500 HPV-Substanzen angesammelt. Bis Juni 1998 wird die Erhebung von Daten zu weiteren 10 000 Stoffen erwartet, von denen im EU-Raum über 10 t/Jahr produziert oder eingeführt werden. Die Durchführung intensiver Risikobewertungen und die Realisierung internationaler Übereinkünfte zu diesen Substanzen wird indes längere Zeit in Anspruch nehmen. Im Zuge des Risikobewertungsprogramms in der EU wurden die Bewertungen von zehn Stoffen auf technischer Ebene abgeschlossen, und 52 befanden sich im Dezember 1997 noch in Bearbeitung.

Bei Pestiziden, kosmetischen Mitteln, Nahrungsmittelzusätzen und Medikamenten (diese Gruppe umfaßt ca. 20 000 Chemikalien) verlaufen die Prozesse etwas schneller. Seit der Einführung der Richtlinie 91/414 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln im Jahre 1993 hat noch kein neuer Wirkstoff die Aufnahme in Anhang I, d.h. in die EU-Positivliste geschafft. Ferner ist bislang

noch keine Überprüfung eines vorhandenen Wirkstoffs im Rahmen des laufenden formellen, auf zwölf Jahre ausgelegten Prüfprogramms für die ersten 90 vorhandenen Wirkstoffe zu einem Abschluß gekommen.

Diese Datenlücken zu schließen ist eine grundsätzliche Aufgabe, die jedoch hohe Kosten mit sich bringt. Die Spanne reicht von 100 000 ECU für einen Basis-Datensatz bis zu durchschnittlich 5 Mio. ECU für die gründliche Erprobung einer Substanz und maximal 15 Mio. ECU in Ausnahmefällen, wenn Feldversuche und Monitoring erforderlich sind (Teknologiradet, 1997).

Zudem wird derzeit die Wirksamkeit der Prüfverfahren untersucht, da bei vielen Endpunkten von untersuchten schädlichen Einflüssen die Möglichkeit besteht, daß sie momentan nicht mit besonderer Dringlichkeit zu behandeln sind (Johnston et al. 1996).

### **Maßnahmen zur Wirkungsminderung**

Die Wirkung von chemischen Stoffen läßt sich an unterschiedlichen Stellen ihres Weges durch die Umwelt verringern. Aufgrund der unzureichenden Kenntnisse über die Toxizitätswerte und der sich lange hinziehenden Risikobewertungen (die im Regelfall abgeschlossen sein müssen, bevor risikomindernde Schritte vereinbart werden) sind Maßnahmen in den Vordergrund getreten, deren Ziel zunehmend darin besteht, bei gefährlichen Chemikalien generell auf die *Prävention* des Einsatzes und der Exposition hinzuwirken, statt am Ort ihrer Verwendung und Entsorgung detaillierte *Kontrollen* durchzuführen. Daneben verlagert sich das Hauptaugenmerk von der spezifischen Toxizität einzelner Stoffe auf die chemischen Eigenschaften ganzer Gruppen von Chemikalien, z. B. solchen, die persistent sind und sich in Organismen anreichern.

Die EU-Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (96/61/EG) legt den Schwerpunkt auf die bereits im Vorfeld einsetzende Vermeidung und nicht auf die nachgehende Kontrolle, wie dies bei Lebenszyklusanalysen und umweltorientierten Planungen der Fall ist.

Auch in internationalen Konventionen finden sich Konzepte, die auf eine Eindämmung der Exposition gerichtet sind und deren Ausgangspunkt darin besteht, zwischen dem Vorsorgegrundsatz einerseits und der mit Risikobewertungen einzelner Stoffe verbundenen Zeit, finanziellen Belastung und Unsicherheit andererseits abzuwägen. In der Hauptsache kommt es darauf, die Belastungen mit Chemikalien zu reduzieren, und zwar an erster Stelle bei Schwerpunktsstoffen, für die bereits umfangreiche Toxizitätsdaten vorliegen.

So verpflichteten sich beispielsweise die Regierungen der Nordsee-Anrainerstaaten in einer 1990 angenommenen Ministerialdeklaration, bis 1995 die Einleitung einer Gruppe von 36 toxischen Chemikalien aus Flüssen und Mündungsgebieten in die Nordsee auf unter 50 % des Standes von 1985 zu senken. Die Gesamteinträge von Dioxinen, Quecksilber und Cadmium sollten um 70 % verringert werden. Nicht so weit zurück liegt die Vierte Ministerialkonferenz zum Schutz der Nordsee, die 1995 in Esbjerg stattfand und auf der sich die Unterzeichnerstaaten verpflichteten, *„die Einleitung, Emission und unbeabsichtigte Freisetzung gefährlicher Substanzen zu verringern und so dem Ziel, deren Einsatz innerhalb einer Generation (25 Jahre) einzustellen, näherzukommen und schließlich zu erreichen, daß diese Stoffe in der Umwelt nur noch in Konzentrationen vorkommen, die etwa den natürlichen Werten entsprechen bzw. bei synthetischen Stoffen dem Wert Null nahekommen.“* (Dänisches Umweltamt, 1995)

Im Jahre 1979 verabschiedete die UNECE ein Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP) für Europa, die USA und Kanada. Es umfaßt Maßnahmen zu den Themenkomplexen Verbot und Einschränkung der Verwendung, Reduzierung des Verbrauchs, unbeabsichtigte Freisetzung und Kontaminierung, Abfallbeseitigung und Umgang mit Chemikalien. Ein Protokoll über persistente organische Schadstoffe im Rahmen dieses Übereinkommens befindet sich in Vorbereitung und erstreckt sich auf eine vorläufige Liste von 18 Stoffen (darunter 11 Pestizide), die aus 105 in Frage kommenden Substanzen ausgewählt wurden (siehe Anmerkungen zu Tabelle

**Tabelle 6.6 Wichtige EU-Richtlinien und Instrumente für die Chemikalienüberwachung**

- Richtlinie 76/769/EWG des Rates zu Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen

---

- Richtlinie des 67/548/EWG des Rates für die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung usw. (sowie die 6. und 7. Änderung durch Richtlinie 79/831/EWG des Rates und 92/32/EWG des Rates)

---

- Entscheidung 81/437/EWG der Kommission zum Verzeichnis der chemischen Stoffe (Altstoffverzeichnis EINECS)

---

- EU/GD XI/IPS, September 1992 zur informellen Festlegung von Prioritäten

---

- Richtlinie 76/464/EWG des Rates zur Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer

---

- Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates und Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission zur Risikobewertung chemischer Altstoffe

---

- Richtlinie 91/414/EWG des Rates über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln

---

- Richtlinie 93/67/EWG der Kommission zur Risikobewertung von neuen chemischen Stoffen

---

- Technical Guidance documents (Dokumente zur fachlichen Anleitung), 16. April 1996, zur Risikobewertung alter und neuer chemischer Stoffe

---

**Tabelle 6.7 Verfügbarkeit von Daten zu 2 472 HPV-Chemikalien, die dem ECB vorgelegt wurden, 1996**

Eigenschaften und Toxizitäten	Datenverfügbarkeit
Physikalisch-chemische Eigenschaften	30 - 60 %
Akute orale Toxizität	70 %
Akute dermale Toxizität	45 %
Akute Inhalationstoxizität	30 %
Chronisch Toxizität	55 %
Karzinogenität	10 %
Gentoxizität/Mutagenität	62 %
In vivo-Gentoxizität	32 %
Fertilität	20 %
Teratogenität	30 %
<b>Ökotoxizitäten</b>	
Fische oder Krustentiere - akut	30 - 50 %
Algen - akut	25 %
Landtiere - akut	5 %
Chronische Wassertoxizität	5 - 20 %
Biologischer Abbau	30 %

**Quelle:** C. J. van Leeuwen et al. 1996

6.3). Ebenfalls verhandelt wird über ein Protokoll zu Schwermetallen, darunter Quecksilber, Cadmium und Blei.

In Tabelle 6.8 ist eine Zusammenfassung dieser und anderer nationaler und internationaler Initiativen zur Verringerung chemischer Stoffe zu finden.

**Freiwillige Reduzierungsprogramme**

Ein weiteres Mittel zur Milderung der Auswirkungen sind in vielen Ländern freiwillige Maßnahmen der chemischen Industrie. So haben beispielsweise Unternehmen in den Niederlanden im Wege von Vereinbarungen mit den Aufsichtsbehörden freiwillige Reduzierungsprogramme auf den Weg gebracht. 1989 wurde dem niederländischen Parlament ein Konzept zur Verringerung von VOC-Emissionen aus der Industrie, kleinen Unternehmen und Haushalten vorgelegt. Darin wurde eine Senkung der Emissionen bis zum Jahre 2000 von 63 % (gemessen am Stand von 1981) anvisiert. Bei ihrer Überprüfung dieser freiwilligen Vereinbarung der niederländischen Chemiebranche kam die EUA zu dem Schluß, daß die Umsetzung ökologisch wirksam erfolgt ist und der Einrichtung von Umweltmanagementsystemen förderlich war (EUA, 1997).

In 21 europäischen Staaten ist ein "Responsible Care"-Programm aufgelegt worden, das dem Austausch von Ideen und optimalen Verfahren dient (CEFIC, 1996). Das auf einer USA-Initiative basierende Programm ist darauf gerichtet, die Leistungen der chemischen Industrie in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Umwelt und Qualität sowie die Kommunikation mit der Öffentlichkeit zu Produkten und Anlagenbetrieb zu verbessern.

**Die Kosten externer Effekte**

Ein Teil der gesellschaftlichen und umweltbezogenen Kosten von chemischen Stoffen (die sogenannten "externen Effekte" der Herstellung und Verwendung von Chemikalien) werden nicht von den Chemie-Unternehmen getragen und fließen nicht in deren Marktpreis ein. Beispielhaft werden in Kasten 6.4 einige externe Kosten von Kreosot untersucht. In einigen Ländern gehen solche externen Kosten über Steuern in den Preis ein, so bei Pestiziden, Düngemitteln, ozonabbauenden Substanzen, Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden, chlorierten Lösungsmitteln (wie Tetrachlorethylen, Trichlorethylen und Dichlormethan in Dänemark) und giftigen Abfälle wie auch bei verbleitem Benzin und "schmutzigem" Dieselmotortreibstoff.

**Tabelle 6.8 Auswahl laufender Initiativen zur Verminderung der Chemikalienbelastung**

<b>Instrument/Vorschlag/ Ort</b>	<b>Jahr</b>	<b>Zielsetzungen</b>
Esbjerg-Deklaration über die Nordsee	1995	Beseitigung persistenter, biologisch akkumulierender und toxischer Substanzen aus der Nordsee im Zeitraum von 25 Jahren
Basler Übereinkommen zu gefährlichen Abfällen	1997	U.a. die Verminderung/Vermeidung der Entstehung von Abfällen an der Quelle
POP-Protokoll der UNECE Luft	1998	Verringerung der POP-Emissionen in die Luft
Schwermetall-Protokoll der UNECE	1998	Verringerung der Schwermetall-Emissionen in die Luft
OSPAR-Übereinkommen	1998	Verwirklichung der Esbjerg-Vorgabe
"POPS"-Übereinkommen des UNEP	1997-98	Bewertung der Antwortstrategien zur Reduzierung/völligen Verhinderung von Emissionen/unbeabsichtigten Freisetzungen



Montrealer Protokoll	1987 - 2040	Einstellung von Produktion und Verbrauch einiger Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen.
Fünftes Umweltaktionsprogramm der EU	1991-94	Erreichen einer erheblichen Verminderung der Verwendung von Pestiziden je Flächeneinheit
Dänischer Ministerialbericht zu künftigen Maßnahmen im Chemikalienbereich	1997	25 Stoffe/Stoffgruppen, ausgewählt unter 100 unerwünschten Substanzen, zur schwerpunktmäßigen Einstellung von Produktion und Verbrauch
Bericht der schwedischen Regierung zur Politik im Chemikalienbereich	1997 - 2007	Zehnjahresfrist zur Einstellung der Produktion und Verwendung aller Produkte, die schwer abbaubare und biologisch akkumulierende Substanzen enthalten, Auslöser von gravierenden/irreversiblen Wirkungen sind oder Blei, Quecksilber bzw. Cadmium enthalten
Zielvorgaben Norwegens für schwerpunktmäßig bestimmte chemische Stoffe	1996-2010	Der Eintrag gefährlicher Chemikalien soll bis 2010 wesentlich verringert (z. B. Blei, Cadmium, Quecksilber, Dioxine, PAH) bzw. deren Produktion und Verwendung bis 2005 eingestellt werden (wie Halone, PCB, PCP)
Litauisches Abfallwirtschaftsgesetz	1998	Gesetz zur Abfallbewirtschaftung, einschließlich Reduzierung von chemischen Stoffen

**Quelle:** Europäische Umweltagentur

Ökosteuern können wirksam sein, sofern sie sorgfältig konzipiert und Teil eines Maßnahmenpakets sind, zu dem auch die Nutzung von Steuereinnahmen zur Förderung von Aktionen gehört, deren Ziel die Einschränkung der Verwendung eines Stoffes ist (EUA, 1996). Für Ökosteuern auf spezielle chemische Stoffe kommen derzeit u.a. Schwermetalle, chlorierte Produkte, POP, Düngemittel und Pestizide in Betracht.

Weitere politische Maßnahmen, die der Überwachung chemischer Stoffe dienen können, sind das Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS), die Vergabe des Umweltzeichens, Konzepte für kontaminierte Böden sowie gesetzliche Vorschriften und zivilrechtliche Schritte im Bereich der Umwelthaftung.

#### ***Informationen als politisches Instrument***

Für Maßnahmen gegen die Chemikalienbelastung gewinnen Informationen immer mehr an Bedeutung, und zwar sowohl als Ergänzung politischer Maßnahmen wie Vorschriften und Steuern wie auch als gesondertes politisches Instrument. Beispielsweise verpflichtet die Richtlinie über Gefahren schwerer Unfälle bei bestimmten Industrietätigkeiten, die sogenannte "Seveso-Richtlinie" (Abschnitt 13.3.1) Unternehmer dazu, Personen außerhalb der Anlage, die von einem Unfall betroffen sein könnten, zu unterrichten, und in der Einstufungs- und Kennzeichnungsrichtlinie geht es um die Bereitstellung von Produktinformationen. Im geplanten integrierten europäischen Verzeichnis über die wichtigsten Emissionen, das im Rahmen der Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung für die Öffentlichkeit zugänglich sein wird, werden Angaben zur Freisetzung von Chemikalien aus Produktionsanlagen erfaßt. In einigen europäischen Ländern (dem Vereinigten Königreich, den Niederlanden, Schweden, Dänemark und Frankreich) bestehen in gewissem Umfang bereits Möglichkeiten für einen Zugang der Allgemeinheit zu Daten über chemische Stoffe.

Die OECD (OECD, 1996) unterstützt Initiativen ähnlich dem Gesetz zum "Toxic Release Inventory" der USA, in dessen Folge weitreichende freiwillige Senkungsmaßnahmen ergriffen wurden und der Anteil giftiger Chemikalien in der Produktion insgesamt zurückging (Naimon, 1996).

Ein informationspolitisches Instrument anderer Art ist das Register chemischer Erzeugnisse in Schweden, Norwegen, Finnland und Frankreich, das besonders für die Lokalisierung chemischer Stoffe in Konsumgütern von Nutzen sein kann (KEMI, 1994).

#### **Kasten 6.4: Kosten der Umweltverschmutzung durch Kreosot**

Holzschutzmittel basieren im Normalfall auf Kreosot- oder Kohleteerlack, der ca. 30 % PAH enthält, oder einer Imprägnierung mit Schwermetallsalzen. Von beiden Produktarten werden Schadstoffe aus dem behandelten in Wasser, Boden und Sedimente abgegeben, doch kommen im Prinzip keine Steuern zur Anwendung, um diese Kosten der Umweltverschmutzung zu internalisieren. Nichtsdestoweniger können diese Kosten erhebliche Größenordnungen erreichen. In den Niederlanden werden die zusätzlichen Kosten einer Sedimententsorgung infolge einer Kontamination mit PAH und Schwermetallen auf ungefähr 50 ECU/m<sup>3</sup> geschlammtes Sediment geschätzt. Um die angesammelte Menge zu entfernen, müßten außer den üblichen Instandhaltungskosten 1,5 Mrd. ECU aufgewendet werden. Ausgehend von einem Grenzwert von 10 mg PAH/kg Sediment entstehen der Gemeinschaft aus der Verunreinigung Kosten in Höhe von 5 000 ECU je kg PAH. Wird das akkumulierte Sediment über einen Zeitraum von 20 Jahren entfernt und werden die Kosten ausschließlich auf der Basis des jährlichen Verbrauchs von 10 000 kg Kreosot- und Kohleteerlack besteuert, so würde dies auf eine Summe von 7 500 ECU pro kg dieser Produkte hinauslaufen. Selbst eine moderate Steuer auf Kreosot könnte dazu beitragen, einen Teil dieser "externen Effekte" aufzufangen. Ein Teil der Einnahmen ließe sich dazu verwenden, die Schaffung von Ausweichmöglichkeiten voranzutreiben. Dessenungeachtet ist ohne eine derartige Unterstützung vor kurzem bereits eine Alternativmethode zur Holzkonservierung (Bedampfen bei hohem Druck und hoher Temperatur) entwickelt worden (Zuylen, 1995).

#### **Literatur**

Aguilar, A., Borrell, A. (1994). Abnormally high PCB levels in striped dolphins affected by the 1990-1992 Mediterranean epizootic. In *The Science of the Total Environment*, Bd. 154, S. 237-247.

AMAP (1997). *Persistent Organic Pollutants and Heavy Metals*. Arctic Monitoring and Assessment Programme.

Baker, J.R (1989). Pollution - associated uterine lesions in grey seals from the Liverpool Bay area of the Irish Sea. In *Veterinary Record*, Bd. 125, S. 303.

Bignert, A., Litzen, K., Odsjo, T., Olsson, M., Persson, W. and Reutergardh, L. (1995). Time-related factors influence the concentrations of DDTs, PCBs and shell parameters in eggs of Baltic Guillemot. In *Environmental Pollution*, Bd. 89, S. 27-36.

Bignert, A (1997). *Comments concerning the National Swedish Contaminant Monitoring Programme in marine biota*. Contaminant research group at the Swedish Museum of Natural History.

Blomkvist, G. et al., (1992). Concentrations of DDT and PCB in Seals from Swedish and Scottish waters. In *AMBIO*, Bd. 21, Nr. 8.

Borrell, A., Aguilar, A., Corsolini, S. and Focardi, S. (1996). Evaluation of toxicity and sex-related variation of PCB levels in Mediterranean striped dolphins affected by an epizootic. In *Chemosphere*, Bd. 32, Nr. 12 S. 2359-2369.

CCEC, Continental Pollution Pathways (1997). *An Agenda for Cooperation to address Long Range Transport of Air Pollution in North America*. Council of the Commission for Environmental Cooperation, Montreal, Kanada.

CEFIC, Europäischer Rat der Chemischen Industrie (1996b). *The European chemical industry in a worldwide perspective*. Brüssel.

CEFIC, Europäischer Rat der Chemischen Industrie (1996c). *Basic economic statistics of the European Chemical Industry 1994-1995*. Brüssel.

CEFIC, Europäischer Rat der Chemischen Industrie (1997). *Facts & figures - the European Chemical Industry in a Worldwide Perspective*. Brüssel

Dänisches Umweltamt (1998). *Fourth Meeting of the Task Force on the Phase-out of Lead in Gasoline. Country Assessment Report*. Final. Ministry of Environment and Energy. Die dänische Umweltschutzbehörde.

Dänisches Umweltamt (1995). *North Sea Conference, Esbjerg Declaration*. 4th International Conference on the Protection of the North Sea. Esbjerg, Dänemark, Juni 1995.

EUA, Europäische Umweltagentur (1996). *Ökosteuern: Umsetzung und ökologische Wirksamkeit*. Environmental Issues series No 1. EUA, Kopenhagen, ISBN 92-9167-000-6.

EUA, Europäische Umweltagentur (1996). *The State of the European Arctic Environment*. Environmental Monograph No 3. EUA, Kopenhagen.

EUA, Europäische Umweltagentur (1997). *Environmental Agreements, Environmental Effectiveness: Case Studies*. Environmental Issues series No 3, Bd. 2, EUA, Kopenhagen, ISBN 92-9167-055-3.

Environmental Health Perspectives Supplement *Chemical Sensitivity*, Bd. 105, Supplement 2, 1997

Eriksson, Per (1992). Neuroreceptor and Behavioural effects of DDT and pyrethroids in immature and adult animals. In *The Vulnerable Brain and Environmental Risks*. Eds: R.L. Iassacson and K.F. Jensen. Plenum Press, New York.

*European Workshop on the Impact of Endocrine Disrupters on Human Health and Wildlife, Report of Proceedings*. Weybridge, Vereinigtes Königreich, 24. Dezember 1996. EUR 17549, 1996.

Friedlander, S. (1994). The two faces of Technology: changing perspectives in design for the environment. In *The Greening of Industrial Ecosystems*. Eds: B.R. Allenby and D.J. Richards. National Academy Press, Washington.

Global Environmental Change Programme Briefings, *The Environmental Threat to Human Intelligence*, C. Williams, No 13, June 1997. Universität Sussex, Brighton, Vereinigtes Königreich.

Greenpeace (Dezember 1993). *The North Sea Invisible Decline - environmental problems in the North Sea*. Greenpeace International European Unit, Brüssel, Belgien.

Haigh, N. (1994). *Legislation for the control of chemicals*. Institute for European Environment Policy, London, Vereinigtes Königreich.

Helle, E. (1997). *Numbers and reproduction of the ringed seal in the Bothnian Bay, Northern Baltic Sea. Baltic Seals 94 Conference*, 1994. Updated information received by personal communication (1997).

Jensen, A.A. (1996). *Environmental and occupational chemicals. Drugs and human lactation*. Elsevier Science Publishers B.V.

Johnston, P.A., Stringer, R.L. and Santillo, D. (1996). Effluent Complexity and Ecotoxicology: Regulating the variable within varied systems. In *Toxicology and Ecotoxicology News*, Bd. 3 (4), S. 115-120.

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (1997). *Mitteilung der Kommission betreffend ein Aktionsprogramm der Gemeinschaft betreffend durch Umweltverschmutzung bedingte Krankheiten innerhalb des Aktionsrahmens im Bereich der öffentlichen Gesundheit. Vorschlag für einen Beschluß des Europäischen Parlaments und des Rates zur Annahme eines Aktionsprogramms 1999-2003 der Gemeinschaft betreffend durch Umweltverschmutzung bedingte Krankheiten innerhalb des*

- Aktionsrahmens im Bereich der öffentlichen Gesundheit (vorgelegt von der Kommission). KOM (97) 0266 endg.
- KEMI (1994). *Chemical Substances Lists*. the Swedish National Chemicals Inspectorate, Sunset project, Report No 10.
- Naimon, J.S. (im Druck). *Toxic chemical information programs: Lessons from the USA Experience*.
- OECD (1996). *Statistics Inland Water* 1996.
- Pacyna, J.M. (1996). *Atmospheric emissions of heavy metals for Europe*. International Institute for Applied Systems Analysis, Hagan, Norwegen.
- Reijnders, P.J.H. (1986). Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters. In *Nature*, Bd. 324, S. 457-457.
- Rühling, Å. (Herausg.) (1994). *Atmospheric heavy metal deposition in Europe - estimations based on moss analysis*. Nordic Council of Ministers. Nord 1994:9.
- Stebbing, A.R.D. et al. (1992). *Overall summary and some conclusions from the Bremerhafen workshop*. Marine Ecology Progress Series 91.
- Stigliani & Anderberg (1994). *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. Eds: Ayres & Simonis, UN University.
- Schwedisches Umweltamt (1993a). *Environment and Public Health*. Report 4182.
- Schwedisches Umweltamt (1993b). Persistent organic pollutants and the environment. *The environment in Sweden Status and trends*. Solna, Schweden.
- Schwedisches Umweltamt (1996). *POP Stabila Organiska Miljögifter, Stort eller litet problem*, Report 4563.
- Teknologi-radet (1997). *The non-assessed chemicals in EU*. Presentations from the conference 30 October 1996. Report of the Danish Board of Technology 1997/1. ISBN 87-90221-19-2.
- Umweltagentur des Vereinigten Königreichs (1996). *Viewpoints on the Environment. Developing a national environmental monitoring and assessment framework*.
- Umweltbundesamt and TNO Institute of Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovation (1997). *The European Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants for 1990*. (Nur in englischer Sprache).
- UNECE (1997). *Annual Review - the Chemical Industry in 1995 Production and Trade Statistics 1992-1994*.
- van Leeuwen, J.C. et al. (1996). Risk assessment and management of new and existing chemicals. In *Environmental Toxicology and Pharmacology* 2.
- Walker, C.H. and Livingstone, D.R. (1992). *Persistent pollutants in marine ecosystems*. A special publication of SETAC. Pergamon Press, Oxford.
- Wania, F. and Mackay, D. (1996). Tracking the distribution of persistent organic pollutants. In *Environmental Science & Technology News*, Bd. 30, No 9.
- WHO (1995a). *Concern for Europe's tomorrow, health and the environment in the WHO European Region*. World Health Organisation, European Centre for Environment and Health, Wiss. Verl.-Ges., Stuttgart, Deutschland.

WHO (1996b). Levels of PCBs, PCDDs and PCDFs in human milk. *Environmental Health in Europe*, No 3,

WHO (1996). *Environment and Health 1 Overview and Main European Issues*. World Health Organisation, European Centre for Environment and Health and European Environment Agency, ISBN 92-890-1332-X.

Williams, C. (1997). *Terminus Brain: the environmental threats to human intelligence*. Cassel, London, Vereinigtes Königreich.