



KfK 4804  
Januar 1991

# **Die Reaktion der deutschen Forschungs- und Technologiepolitik auf die Umweltproblematik in den 80er Jahren**

**R. Coenen**  
**Abteilung für Angewandte Systemanalyse**

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Abteilung für Angewandte Systemanalyse

KfK 4804

**Die Reaktion der deutschen Forschungs- und Technologiepolitik  
auf die Umweltproblematik in den 80er Jahren**

*Reinhard Coenen*

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript gedruckt  
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

## Vorbemerkung des Autors

Dieser Bericht stellt den deutschen Beitrag zu der Studie der OECD (Comittee for Science and Technology Policy / Directorate for Science, Technology and Industry) "Responsiveness of Scientific and Technological Institutions to Environmental Change" dar. Die Struktur des Berichts entspricht dem zwischen dem OECD-Sekretariat und den sich an der Studie beteiligenden OECD-Ländern vereinbarten Studienkonzept. Das OECD-Sekretariat wird eine Synopse der verschiedenen Länderberichte erstellen. Eine gemeinsame englischsprachige Veröffentlichung aller Länderberichte ist geplant.

Der Bericht wurde von der Abteilung für Angewandte Systemanalyse des Kernforschungszentrums Karlsruhe auf Veranlassung des Bundesministeriums für Forschung und Technologie erstellt; die Verantwortung für den Inhalt trägt allein der Autor.

Er dankt Frau Dr. Rost, Herrn Stricker und Herrn Backes vom BMFT für die Bereitstellung der forschungsstatistischen Daten und für die konstruktive Mitarbeit bei deren Aufbereitung sowie den genannten und Herrn Dr. Rami (BMFT) für die kritische Kommentierung des Berichts. Dank gilt ebenso Frau Gabriele Rastätter (AFAS) für das Schreiben und das Layout des Berichts.

Reinhard Coenen

November 1990

## **Zusammenfassung**

Nach einem kurzen historischen Abriß der Umweltpolitik in der Bundesrepublik Deutschland werden die wesentlichen Umweltprobleme, die durch verschiedene Sektoren der Volkswirtschaft in den 80er Jahren ausgelöst wurden, skizziert. Der Hauptteil der Studie enthält eine Darstellung der staatlichen Förderung von Umweltforschung und -technologieentwicklung und eine vornehmlich statistische Analyse der forschungs- und technologiepolitischen Reaktion auf die Umweltproblematik in den 80er Jahren. In einem weiteren Teil der Studie wird die Reaktion auf ein spezifisches Umweltproblem dargestellt, nämlich auf das Problem "Saurer Regen und neuartige Waldschäden".

## **Abstract**

### **Responsiveness of German Research and Technology Policy to Environmental Change**

The study briefly outlines the history of environmental policy in the Federal Republic of Germany and gives an overview of the major environmental problems triggered off by the different sectors of the economy in the 80s. The core of the study describes the public promotion of environmental research and technology, and provides a chiefly statistical analysis of the response of research and technology policy to environmental change in the 80s. In a further section the response to a specific environmental problem "Acid rain and novel forest damage" is analysed.

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>I. Genereller Überblick</b>	<b>1</b>
<b>I.1 Die politische Agenda für die Umwelt</b>	<b>1</b>
I.1.1 Die langfristige historische Perspektive	1
I.1.2 Bedeutende sektorale Themen in den 80er Jahren	3
I.1.3 Gegenwärtige Maßnahmen und Planungen für die zukünftige Umweltforschungspolitik	8
I.1.4 Internationale Entwicklungen	16
<b>I.2 Die Reaktion der wichtigen FuE-Förderungseinrichtungen in den 80er Jahren</b>	<b>17</b>
<b>I.3 Die Reaktion FuE durchführender Einrichtungen in den 80er Jahren</b>	<b>23</b>
I.3.1 Entwicklungstrends der FuE-Budgets von Forschungseinrichtungen im Bereich Umwelt in den 80er Jahren	23
I.3.2 Veränderungen im Charakter der Umweltforschung	26
I.3.3 Der Wirtschaftssektor	27
I.3.4 Die Entwicklung sozialwissenschaftlicher Forschung zu Umweltfragen	29
<b>II. Die Reaktion auf ein spezielles Umweltproblem "Saurer Regen und neuartige Waldschäden"</b>	<b>31</b>
<b>II.1 Einführung - die historische Perspektive</b>	<b>31</b>
<b>II.2 Die Reaktion des politischen Systems im allgemeinen</b>	<b>32</b>
<b>II.3 Forschungsförderung auf dem Gebiet "Saurer Regen und neuartige Waldschäden" - Quantitative Analysen</b>	<b>34</b>
II.3.1 FuE-Förderung durch den Bund	34
II.3.2 FuE-Förderung durch die Bundesländer	35
II.3.3 Gesamtbilanz der FuE-Förderung von Bund und Ländern	36

<b>II.4 FuE-Förderung auf dem Gebiet "Saurer Regen und neuartige Waldschäden" - Qualitative Entwicklungen</b>	<b>36</b>
II.4.1 Organisatorische Entwicklungen auf der Seite der Förderer	36
II.4.2 Qualitative Veränderungen im Bereich der Forschungseinrichtungen	37
<b>II.5 Bewertung der Ergebnisse der FuE-Förderung auf dem Gebiet "Saurer Regen und neuartige Waldschäden"</b>	<b>38</b>
<b>ABKÜRZUNGEN</b>	<b>40</b>
<b>LITERATUR</b>	<b>42</b>



## **I. Genereller Überblick**

### **I.1 Die politische Agenda für die Umwelt**

#### **I.1.1 Die langfristige historische Perspektive**

Die Ursprünge der Umweltpolitik führen in Deutschland bis ins späte 19. Jahrhundert zurück. Bis zum 2. Weltkrieg firmierte Umweltpolitik unter den Bezeichnungen Luft- und Wasserhygiene. Insbesondere im Ruhrgebiet wurden schon in den 20er Jahren die Auswirkungen der Luftverschmutzung thematisiert, so z.B. die Auswirkungen auf die lokalen und regionalen Wälder, und Maßnahmen gegen die Luftverschmutzung gefordert. Der Problemdruck, der sich in dieser Region ergab, führte in den 50er Jahren im Land Nordrhein-Westfalen zu gesetzgeberischen Initiativen zur Reinhaltung der Luft. Die in diesem Bundesland in den 60er Jahren entwickelte Gesetzgebung zur Reinhaltung der Luft und die dabei gemachten Erfahrungen wurden zu Beginn der 70er Jahre Basis für die Gesetzgebung des Bundes in diesem Bereich; sie flossen in das Bundesimmissionschutzgesetz ein.

Bis zum Beginn der 70er Jahre war in der Bundesrepublik Deutschland Umweltpolitik rein sektorale Politik und zugleich vornehmlich Länderpolitik. Der große Schub für die Umweltpolitik kam Ende der 60er Jahre, als die umfassende Thematisierung der Umweltverschmutzung und des Umweltschutzes aus den USA auf die Bundesrepublik Deutschland übergriff und im Bundesinnenministerium eine spezielle Abteilung für Umweltschutz etabliert wurde. Mit dieser Namensgebung wurde auch erstmals ein Zeichen für die Integration bisher sektoraler Politik in diesem Bereich gesetzt und Umweltpolitik als separater Politikbereich etabliert.

Die weitere Etablierung des Umweltschutzes als Politikbereich erfolgte zu Beginn der 70er Jahre sehr rasch, so durch die Verabschiedung des 1. Umweltprogramms der Bundesregierung und durch die Einrichtung des Sachverständigenrates für Umweltfragen mit dem Auftrag, die Situation der Umwelt darzustellen und auf Fehlentscheidungen und Möglichkeiten zu deren Vermeidung hinzuweisen. Im Jahre 1974 wurde das Umweltbundesamt (UBA) als nachgeordnete Behörde des Bundesministeriums des Innern gegründet, deren Auftrag in der Unterstützung des für Umwelt zuständigen Ministers bei allen umweltpolitischen Aufgaben besteht. Ein spezielles Umweltministerium wurde allerdings auf Bundesebene erst 1986 eingerichtet: das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, dem jetzt das Umweltbundesamt zugeordnet ist.

Zu Beginn der 70er Jahre etablierte sich Umweltschutz auch sehr schnell als Thema im öffentlichen Bewußtsein. Obwohl konsistente Zeitreihen über die Entwicklung des Umweltbewußtseins seit Beginn der 70er Jahre nicht vorliegen, läßt sich jedoch, wie der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU/1978, S. 450) in seinem Gutachten feststellt, aufgrund des vorliegenden empirischen Materials aus Meinungsumfragen die Aussage machen, daß sich der Umweltschutz fest und an prominenter Stelle in der Liste der politischen Prioritäten der Bevölkerung etabliert hat. Dies gilt auch weiterhin für die 80er Jahre. Umweltschutz gilt neben der Überwindung der Arbeitslosigkeit, wie der SRU in seinem Gutachten von 1987 feststellt (SRU/1987, S. 49), zu den wichtigsten Aufgaben aus der Sicht der Bevölkerung. Er hat nicht, wie andere Themen, einem Issue-Attention-Cycle unterlegen, sondern sich einen Dauerplatz auf der politischen Agenda gesichert. Nicht zuletzt hat das öffentliche Problembewußtsein in Sachen Umweltschutz die Parteienland-

schaft in der Bundesrepublik Deutschland durch die Etablierung der Partei "Die Grünen" verändert.

Parallel zur Entwicklung der Umweltpolitik und des Umweltbewußtseins sind Umweltaspekte seit Beginn der 70er Jahre auch zu einem zentralen Thema der Forschungs- und Technologiepolitik geworden. Einerseits wurden Umweltprobleme als Folge einer ungehemmten Technologieentwicklung thematisiert, andererseits wurde und wird der Forschungs- und Technologiepolitik eine wesentliche Problemlösungsfunktion zugewiesen.

Bei einer Würdigung der Umweltpolitik der 70er und 80er Jahre läßt sich feststellen, daß sie sich zunächst verständlicherweise den drängendsten und offensichtlichsten Problemen gewidmet und mit dieser pragmatischen Orientierung, wie der SRU feststellt (SRU/1987, S. 15), durchaus Erfolge erzielt hat, teilweise aber auch unerwartete negative Sekundärwirkungen ausgelöst bzw. zu Problemverschiebungen geführt hat.

In den 70er Jahren ergab sich der größte Problemdruck durch sehr hohe lokale und regionale Belastungen der Luft in Ballungsgebieten sowie durch sehr stark belastete Gewässer. Ein treffendes Beispiel für eine einerseits wirkungsvolle und andererseits zu Problemverschiebungen führende Umweltpolitik war in den 70er Jahren die Luftreinhaltepolitik in den Ballungsgebieten, als man durch eine Politik der hohen Schornsteine zwar eine erhebliche Verbesserung der Luftqualität in Ballungsgebieten erreichte, jedoch durch die weiträumige Verteilung der Schadstoffe Belastungen in bisher sehr wenig belasteten Gebieten verursachte, die für das spätere Auftreten neuartiger Waldschäden in diesen Gebieten verantwortlich gemacht wurden.

In der ersten Hälfte der 80er Jahre war das 'Waldsterben' das bedeutendste Umweltthema, das aufgrund der hohen öffentlichen Aufmerksamkeit zu erheblichen politischen Initiativen führte, dieses Problem in den Griff zu bekommen. Durch die schnelle Umsetzung von Maßnahmen zur Schadstoffrückhaltung bei fossilen Kraftwerken (Großfeuerungsanlagenverordnung) und zur Reduzierung des Schwefelgehalts von Brennstoffen kam es in den 80er Jahren zu beträchtlichen Reduzierungen bei den Schwefeldioxidemissionen. Als die Waldschadensforschung erste Indizien für die Beteiligung des  $\text{NO}_x$  an der Verursachung der großräumigen Waldschäden lieferte, wurden Mitte der 80er Jahre im zeitlichen Vorgriff auf EG-rechtliche Regelungen Maßnahmen zur Reduzierung von Schadstoffemissionen bei Kraftfahrzeugen getroffen. Außerdem wurden in der ersten Hälfte der 80er Jahre erhebliche FuE-Aktivitäten zur Waldschadensforschung und atmosphärischer Schadstoffausbreitung eingeleitet (siehe Teil II).

In der zweiten Hälfte der 80er Jahre rückten dann zunehmend die von der Landwirtschaft verursachten Umweltprobleme, die Altlastenproblematik, die Müllproblematik und die globalen Umweltprobleme der Zerstörung der Ozonschicht und des Treibhauseffekts in den Vordergrund, die auch zur Zeit und für die Zukunft die zentralen Problembereiche bilden. Das Problem der Verkehrsemissionen blieb und bleibt auf der Tagesordnung, da die eingeleiteten Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffemissionen durch die Zunahme des Kfz-Verkehrs kompensiert wurden und die hochsommerlichen Ozonbelastungen durch Kfz-Emissionen ein neues Umweltthema geworden sind. Natürlich werden die teilweise katastrophalen Umweltbelastungen in der DDR nach der Wiedervereinigung eine neue Herausforderung für die deutsche Umweltpolitik darstellen.

Für die umweltpolitische Agenda der 70er und 80er Jahre in der Bundesrepublik Deutschland darf nicht die Entwicklung in einem anderen Politikbereich, nämlich der Energiepolitik, außer Acht gelassen werden, da es zu starken und konvergierenden Wechselwirkungen kam. Die beherr-

schenden Themen im Energiebereich waren die beiden Ölkrisen und die seit Beginn der 70er Jahre schwelende Kernenergiekontroverse. Die durch die beiden Ölkrisen ausgelösten Bemühungen zu einer rationelleren Energienutzung haben zu nicht unerheblichen Umweltentlastungen geführt bzw. zusätzliche Umweltbelastungen vermieden und auch das Problem der Ressourcenschonung ins öffentliche Bewußtsein gerückt. Die Umwelt- und Antikernenergiebewegung haben sich gegenseitig gestärkt, das Problembewußtsein in der Bevölkerung für Umweltrisiken geschärft und die politisch Verantwortlichen umweltpolitisch unter einen permanenten Handlungsdruck gesetzt.

Zur umweltpolitischen Entwicklung in den 70er und 80er Jahren läßt sich als Fazit feststellen, daß sie stark durch die Abfolge auftauchender Umweltprobleme und politischer Reaktionen bestimmt war. Sie war durch einen weitgehend sektoralen Ansatz geprägt, der durchaus, wie schon gesagt wurde, Erfolge gezeitigt hat, aber auch zu Problemverschiebungen geführt hat.

Die reaktive, nachträglich korrigierende, sektorale Umweltpolitik stößt jedoch zunehmend an ihre Grenzen. Die Vervollkommnung sektoraler Umweltpolitik führt zu Problemverschiebungen, die sich beispielhaft an der Klärschlammproblematik, verursacht durch die Abwasserreinigung, und an der Rückstandsproblematik bei der Rauchgasreinigung zeigt (SRU/1987, S. 38). Eine vornehmlich auf Sekundärmaßnahmen bzw. Rückhaltemaßnahmen aufbauende Umweltpolitik kann zwar zu vorübergehenden Stabilisierungen und Entlastungen der Umweltsituation führen, bei weiterem Wachstum wirtschaftlicher und sonstiger umweltbelastender menschlicher Aktivitäten ist aber mittel- oder langfristig wieder mit einer Verschärfung der Umweltbelastungssituation zu rechnen; der Verkehrssektor kann hier als Beispiel dienen: Trotz weitgehender Sekundärmaßnahmen (Einführung von geregelten und ungeregelten Katalysatoren) zur Eindämmung der Emissionen zeigen sich wegen der Zunahme des Kfz-Verkehrs Tendenzen zur weiteren Verschärfung der Situation.

Die zukünftige Umweltpolitik muß deshalb sektorübergreifend, präventiv und an den Kriterien einer dauerhaften bzw. zukunftsfähigen Entwicklung (sustainable development) orientiert sein, d.h. einer Entwicklung, die durch Schonung der Rohstoff-, Energie- und Umweltressourcen die Lebensmöglichkeiten zukünftiger Generationen nicht beeinträchtigt. Zugleich erfordert dies eine stärkere Verknüpfung der Umweltpolitik mit der Wirtschafts- und Strukturpolitik, der Rohstoff-, der Energie- und Verkehrspolitik.

### I.1.2 Bedeutende sektorale Themen in den 80er Jahren

#### A. Die Gesamtwirtschaft

Insbesondere in den 70er Jahren ist in der Bundesrepublik Deutschland der Zusammenhang zwischen Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung thematisiert worden. Es wurde die These formuliert, daß Wirtschaftswachstum zwangsläufig mit höherer Umweltbelastung verbunden sein muß und daß die Umweltprobleme nur durch ein Nullwachstum in Griff zu bekommen seien.

Betrachtet man die Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland, so läßt sich feststellen, daß zumindest in gewissen Bereichen in den 70er und 80er Jahren Tendenzen für eine Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung zu erkennen sind. Dies gilt insbesondere für einige der klassischen Luftschadstoffe, wie der Umweltbericht der Bundesregierung von 1990 zeigt (BMU/1990a, S. 52). Bei einem Wachstum des realen Bruttonozialprodukts (in Preisen von 1980) zwischen 1970 und 1987 von rund 49 % sind die Schwefeldioxidemissionen um 40 %, die

Staubemissionen um 57 % und die Kohlenmonoxidemissionen um 37 % zurückgegangen. Während der Rückgang der Staubemissionen im wesentlichen schon in den 70er Jahren erfolgte, fanden die signifikanten Rückgänge der Schwefeldioxid- und Kohlenmonoxidemissionen in den 80er Jahren statt, in denen das Bruttosozialprodukt im Zeitraum von 1980 bis 1988 um 24,8 % zunahm. Nach den Prognosen der Bundesregierung werden die Emissionen dieser Luftschadstoffe in den 90er Jahren weiter zurückgehen (BMU/1990a, S. 52). Gründe für diese beträchtlichen Rückgänge waren vornehmlich der rationellere Energieeinsatz (Entkopplung von Energieverbrauch und Wachstum), der verstärkte Einsatz emissionsärmerer Energieträger (Erdgas, Kernenergie) und das Wirksamwerden der zu Beginn und Mitte der 80er Jahre eingeleiteten Maßnahmen zur Rückhaltung von Luftschadstoffen. Bei den NO<sub>x</sub>-Emissionen trat dagegen eine Erhöhung der Emissionen von 27 % auf, die jedoch deutlich unter dem Wachstum des Bruttosozialprodukts zurückblieb. Auch hier erhofft sich die Bundesregierung eine Trendwende.

Obwohl also in einigen Bereichen eine Abkopplung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung - zumindest vorübergehend - erreicht worden ist, trifft dies, wie auch die Bundesregierung in ihrem Umweltbericht 1990 feststellt (BMU/1990, S. 53), für andere Bereiche nicht in diesem Maße zu (Abfallproblematik, Spurengasemissionen). Außerdem gehen zunehmend starke Umweltbelastungen von nicht-wirtschaftlichen Aktivitäten aus (z.B. privatem Verkehr, Tourismus, erhöhten Ansprüchen an den Wohnkomfort).

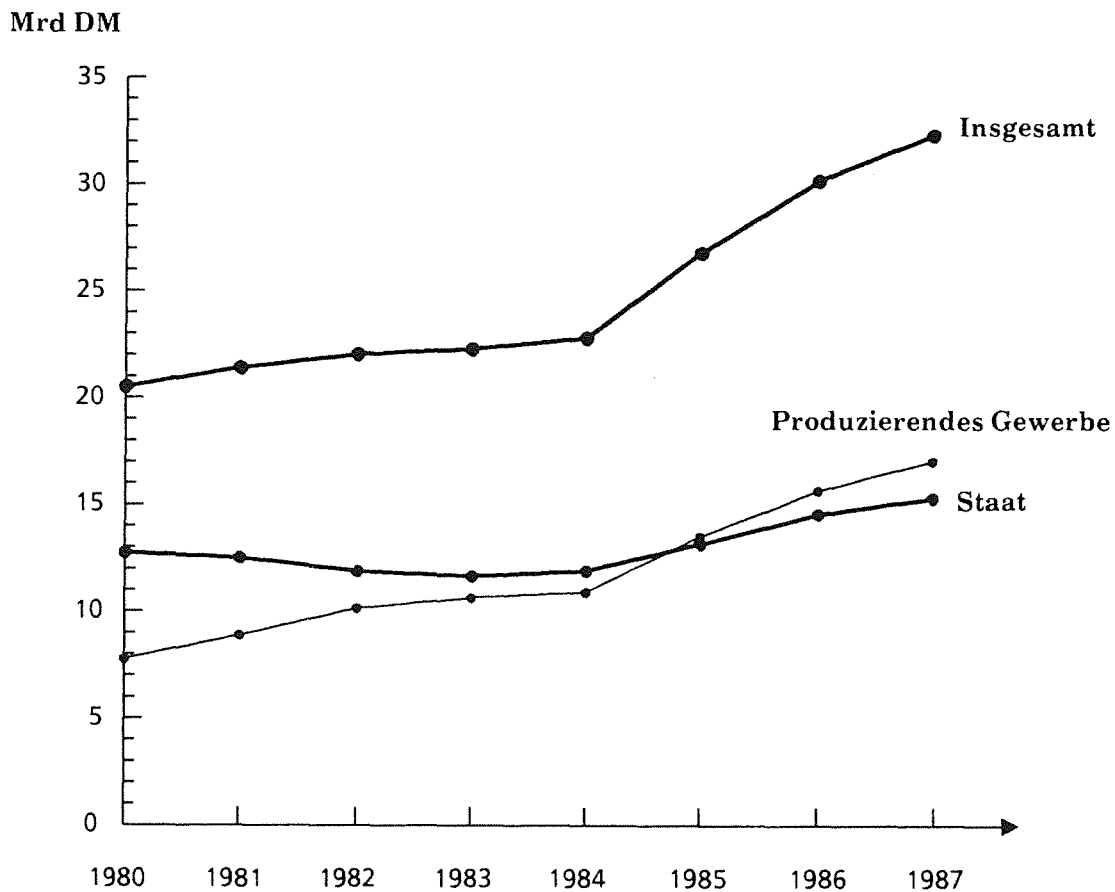
Die bisher erreichten Stabilisierungen oder Entlastungen haben jedoch auch einen erheblichen gesamtwirtschaftlichen Aufwand gefordert. Die gesamtwirtschaftlichen Ausgaben für Umweltschutz (laufende Ausgaben und Investitionen) haben sich real in Preisen von 1980 bis 1987 um 33,5 % erhöht, d.h. von 20 560 Mio. DM (1980) auf 27 440 Mio. DM (1987) (siehe Abb. 1). Bis 1986 überwogen dabei die staatlichen Ausgaben, inzwischen ist der Anteil des produzierenden Gewerbes mit 52 % (Statistisches Bundesamt/1989, S. 586) höher als der des Staates (48 %). Die Umweltschutzausgaben des produzierenden Gewerbes haben sich dabei seit 1980 fast verdoppelt von 7 810 Mio. DM auf 14 160 Mio. DM (1987 / 81 %), was für die 80er Jahre die stärkere Durchsetzung des Verursacherprinzips verdeutlicht. Die gesamtwirtschaftlichen Ausgaben für Umweltschutz werden sich voraussichtlich weiterhin auf einem hohen Niveau bewegen, u.a. deshalb, weil die Grenzkosten für weitergehende Maßnahmen der Schadstoffrückhaltung bei dem bisher erreichten Niveau der Rückhaltung deutlich steigen werden. Entlastungen bei den Umweltschutzausgaben werden sich möglicherweise erst dann ergeben, wenn von einer vornehmlich reparierenden Umweltpolitik auf eine ressourcenschonende Umweltpolitik übergegangen wird. Umweltpolitik muß sich heute, so Umweltminister Toepfer, als übergreifend wirksame und präventive Ressourcenschonungspolitik begreifen, insbesondere im Bereich der Energieressourcen, wenn die erreichten Stabilisierungen oder Entlastungen bei den klassischen Schadstoffen langfristig gesichert werden sollen und das CO<sub>2</sub>-Problem gelöst werden soll (Toepfer/1990, S. 11).

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich in den 70er und 80er Jahren in der Umweltpolitik vornehmlich auf ordnungsrechtliche Instrumente der Umweltpolitik verlassen, d.h. auf Gebote und Verbote (z.B. Festlegung von Emissionsgrenzwerten etc.), und damit zweifellos Erfolge erzielt. Andere Instrumente, wie z.B. Abgaben, wurden nur vereinzelt eingesetzt. In einigen Fällen hat sich auch die Industrie auf freiwilliger Basis zu bestimmten Umweltschutzmaßnahmen verpflichtet.

Als Nachteile des vorrangig eingesetzten ordnungsrechtlichen Instrumentariums werden die fehlende Kostenoptimalität und das Fehlen von Anreizen gesehen, mehr Anstrengungen zur Vermeidung von Umweltbelastungen zu unternehmen, als die ordnungsrechtlichen Regelungen, z.B.

Emissionsgrenzwerte, erfordern. Deshalb flackerte immer wieder in den 80er Jahren die Diskussion auf, ob nicht in stärkerem Maße sogenannte marktwirtschaftliche Instrumente (Abgaben/Steuern, Emissionszertifikate, Kompensationsregelungen) eingesetzt werden sollten, die nach Meinung ihrer Verfechter die genannten Nachteile der ordnungsrechtlichen Instrumente vermeiden. Die Position der Bundesregierung ist in diesem Bereich, am ordnungsrechtlichen Instrumentarium als Kern des staatlichen Instrumentariums festzuhalten, aber möglicherweise dieses durch marktwirtschaftliche Instrumente zu ergänzen (BMU/1990a, S. 40). So sieht die Bundesregierung bei der Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen einen geeigneten Einsatzbereich für marktwirtschaftliche Instrumente (BMU/1990b, S. 350). Die Einsatzmöglichkeiten ordnungsrechtlicher Instrumente sind hier begrenzt, da keine wirtschaftlich vertretbaren Rückhaltungsmöglichkeiten verfügbar sind, auf die Grenzwertfestlegungen basiert werden könnten.

**Abb. 1: Gesamtwirtschaftliche Ausgaben\* für Umweltschutz 1980 - 1987  
in jeweiligen Preisen  
Mrd DM**



\* Laufende Ausgaben und Investitionen für Umweltschutz  
Quelle: Statistisches Bundesamt

## B. Landwirtschaft

Die Umweltbelastungen durch die Landwirtschaft sind in den 80er Jahren zunehmend zu einem Thema geworden. Dies veranlaßte den SRU, im Jahre 1985 ein Sondergutachten "Umweltprobleme der Landwirtschaft" herauszugeben. Er kam in seinem Gutachten zu der Aussage, daß in der Landwirtschaft insgesamt eine starke tatsächliche Emissionssteigerung festzustellen ist. Zwar hat sich die volkswirtschaftliche Bedeutung der Landwirtschaft, gemessen an ihrem Anteil an der volkswirtschaftlichen Bruttowertschöpfung, verringert, die Produktionsmengen sind aber trotz eines starken Rückgangs der Arbeitskräfte durch erhebliche Steigerungen des Betriebsmitteleinsatzes und durch zunehmende Technisierung enorm gestiegen (SRU/1985, S. 18 ff; bestätigt in SRU/1989, S. 97).

Insbesondere der stark gestiegene Betriebsmitteleinsatz in Form von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln trägt erheblich zur gestiegenen Umweltbelastung bei. Der SRU verweist in seinem Umweltgutachten von 1987 darauf (SRU/1987, S. 97), daß die Landwirtschaft unter umweltpolitischen Aspekten noch ein weitgehend restriktionsfreier Bereich ist und deshalb die Emissionspotentiale weitgehend ausgeschöpft werden. Die Düngung orientiert sich oft nicht an dem Kriterium des Ersatzes der durch landwirtschaftliche Produktion entzogenen Nährstoffe, so daß es zu einer Überdüngung und damit zu einer Umweltbelastung kommt. Ein besonderes Problem besteht beim Gülleeinsatz in Gebieten mit Massentierhaltung, in denen sich der Gülleeinsatz als Düngemittel oft weniger am Nährstoffbedarf der Pflanzen orientiert, sondern als Entsorgung zu sehen ist. Auch beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln wird das erforderliche Maß oft überschritten.

Als besondere Umweltprobleme, die von der Landwirtschaft verursacht werden, nennt die Bundesregierung in ihrem Umweltbericht (BMU/1990a, S. 48/49)

- die Beeinträchtigung der Lebensstätten wildlebender Tier- und Pflanzenarten,
- die Gefährdung des Grund- und Trinkwassers durch Nitrat und Pflanzenschutzmittel sowie die Beeinträchtigung der Oberflächengewässer durch indirekte, diffuse Stoffeinträge,
- die Schädigung des Bodens durch Verdichtungen, Erosion und stoffliche Belastung,
- die Schadstoffbelastung von Nahrungsmitteln.

Die Bundesregierung sieht in diesem Bereich noch erheblichen Handlungsbedarf; verschiedene Maßnahmen wurden bereits getroffen, den bisher weitgehend restriktionsfreien Bereich zu regulieren. Zu nennen sind die Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung von 1985 und ihre Umsetzung durch Novellierung verschiedener Fachgesetze, z.B. im Pflanzenschutzrecht und im Düngemittelrecht, durch die nationale Umsetzung von EG-Bestimmungen, z.B. zur Förderung von Flächenstillegungen und zur Extensivierung der Landwirtschaft, und durch Regelungen im Naturschutzrecht und durch agrarwirtschaftliche und -strukturelle Maßnahmen.

## C. Produzierendes Gewerbe

Im Bereich des Produzierenden Gewerbes haben in den 80er Jahren die eingeleiteten Maßnahmen zur Luftreinhaltung und zum Gewässerschutz ihre Wirkung gezeigt, so daß in vielen Bereichen, z.B. bei den Luftschadstoffen und bei Abwasseremissionen, eine Entspannung eingetreten ist bzw. mit Verschärfungen der Umweltbelastungen nicht zu rechnen ist. Allerdings darf das nicht darüber hinwegtäuschen, daß dies nicht für eine Vielzahl spezifischer Fälle von Umweltbelastungen gilt, z.B. für Emissionen besonders gefährlicher Stoffe, diffuse Emissionen und Emissionen aus kleinen Quellen, für lokal begrenzte Umweltbelastungen, für die Einführung neuer Stoffe (z.B. Chemikalien) etc. Die Betrachtung dieser Umweltbelastungen kann nur durch eine differenzierte

Behandlung einzelner Wirtschaftszweige geleistet werden, was im Rahmen dieser Studie nicht möglich ist.

Ein Bereich, in dem noch keine Entspannung eingetreten ist, ist das Abfallaufkommen des Produzierenden Gewerbes. Mengenmäßig überwiegt hier der Bauschutt und Bodenaushub; unter Umweltgesichtspunkten sind aber die bei Produktionsprozessen anfallenden Abfälle von größerer Bedeutung. Weiterhin produziert das Produzierende Gewerbe durch Verpackungen erhebliche Mengen von Abfällen, die als Hausmüll anfallen. Die produktionsbedingten Abfallmengen sind zwar in den 80er Jahren nicht drastisch gestiegen, nach einem Absinken in der Mitte der 80er Jahre zeigen die Mengen aber jetzt wieder ansteigende Tendenz.

Das Abfallproblem erhält insbesondere durch Engpässe im Entsorgungsbereich (fehlender Deponieraum, öffentliche Widerstände gegen Müllverbrennungsanlagen und andere Entsorgungsanlagen, Sättigungstendenzen im Recycling-Bereich) zunehmende umweltpolitische Brisanz.

Die Bundesregierung (BMU/1990a, S. 151) sieht zwar Erfolge im Bereich der Wiederverwertung (vornehmlich Altpapier, Glas, aber auch in einigen anderen Bereichen); im Bereich der Vermeidung, dem prioritären abfallpolitischen Ziel, sind aber bisher kaum Erfolge zu verzeichnen.

Angesichts der geschilderten Sachlage wird die Abfallproblematik generell ein vorherrschendes umweltpolitisches Aktionsfeld in den zukünftigen Jahren sein.

#### D. Energie

Der Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und Umweltbelastung ist ein Dauerthema seit der ersten Ölkrise 1973. In den 80er Jahren ist es erfolgreich gelungen, den Energieverbrauch vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln. Während das Bruttosozialprodukt im Zeitraum von 1980 bis 1988 um 24,8 % stieg, erhöhte sich der Primärenergieverbrauch in diesem Zeitraum nicht. Zwischenzeitlich war er sogar trotz positiven wirtschaftlichen Wachstums gesunken, hat aber jetzt wieder das Niveau von 1980 erreicht. Für diese Entkopplung waren insbesondere die Erfolge bei der rationelleren Energienutzung verantwortlich, die durch die Erhöhung der Energiepreise nach der zweiten Ölkrise ausgelöst wurden. Mit dazu beigetragen haben aber auch das gesteigerte Bewußtsein der Bevölkerung über die Zusammenhänge zwischen Energieverbrauch und Umweltbelastung, z.B. bezüglich der Entstehung von Waldschäden, die anhaltende Opposition gegen die Kernenergie, die u.a. Energieeinsparung als Alternative zur Kernenergie propagierte, und schließlich auch wirtschaftsstrukturelle Veränderungen. Die Bundesregierung hat dabei mit verschiedenen Maßnahmen die rationelle Energienutzung gefördert.

Die rationellere Energienutzung hat sich entlastend auf die Emissionen aus der Energieerzeugung und -nutzung ausgewirkt und den Effekt der eingeleiteten Maßnahmen zur Schadstoffrückhaltung verstärkt.

Das Thema Energie und Umwelt, das seit Mitte der 80er Jahre etwas in den Hintergrund getreten war, hat in der politischen Diskussion zu CO<sub>2</sub> und Treibhauseffekt wieder erheblich an Brisanz gewonnen. Als Forderungen werden weitere Anstrengungen zur rationelleren Energienutzung und die verstärkte Forderung nach Nutzung regenerativer Energieträger erhoben. In diesem Zusammenhang werden, wie bereits erwähnt, die Einführung von Energiesteuern oder einer CO<sub>2</sub>-Steuer diskutiert. Der Bundestag hat eine Enquête-Kommission "Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" eingesetzt, die sich insbesondere auch mit den Möglichkeiten der Reduzierung der Emissionen

von CO<sub>2</sub> und anderen Spurengasen beschäftigt. Das BMFT hat vor diesem Hintergrund seine langjährigen FuE-Aktivitäten zur Entwicklung regenerativer Energieträger weiter intensiviert.

Angesichts der von der Bundesregierung eingegangenen Verpflichtung, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahre 2005 um 25 % zu reduzieren, wird der Bereich Energie und Umwelt in der Zukunft ein zentraler Bereich politischer Aktivitäten sein müssen.

#### E. Verkehr

Der Verkehr ist in der Bundesrepublik Deutschland zu einem Umweltbelastungsfaktor mit steigender Tendenz geworden. Dies betrifft die Verkehrsemissionen, es gilt ebenso für die Belastungen städtischer Lebensbedingungen durch Emissionen, Lärm, Unfallgefahren, Parkprobleme und schließlich auch für den Landschaftsverbrauch durch zunehmenden Verkehrswegebau.

Die Emissionsbelastung durch den Straßenverkehr ist trotz der eingeleiteten Maßnahmen zur Schadstoffrückhaltung durch die enorm gestiegenen Fahrleistungen nicht stabilisiert worden. Status-quo-Projektionen des Pkw-Verkehrs prognostizieren einen weiteren starken Anstieg der Fahrleistungen um 30 % von 1987 bis zum Jahre 2010 aufgrund höheren Motorisierungsgrads, des Anstiegs der zur Führung eines Pkw berechtigten Bevölkerung, höherer Einkommen, geringerer Arbeitszeit und der Zunahme der Mobilität und des Tourismus (DIW/1990, S. 180). Durch den EG-Binnenmarkt wird darüber hinaus ein stärkerer Güterkraftverkehr erwartet. Auch die deutsche Einheit wird weitere Erhöhungen des Verkehrsaufkommens mit sich bringen.

Ohne Änderung der Verkehrspolitik, die bisher den Kraftzeugverkehr begünstigt oder zumindest nicht durch Rahmenbedingungen begrenzt, und des Verkehrsverhaltens der Bevölkerung wird sich die Situation im Straßenverkehr und die damit verbundene Umweltbelastung weiter verschärfen. In diesem Bereich besteht ein hoher verkehrs- und umweltpolitischer Handlungsbedarf zur Eindämmung des Straßenverkehrs, insbesondere auch vor dem Hintergrund der CO<sub>2</sub>-Problematik. Förderung des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs generell, weitere Senkung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs von Kfz, Einschränkungen im städtischen Kfz-Verkehr durch Verbote und Verkehrsberuhigungen und preispolitische Maßnahmen zur Eindämmung des Straßenverkehrs werden von Fachleuten als unvermeidlich angesehen.

### I.1.3 Gegenwärtige staatliche Maßnahmen und Planungen für die zukünftige Umweltschutzpolitik

#### A. Einige generelle Bemerkungen zur Förderung von Umweltforschung und -technologie

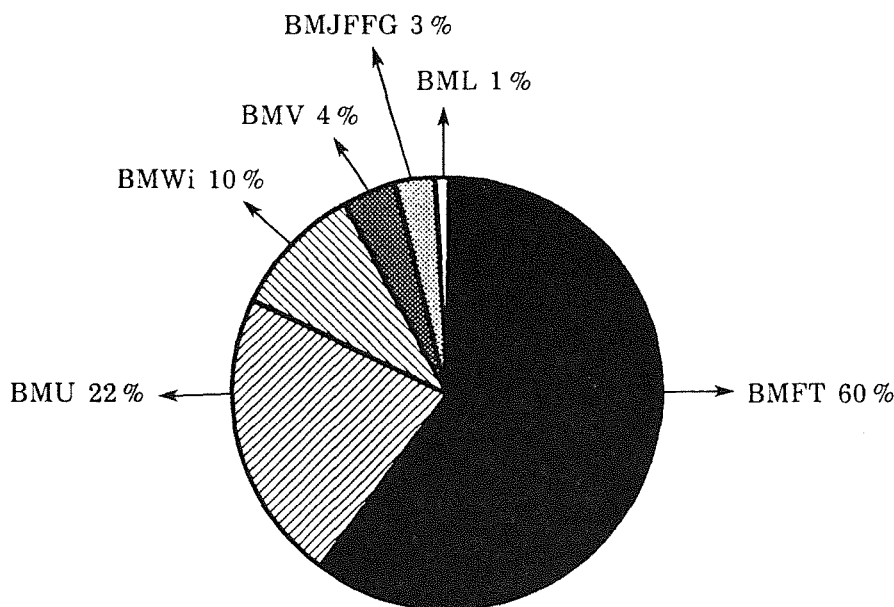
Die Förderung von Umweltforschung und -technologie war schon in den 70er Jahren ein prioritärer Bereich der staatlichen Forschungs- und Technologiepolitik, so daß die Fördermittel für diesen Bereich bereits 1980 ein hohes Niveau erreicht hatten. Die Förderung durch den Bund betrug 1980 bereits 440 Mio. DM. Auch die Bundesländer fördern aus ihren Budgets Umweltforschung und -technologie. Insbesondere die wirtschaftsstarken Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Hessen und Nordrhein-Westfalen verfügen über nicht zu vernachlässigende Budgets. Der finanzielle Anteil der Förderung aller Länder von Umweltforschung und -technologie an der gesamten staatlichen Umweltforschungs- und -technologieförderung liegt gegenwärtig bei 23 %.

Auf Bundesebene ist der wesentliche Förderer das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) mit gegenwärtig etwa 60 % Anteil an den Bundesausgaben für Umweltforschung



und -technologie in Höhe von insgesamt 741 Mio. DM (siehe Abb. 2). Das BMFT bringt die Mittel im Rahmen seiner Zuständigkeit für die allgemeine Forschungs- und Technologieförderung auf. Die Mittel der anderen Bundesministerien für Umweltforschung sind als sog. ressortakzessorische Forschung (Ressortforschung) einzuordnen. Ressortforschung kann als Forschung definiert werden, die der sachgemäßen Erfüllung der Ressortaufgaben (z.B. der Vorbereitung von Gesetzen, Verwaltungsvorschriften etc.) dient. Im Rahmen ihrer Ressortaufgaben fördern das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (gegenwärtiger Anteil von 22 % an den Bundesausgaben für Umweltforschungs- und -technologieförderung), das Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) (10 %), das Bundesministerium für Verkehr (BMV) (4 %), das Bundesministerium für Jugend, Familien, Frauen und Gesundheit (BMJFFG) (3 %) und das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML) (1 %) Umweltforschung.

**Abb. 2: Anteile einzelner Bundesministerien an den Ausgaben des Bundes für Umweltforschung und -technologieentwicklung 1989**



Schließlich fördern auch die großen Trägerorganisationen für Forschungsförderung aus ihren institutionellen Mitteln Umweltforschung. Zu nennen sind hier

- die gemeinsam von Bund und Ländern finanzierte Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), die Grundlagenforschung an den Universitäten fördert,
- die ebenfalls von Bund und Ländern gemeinsam finanzierte Max-Planck-Gesellschaft (MPG), die Grundlagenforschung in den von ihr getragenen Instituten fördert, sowie
- die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der Angewandten Forschung (FhG), die Auftragsforschung für die Wirtschaft und die öffentliche Hand durchführt, aber auch über institutionelle Mittel (vornehmlich Bundesmittel) verfügt.

Wenn man den erweiterten Begriff "umweltrelevante Forschung und Entwicklung" zugrundelegt, so wären auch noch wesentliche Mittel zu berücksichtigen, die für die Forschungs- und Technologieförderung in anderen Bereichen, z.B. im Bereich der Energie- und Verkehrstechnik, ausgegeben werden, da in vielen Fällen auch die Umweltschonung ein wesentliches Forschungs- und Ent-

wicklungsziel solcher Förderaktivitäten ist. Den Umfang dieser Mittel abzuschätzen, stößt aber auf große Schwierigkeiten; für das BMFT liegen für 1989 Schätzungen vor in Höhe von ca. 950 Mio. DM, in denen die Mittel für Umweltforschungs- und technologieentwicklung in engerem Sinne von knapp 450 Mio. DM enthalten sind.

## B. Ziele

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Fördermaßnahmen des BMFT und des BMU, die die wichtigsten Förderer von Umweltforschung und -technologie auf Bundesebene darstellen.

### *Förderung durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie*

Das Bundesministerium für Forschung und Technologie hat im Jahr 1989 das Programm "Umweltforschung und Umwelttechnologie 1989 bis 1994" verabschiedet, das sich an das Programm 1984-1987 anschließt (BMFT/1984) und dessen programmatische Aussagen hier in gekürzter Form wiedergegeben werden (BMFT/1989). Einleitend zu diesem Programm heißt es:

"Die Existenz des Menschen ist über Nahrungsketten, Stoff- und Energiekreisläufe unabdingbar mit seiner Umwelt verknüpft. Leben und Gesundheit des Menschen sind jetzt und in Zukunft vor Schäden zu bewahren, Ökosysteme, Tiere und Pflanzen in ihrer genetischen Vielfalt zu erhalten, Luft, Wasser, Boden und Klima als unabdingbare, natürliche Lebensgrundlage zu sichern und Sachgüter zu schützen.

Die Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen durch verantwortlichen Umweltschutz ist deshalb in der Bundesrepublik Deutschland elementarer Bestandteil der Zukunftssicherung. Vorsorge gegen mögliche Umweltschäden ist sowohl unter ökologischen als auch unter ökonomischen Gesichtspunkten erforderlich und entspricht darüber hinaus einer Ethik menschlichen Handelns, die in der Bewahrung des Lebenszusammenhangs der Schöpfung ihre Grundlage hat (BMFT/1989, S. 7)."

Daraus leiten sich die folgenden Ziele der Umweltpolitik der Bundesregierung ab, zu deren Erfüllung auch die Umweltforschungspolitik beizutragen hat:

- "Schutz und Erhaltung von Leben und Gesundheit des Menschen als oberste Verpflichtung jeden staatlichen Handelns,
- Schutz und Erhaltung von Tieren, Pflanzen, Ökosystemen als natürliche Existenzgrundlage des Menschen,
- Schutz der natürlichen Ressourcen Boden, Wasser, Luft und Klima für vielfältige Nutzungsansprüche des Menschen,
- Schutz und Erhaltung von Sachgütern als kulturellen und wirtschaftlichen Werten des einzelnen und der Gemeinschaft (BMFT/1989, S. 7)."

In der Vergangenheit haben in der Umweltpolitik und auch in der Umweltforschung und -technologieentwicklung wegen akuter Umweltbelastungen der Abbau dieser Belastungen im Vordergrund gestanden; die Umweltforschungspolitik hat hierzu wesentliche Beiträge durch wissenschaftlich fundierte Ursachenforschung (z.B. zu den Waldschäden) und die Förderung von Entsorgungstechnologien in den klassischen Aufgabefeldern Luftreinhaltung, Gewässerschutz und Abfallwirtschaft geleistet.

In Zukunft wird sich der Schwerpunkt der Umweltpolitik und auch der Umweltforschung auf den vorsorgenden Umweltschutz verlagern. Im Rahmen einer präventiven Umweltpolitik kommt der

Umweltforschung- und technologieentwicklung des BMFT eine besondere Bedeutung zu, indem sie in einer Doppelstrategie folgende Ziele verfolgt:

- "Einerseits sollen aus der Erforschung der ökologischen Zusammenhänge und kausalen Wirkungsbeziehungen Grenzwerte für Belastungen der Umweltmedien entwickelt werden, die auch als Vorgaben dienen, an denen umwelttechnologische Verfahren sich künftig auszurichten haben,
- andererseits wird angestrebt, durch bessere Verfahren von vornherein Belastungen zu vermeiden, auch wenn noch keine gesicherten Erkenntnisse über Grenzwerte der Verträglichkeit vorliegen, da anderenfalls Umweltschäden, wenn überhaupt, nur mit großem Aufwand wieder beseitigt werden können (BMFT/1989, S. 18)."

Die Vermeidung und Beseitigung bestehender Umweltbelastungen und Umweltschäden wird daneben natürlich weiterhin auch ein wichtiges Ziel der Umweltforschung- und -technologieentwicklung bleiben.

Für seine Förderung von Forschung und Technologie im Umweltbereich hat das BMFT bestimmte Leitlinien, Kriterien und Förderinstrumente entwickelt.

Umweltforschung- und -technologieförderung als staatliche Aufgabe soll sich generell konzentrieren "auf Probleme der Grundlagen- und Querschnittsforschung sowie grundlegende Entwicklungen mit hohem technischen und wirtschaftlichen Risiko". Dementsprechend ergeben sich für das Programm des BMFT folgende leitende Aufgabenstellungen:

1. "Aufklärung ökologischer Zusammenhänge und kausaler Ursachen/Wirkungsnetze durch systematische, medienübergreifende Forschung, um sowohl die für die künftige technologische Entwicklung bedeutsamen, ökologischen Orientierungsgrößen abzuleiten als auch die Wirkung der nicht vermeidbaren Emissionen zu erkennen und ökologisch zu bewerten sowie Staat und Gesellschaft Handlungsempfehlungen geben zu können.
2. Prototypische Entwicklung, Erprobung und Erstinnovation der besten Technologien (Vermeidung, Verminderung, Verwertung umweltbelastender Stoffe), um direkte Gefährdungen der Ökosysteme oder indirekte Belastungen durch Schadstofftransfer zwischen den Umweltmedien "Wasser, Boden und Luft" oder den unterschiedlichen Ökosystemen abzuwenden, wobei von der medialen monokausalen Ursache-Wirkungs-Betrachtung zur ökosystemaren Betrachtung überzugehen ist.
3. Entwicklung und Erprobung umweltentlastender Sanierungstechnologien zur Reduzierung bzw. zum Abbau bereits bestehender Umweltbelastungen, sofern sie Pioniercharakter haben (BMFT/1989, S. 33)."

Im Bereich der Umweltforschung gilt wie in der öffentlichen Forschungs- und Technologieförderung generell das Subsidiaritätsprinzip, d.h. die staatliche Forschungs- und technologieförderung setzt nur dort an, wo keine Forschungsaktivitäten von anderer Stelle zu erwarten sind bzw. deren volle Finanzierung anderen Stellen nicht zugemutet werden kann.

Die Umsetzung des Subsidiaritätsprinzips im Bereich der Umweltforschung- und -technologieförderung bedeutet für das BMFT, daß Forschung in diesem Bereich nur dann gefördert werden kann, wenn

- "die Forschung der Zukunftsvorsorge dient (Vorsorgeforschung)
- das betreffende Vorhaben von öffentlichem Interesse ist

- ein innovativer technischer Ansatz entwickelt werden soll und
- von der Industrie aus wirtschaftlichen Gründen kein ausreichendes Engagement zu erwarten ist, insbesondere bei kleinen und mittelständischen Unternehmen,
- das wirtschaftliche Entwicklungsrisiko zu groß ist (BMFT/1989, S. 33/34)."

Das BMFT bedient sich verschiedener Förderinstrumente im Umweltbereich:

- der institutionellen Forschungsförderung,
- der direkten Projektförderung in Form der Einzelprojektförderung,  
und
- der direkten Projektförderung in Form der Verbundforschung.

Die institutionelle Forschungsförderung umfaßt die Förderung von Umweltforschung in den Großforschungseinrichtungen und anderen Forschungseinrichtungen des Bundes und der Länder. Mit ihr sollen Forschungskapazitäten aufgebaut und kontinuierlich betrieben werden, die in der Lage sind, langfristige und komplexe Vorhaben durchzuführen.

Bei der Verbundforschung handelt es sich um die Förderung der arbeitsteiligen Bearbeitung von Forschungsthemen durch verschiedene Forschungsinstitute und Unternehmen. Unterscheiden kann man hier die vertikale Verbundforschung, bei der es um die Verknüpfung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten geht, z.B. durch Zusammenarbeit von Forschungsinstituten und Herstellern oder Anwendern von Umweltschutztechnologien. Die Intention hinter der vertikalen Verbundforschung ist die Förderung des Transfers und der schnelleren Umsetzung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse. Die horizontale Verbundforschung verschiedener Forschungsinstitute wird als adäquates Instrument für die Bearbeitung interdisziplinärer, sektor-übergreifender Themen angesehen, z.B. in der ökologischen Forschung.

Für die Organisation der Verbundforschung hat es sich als sinnvoll erwiesen, zu Forschungsschwerpunkten Ausschreibungen durchzuführen und eingehende Projektanträge im Zusammenhang zu bewerten und auf dieser Basis Forschungsverbände zu organisieren.

Die direkte Projektförderung dient der Förderung von Einzelvorhaben, z.B. der Bearbeitung punktueller Probleme und der Förderung einzelner technischer Entwicklungen z.B. bei kleinen und mittleren Unternehmen. Daneben werden auch problemorientierte Projekte gefördert, bei denen exemplarisch die Lösung von Umweltproblemen demonstriert werden soll, z.B. die Sanierung von Altlastenstandorten oder die Sanierung kleiner Flüsse.

Bei der Durchführung seiner umfangreichen Forschungs- und Technologieentwicklungsförderung bedient sich das BMFT sog. Projektträgerschaften, die zumeist in den Großforschungseinrichtungen angesiedelt sind. Ihnen obliegt die inhaltliche Konkretisierung von Förderschwerpunkten, die Durchführung von Ausschreibungen, die Prüfung und Bewertung eingehender Projektanträge und die Erstellung von Förderempfehlungen, auf deren Basis das BMFT seine Förderentscheidungen trifft, sowie die administrative Abwicklung der geförderten Projekte, die wissenschaftliche Projektbegleitung und die Erfolgskontrolle. Zur Zeit wird das BMFT im Bereich der Umweltforschung- und Technologieförderung durch 6 Projektträger unterstützt.

#### *Förderschwerpunkte im Bereich "Umweltforschung und -technologie"*

Die Umweltforschungs- und -technologieförderung des BMFT ist in drei Förderschwerpunkte unterteilt:

- Ökologische Forschung,
- Umwelttechnologien,
- Klimaforschung.

Innerhalb dieser Förderschwerpunkte werden bestimmte Forschungsschwerpunkte definiert, für die die jeweiligen zuständigen Projektträger Förderkonzepte formulieren, die vom Bundesminister für Forschung und Technologie gebilligt werden müssen. In den Förderkonzepten werden die Ziele des Forschungsschwerpunktes und die einzelnen vorrangig zu bearbeitenden Themenbereiche definiert und begründet. Auf der Basis dieser Förderkonzepte werden Ausschreibungen für die jeweiligen Themenbereiche formuliert.

In der ökologischen Forschung gibt es die folgenden Forschungsschwerpunkte:

- Ökosystemforschung,
- Waldschadensforschung,
- Bodenbelastung und Wasserhaushalt,
- Atmosphärische Prozesse und Stoffkreisläufe,
- Ökotoxikologie (Umweltbelastungen durch Chemikalien),
- Umwelt und Gesundheit.

Unter diesen Forschungsschwerpunkten im Bereich der ökologischen Forschung wird in Zukunft der *Ökosystemforschung*, die auf das Verständnis von Ursachen und Wirkungszusammenhängen in Ökosystemen gerichtet ist, besondere Bedeutung zukommen. Dies verdeutlicht die Tendenz zu einem stärker präventiven und ganzheitlichen Ansatz der Umweltforschung. Da Ökosystemforschung ein hohes Maß an interdisziplinärer und integrativer Kooperation und Kontinuität erfordert, hat das BMFT sich entschlossen, in diesem Bereich eine Reihe von Ökosystemforschungszentren aufzubauen, die sich mit Wald-, Agrar- und aquatischen Ökosystemen und den Schnittstellen zwischen diesen befassen. Mittelfristig ist auch geplant, ein Ökosystemforschungszentrum für urbane Ökosysteme aufzubauen, zunächst wird urbane Ökosystemforschung im Rahmen eines Förderschwerpunktes auf Vorhabensbasis gefördert.

Die *Waldschadensforschung*, einer der besonderen Schwerpunkte der 80er Jahre im Rahmen der ökologischen Forschung, dürfte in Zukunft etwas im Umfang der Fördermittel zurückgeführt werden, zumal ein Teil der Waldschadensforschung in die Ökosystemforschungszentren eingebunden wird.

Im Bereich *Bodenbelastung und Wasserhaushalt* werden die Eigenschaften und die Belastung und Gefährdung der Böden durch Schadstoffeintrag, Wind- und Wassererosion, Bodenverdichtung und verschiedene Bodennutzungsansprüche analysiert, um wirksame Maßnahmen zum Schutz des Bodens ergreifen zu können. Da der Boden wichtiges Kontaktmedium für alle Gewässertypen ist und eine wichtige Funktion im Wasserhaushalt hat, sind gewässerökologische Untersuchungen in engem Zusammenhang mit der Bodenforschung durchzuführen. So werden im Rahmen dieses Forschungsschwerpunktes auch die modellhafte Entwicklung ökologischer Sanierungskonzepte für kleine Fließgewässer gefördert.

Im Bereich *Atmosphärische Prozesse und Stoffkreisläufe* werden Untersuchungen zur Aufklärung physikalisch-chemischer Prozesse von Schadstoffen in der Atmosphäre gefördert. Diese umfassen den klein- und weiträumigen Transport von Schadstoffen und deren Umwandlungsreaktionen während des Transports sowie die Ablagerung von Schadstoffen. Viele der geförderten Vorhaben stehen in engem Bezug zur Waldschadensforschung, so daß dieser Bereich der ökologischen For-

schung zugeordnet ist, obwohl natürlich auch ein enger Zusammenhang zum Bereich Klimaforschung besteht.

Im Bereich *Ökotoxikologie* rücken zunehmend - neben der Ermittlung von Dosis/Wirkungsbeziehungen von Stoffen und Stoffklassen auf Lebewesen - Fragen nach Wirkung und Verhalten von Umweltchemikalien im Ökosystemen in den Mittelpunkt der Forschung.

Im Bereich *Umwelt und Gesundheit* steht die Analyse der Wirkung von Umweltfaktoren auf die Menschen im Vordergrund. Die Forschung ist hier mit dem Problem konfrontiert, daß der Mensch einer Vielzahl von Umweltfaktoren und anderen Faktoren ausgesetzt ist, deren Schädlichkeit wiederum von einer Vielzahl von Faktoren und deren Wechselwirkungen abhängt. Es kann zu synergistischen oder antagonistischen Effekten kommen; Schadstoffe können Langzeitwirkungen haben trotz geringer Konzentration; die Wirkungen hängen ab von menschlichen Dispositionen. Angesichts der Komplexität der Problematik ist es Ziel der Forschung, zumindest für Teilbereiche das Verständnis der komplexen Wirkungszusammenhänge zu verbessern.

Der Bereich Umwelttechnologie untergliedert sich in die Bereiche

- Abfallwirtschaft und Altlastensanierung,
- Emissionsarme Technologien und Produkte,
- Luftreinhaltung,
- Gewässerschutz,
- Wasserversorgung,
- Abwasser- und Klärschlamm Entsorgung,
- Wasseranalytik,
- Sicherheitsforschung und Sicherheitstechnik,
- Strahlenschutz.

Im Bereich der Umwelttechnologie wird sich der Schwerpunkt in Zukunft von den Rückhaltungs- und Sanierungstechnologien auf die Vermeidung von Umweltbelastungen (emissionsarme und ressourcenschonende Produktionsprozesse) verlagern, d.h. der präventive Umweltschutz wird in den Vordergrund treten. In verschiedenen Bereichen gibt es aber noch einen erheblichen Entwicklungsbedarf für Rückhaltungs- und Sanierungstechnologien. Zu nennen sind hier u.a. die Rückhaltung organischer Luftschadstoffe, die Entwicklung von Verfahren zur Altlastensanierung, die Verbesserung von Abwasserbehandlungsverfahren und von Abfallentsorgungstechniken, die Entsorgung von Gülle und die Förderung der Wiederverwertung von Abfallstoffen und Abwässern.

Im Rahmen der Klimaforschung liegen die Schwerpunkte in der

- Stratosphärischen Ozonforschung (Ozonforschungsprogramm),
- Forschung zum Treibhauseffekt,
- Forschung über Spurenstoffe in der Troposphäre,
- Klimawirkungsforschung.

Der Bereich der Klimaforschung wird in Zukunft im Rahmen der BMFT-Förderung noch weiter an Bedeutung gewinnen. In Vorbereitung ist ein nationales Forschungsprogramm zu globalen Umweltveränderungen (Global Change), das der Abstimmung und Zusammenführung von bisherigen, in diesem Zusammenhang relevanten Forschungsaktivitäten dienen soll; dabei werden auch Forschungsaktivitäten einbezogen, die in der Förderungssystematik des BMFT nicht unter

Umweltforschung firmieren, z.B. aus den Bereichen Meeres- und Polarforschung und Weltraumforschung und -technologie.

#### *Förderung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit*

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) ist neben dem BMFT der wichtigste Förderer von Umweltforschung auf Bundesebene (162,8 Mio. DM 1989, Soll). Die Forschungs- und Entwicklungsvorhaben des BMU dienen der Gewinnung wissenschaftlicher Entscheidungsgrundlagen und -hilfen für die Gestaltung der Umweltpolitik, insbesondere bei der Vorbereitung, Überprüfung, Weiterentwicklung und Umsetzung von Gesetzen, Verordnungen, Verwaltungsvorschriften, internationalen Vereinbarungen und sonstigen Instrumenten des Umweltschutzes. Diesem Ziel dient natürlich auch die zuvor geschilderte Umweltforschungs- und -technologieförderung des BMFT. Die Abgrenzung zur Förderung des BMFT besteht darin, daß die Ressortforschung des BMU stärker auf aktuell anstehende gesetzgeberische und andere Maßnahmen im Bereich der Umweltpolitik gerichtet ist.

Schwerpunkte der Ressortforschung des BMU sind gemäß dem Jahresbericht 1988 des Umweltbundesamts (UBA/1989, S. 7)

- Erfassung, Prognose und Bewertung des Umweltzustandes,
- Bewertung möglicher stofflicher und nicht-stofflicher Einwirkungen auf die Umwelt,
- Entwicklung und modellhafte Erprobung von Konzeptionen zur Vermeidung, Begrenzung und Verminderung von Umweltauswirkungen und Umweltrisiken sowie zur Erhaltung, Wiederherstellung und Verbesserung der Umweltqualität,
- Untersuchungen zu den sozialen, wirtschaftlichen, rechtlichen und organisatorischen Fragen des Umweltschutzes.

Die Vorhabensförderung wird vom Umweltbundesamt (UBA), einer nachgeordneten Behörde des BMU, betreut. Die Themen der geplanten Vorhaben werden jährlich im vom UBA vorbereiteten Umweltforschungsplan (UFOPLAN) veröffentlicht und vom BMU genehmigt; d.h. die Themen werden von der Administration vorgegeben und sind am aktuellen Handlungs- und Entscheidungsbedarf orientiert.

Im Jahre 1988 betrug der Aufwand für diese Vorhaben ca. 63 Mio. DM. Schwerpunkte in bezug auf den Mitteleinsatz waren die Bereiche Luftreinhaltung, Wasserwirtschaft und Chemikalien.

Weiterhin fördert das BMU auch Forschung und Entwicklung in Form institutioneller Forschungsförderung in den ihm nachgeordneten Behörden.

Neben der Förderung von Forschung und Entwicklung fördert das BMU auch über das Umweltbundesamt die prototypische Anwendung neuer Umweltschutztechnologien im Rahmen eines Programms zur "Förderung von Investitionen zur Verminderung von Umweltbelastungen". Dabei handelt es sich um Teilfinanzierungen. In der Zeit von 1979 bis 1988 wurden im Rahmen dieses Programms 826 Mio. DM bewilligt und dadurch aufgrund der Eigenbeteiligung der geförderten Unternehmen ein Investitionsvolumen von 2,5 Mrd. DM ausgelöst.

#### C. Erwartete Veränderungen in betroffenen wissenschaftlichen Einrichtungen

In der Bundesrepublik Deutschland sind keine größeren Veränderungen in der institutionellen Infrastruktur geplant. Wesentliche institutionelle Träger der Umweltforschungs- und -technologieentwicklung sind die nationalen Großforschungseinrichtungen, eine große Zahl anderer von Bund

und Ländern getragenen Forschungseinrichtungen, die Universitäten sowie die Institute der Max-Planck-Gesellschaft und der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der Angewandten Forschung.

Die Großforschungseinrichtungen verwenden beträchtliche Mittel aus ihren institutionellen Budgets für Umweltforschungs- und -technologieentwicklung mit steigender Tendenz. Dies gilt insbesondere für die sich in einer thematischen Neuorientierung befindlichen nuklearen Großforschungszentren, nachdem im Nuklearbereich viele öffentliche Aufgaben als gelöst betrachtet werden können und Großprojekte aufgegeben wurden (Wiederaufarbeitung) bzw. deren weitere Fortführung ungewiß ist (Schneller Brüter).

Die Umweltforschungs- und -technologieentwicklung in den Großforschungseinrichtungen wird über die Arbeitsgemeinschaft der Großforschungseinrichtungen koordiniert. Zudem wurde im Jahre 1987 ein "Umweltbeirat des BMFT für die Großforschungseinrichtungen" etabliert, der das BMFT bei der Nutzung der Kapazitäten und spezifischen Fähigkeiten der Großforschungseinrichtungen für die Durchführung des Umweltforschungsprogramms berät und die Umweltforschungsaktivitäten der GFE evaluiert.

Im Universitätsbereich haben viele Universitäten auf die zunehmende Bedeutung der Umweltforschung mit der Bildung von Umweltforschungszentren oder -arbeitsgemeinschaften reagiert, in denen Universitätsinstitute und -professoren verschiedener Disziplinen zusammenarbeiten.

Auf der Seite der Förderer wird durch die "Deutsche Bundesstiftung Umwelt" ein neuer Förderer hinzukommen, der neben anderen Stiftungsaufgaben insbesondere auch kleinen und mittleren Unternehmen in der bisherigen DDR Mittel für Umwelttechnologieentwicklung zur Verfügung stellen wird. Der Stiftung steht ein Stiftungsvermögen aus der Privatisierung des bundeseigenen Salzgitter-Konzerns zur Verfügung, das jährlich Zinserträge von ca. 200 Mio. DM erbringen wird.

#### I.1.4 Internationale Entwicklungen

Wie in der Umweltpolitik generell, wird von der Bundesregierung auch in der Umweltforschung die internationale Zusammenarbeit für die Bundesrepublik Deutschland als integraler Bestandteil der Umweltforschungspolitik angesehen. Die Zusammenarbeit konzentriert sich dabei auf Umweltprobleme grenzüberschreitender und globaler Natur, d.h. auf die Bereiche grenzüberschreitender Luft- und Wasserverschmutzung, Meeresverschmutzung, Klimaforschung und andere globale Umweltprobleme. Die internationale Zusammenarbeit erfolgt auf multilateraler Basis (EG, EUREKA, UNEP, UNESCO, OECD) sowie auf bilateraler Ebene mit west- und osteuropäischen Ländern, mit Ländern der Dritten Welt sowie mit den USA, Kanada und Japan.

Für die Zukunft ist abzusehen, daß einerseits die multilaterale Zusammenarbeit im Bereich der Global Change Forschung (World Climate Research Programme /WCRP/, International Geosphere-Biosphere Programme /IGBP/) intensiviert und andererseits nach dem Reformprozeß die bilaterale Zusammenarbeit mit osteuropäischen Ländern stark gefördert wird. Mit fast allen osteuropäischen Ländern sind in der zweiten Hälfte der 80er Jahre Abkommen über die wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit abgeschlossen worden, in denen wegen der eklatanten Umweltprobleme in den osteuropäischen Ländern die Umweltforschung ein prioritärer Bereich der Zusammenarbeit sein wird.



## I.2 Die Reaktion der wichtigen FuE-Förderungseinrichtungen in den 80er Jahren

### Entwicklungstrends der Gesamtbudgets für Umweltforschung und -technologieentwicklung in den 80er Jahren

Durch die föderale Struktur der Bundesrepublik Deutschland ist das System der staatlichen Forschungs- und Technologieförderung sehr komplex. Dies gilt ebenso für die FuE-Förderung im Umweltbereich.

Wie schon erwähnt, fördern sowohl die Bundesregierung als auch die Länder Umweltforschung und -technologieentwicklung. Die durchführenden Einrichtungen lassen sich wie folgt einteilen:

- Universitäten,
- Großforschungseinrichtungen,
- andere von Bund und Länder getragene Forschungseinrichtungen,
- private Forschungseinrichtungen ohne Erwerbszweck,
- Wirtschaft.

Teilweise fördern Bundesländer auch aufgrund verschiedener Vereinbarungen gemeinsam

- durch die gemeinsame institutionelle Förderung von Forschungseinrichtungen;
- durch die gemeinsame Finanzierung intermediärer Organisationen wie die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die Grundlagenforschung durch Einzelvorhaben sowie längerfristig angelegte Sonderforschungsbereiche an Hochschulen fördert, und die Max-Planck-Gesellschaft, die Grundlagenforschung in von ihr betriebenen Instituten fördert;
- und durch gemeinsame Finanzierung der Universitäten, wobei für die Finanzierung des laufenden Betriebs in erster Linie die Länder zuständig sind, der Bund sich aber in erheblichem Umfang am Ausbau und Neubau der Universitäten beteiligt, der auch die Finanzierung von Großgeräten umfaßt, die insbesondere auch für Forschung sehr wichtig sind.

Tabelle 1 zeigt die Entwicklung der FuE-Ausgaben des Bundes und der Länder nach Forschungszielen im Zeitraum von 1980 bis 1989 entsprechend der Gliederung der Statistik der Europäischen Gemeinschaften (NABS 83). Wie der Tabelle zu entnehmen ist, werden die FuE-Ausgaben für das Forschungsziel "Umweltverschmutzung (Bekämpfung und Verhinderung)" erst ab 1983 getrennt ausgewiesen. Vergleicht man von 1983 bis 1989 die Entwicklung der gesamten FuE-Ausgaben und der Ausgaben für Umweltforschung und -technologie, so zeigt sich ein starkes überproportionales Wachstum der Ausgaben für Umweltforschung und -technologieförderung; sie stiegen in diesem Zeitraum um 46 % (real zu Preisen von 1980 um 28 %), die Gesamtausgaben um 20 % (real 6 %).

Tab. I: FuE-Ausgaben des Bundes und der Länder nach Forschungszielen zu jeweiligen und konstanten Preisen 1980 1)  
 - Soll-Zahlen in Mio DM -

NABS Forschungsziele	1980	1981	1982	1983	1985	1986	1987	1988	1989
Erforschung und Nutzung der irdischen Umwelt	479,7 (479,7)	503,2 (483,3)	454,6 (418,6)	356,4 (317,9)	444,8 (380,5)	437,4 (363,0)	398,8 (324,5)	488,2 (391,2)	510,8 (398,9)
Infrastrukturmaßnahmen und Raumgesamtplanung	607,8 (607,8)	662,5 (637,0)	663,5 (611,0)	425,7 (379,8)	403,7 (345,3)	401,1 (332,9)	466,3 (379,4)	466,5 (373,8)	466,2 (364,1)
Umweltverschmutzung (Bekämpfung und Verhinderung)	1031,3 (1031,3)	1045,0 (1004,8)	1123,2 (1034,3)	535,5 (477,7)	661,7 (566,0)	690,1 (572,2)	704,6 (573,3)	756,8 (606,4)	783,3 (611,7)
Schutz und Förderung der menschlichen Gesundheit				608,4 (542,7)	637,1 (545,0)	655,2 (543,7)	626,3 (509,6)	695,7 (557,5)	724,3 (565,7)
Erzeugung, Verteilung und rationelle Nutzung der Energie	2446,8 (2446,8)	2700,6 (2596,7)	3548,3 (3267,3)	2899,3 (2586,4)	2657,3 (2273,1)	2213,8 (1837,2)	1782,2 (1450,1)	1564,6 (1253,7)	1515,4 (1183,5)
Landwirtschaftliche Produktivität und Technologie	317,6 (317,6)	351,8 (338,3)	383,4 (353,0)	462,3 (412,4)	417,4 (357,1)	433,1 (359,4)	433,0 (352,3)	455,3 (364,8)	460,5 (359,6)
Industrielle Produktivität und Technologie	1701,2 (1701,2)	1929,9 (1855,7)	2256,9 (2078,2)	2318,5 (2068,2)	2974,2 (2544,2)	3114,2 (2584,4)	3350,7 (2726,4)	3112,0 (2493,6)	2977,5 (2325,3)
Gesellschaftliche Strukturen und Beziehungen	656,1 (656,1)	730,7 (702,6)	739,2 (680,7)	472,3 (421,3)	482,3 (412,6)	489,7 (406,4)	578,3 (470,5)	577,7 (462,9)	572,0 (446,7)
Weltraumforschung und -nutzung	731,7 (731,7)	733,6 (705,4)	806,7 (742,8)	768,5 (685,5)	820,4 (701,8)	964,5 (800,4)	1160,1 (943,9)	1228,4 (984,3)	1365,8 (1066,7)
Allgemeine Hochschulforschungsmittel	7343,8 (7343,8)	5858,4 (5633,1)	5959,5 (5487,6)	6287,7 (5609,0)	6610,3 (5654,7)	6749,8 (5601,5)	6596,2 (5367,1)	6914,6 (5540,4)	7225,5 (5642,9)
Nicht zielorientierte Forschung		1653,7 (1590,1)	1723,9 (1587,4)	2117,5 (1888,9)	2395,5 (2049,2)	2612,0 (2167,6)	3115,0 (2534,6)	3210,7 (2572,7)	3326,3 (2597,7)
Nicht aufgliederbare Forschung		-- --	-- --	8,9 (7,9)	17,2 (14,7)	30,6 (25,4)	29,1 (23,7)	28,3 (22,7)	26,5 (20,7)
Verteidigung	1730,1 (1730,1)	1572,3 (1511,8)	1646,8 (1516,4)	1834,5 (1636,5)	2508,9 (2146,2)	2590,4 (2149,7)	2807,4 (2284,3)	2759,1 (2210,8)	3069,6 (2397,3)
Insgesamt	17046,4 (17046,4)	17741,7 (17059,3)	19306,0 (17777,2)	19095,4 (17034,3)	21030,8 (17990,4)	21381,9 (17744,3)	22048,3 (17940,0)	22257,8 (17834,8)	23023,8 (17980,9)

1) Zahlen in Klammern = in konstanten Preisen des Jahres 1980

Quelle: BMFT 1990; Deflationierung KfK/AFAS

Anzumerken ist, daß die Umweltforschungsausgaben aber insgesamt noch höher sind als in Tabelle I angegeben, da

- erstens noch einige Ausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung in den Ausgaben für das Forschungsziel "Erforschung und Nutzung der irdischen Umwelt" enthalten sind  
und
- zweitens auch bei den Rubriken "Allgemeine Hochschulforschungsmittel" und "nicht zielorientierte Forschung" noch Mittel eingeschlossen sind, die man der Umweltforschung zuordnen könnte.

So vergibt z.B. die gemeinsam von Bund und Ländern finanzierte Deutsche Forschungsgemeinschaft in nicht unerheblichem Umfang Mittel für Umweltforschungsvorhaben, die in Tabelle I nicht unter dem Forschungsziel "Bekämpfung und Verhinderung von Umweltverschmutzungen" ausgewiesen sind. Nach Angaben in den Jahresberichten der Deutschen Forschungsgemeinschaft hat sie über die 80er Jahre hinweg jährlich jeweils Bewilligungen zwischen 40 und 60 Mio. DM für Forschungsvorhaben im Bereich der Umweltforschung erteilt.

Die Anteile von Bund und Länder an der Finanzierung der staatlichen Ausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung betragen 1989 77 % bzw. 23 %. Die entsprechenden Anteile für 1983 von 80 % und 20 % zeigen, daß die Länderförderung leicht an Gewicht gewonnen hat.

Weitere statistische Differenzierungen sind nur für die Umweltforschungs- und -technologieförderung des Bundes möglich. Hierbei ist anzumerken, daß in der Forschungsstatistik des Bundes der Begriff "Umweltforschung und -technologieentwicklung" weiter gefaßt ist als der Begriff "Bekämpfung und Verhinderung von Umweltverschmutzung" der Tabelle 1 bzw. Statistik der Europäischen Gemeinschaften und daß deshalb die folgenden statistischen Daten nicht konsistent mit denen der Tabelle I sind.

Zunächst zeigen Tabelle II und Abbildung 3, daß die Umweltforschung in den 80er Jahren ein prioritärer Bereich der Forschungs- und Technologiepolitik des Bundes war; die Ausgaben des Bundes für diesen Bereich stiegen im Zeitraum von 1980 bis 1989 deutlich stärker als die Gesamtausgaben des Bundes für Forschung und Entwicklung.

Das Gewicht des BMFT als Förderer von Umweltforschung und -technologieentwicklung hat sich in den 80er Jahren gegenüber der Ressortforschung anderer Ministerien im Umweltbereich erhöht; der Anteil des BMFT an den gesamten Bundesausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung stieg von ca. 44 % im Jahre 1982 auf ca. 60 % im Jahre 1989.

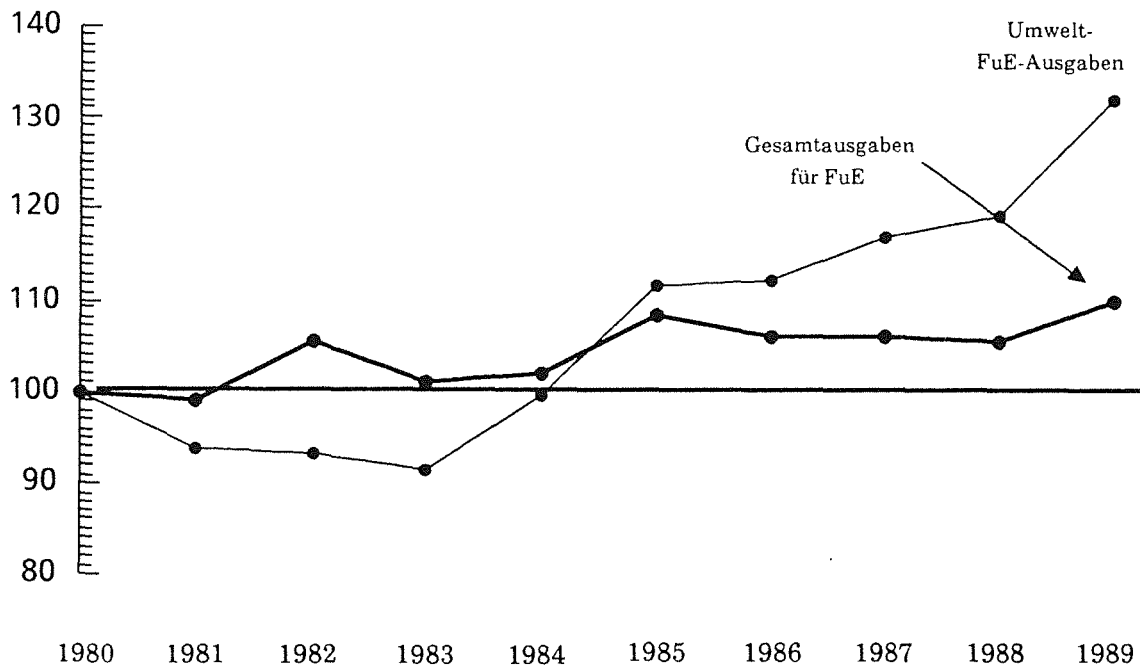
Tabelle III zeigt die Gesamtausgaben des Bundes für Umweltforschung und -technologieentwicklung und die Aufteilung dieser Ausgaben auf die Bereiche ökologische Forschung, Umwelttechnologien und Klimaforschung (siehe auch Abb. 4). Daraus wird ein stärkeres Wachstum bei den Ausgaben in den Bereichen ökologische Forschung- und Klimaforschung deutlich als im Bereich Umwelttechnologien, der in der zweiten Hälfte der 80er Jahre fast eine Stagnation aufweist. In der ersten Hälfte der 80er Jahre übertrafen die Ausgaben für den Bereich Umwelttechnologien noch die Ausgaben für den Bereich ökologische Forschung, da die Entwicklung effizienter Rückhaltetechnologien ein primäres Ziel der Forschungs- und Technologiepolitik im Umweltbereich war. Die Verschiebung der Gewichte zwischen diesen beiden Bereichen in der zweiten Hälfte der 80er Jahre deutet daraufhin, daß einerseits der Bedarf an Entwicklung effizienter Rückhaltetechnologien zum Teil erfolgreich gedeckt werden konnte und andererseits sich die Wirtschaft entsprechend dem Verursacherprinzip stärker in diesem Bereich engagiert hat. Dadurch wurden Möglichkeiten für eine stärkere Förderung von ökologischer Forschung eröffnet, d.h. für eine stärkere präventive Forschungspolitik im Umweltbereich.

**Tab. II.: Gesamtausgaben des Bundes für Forschung und Entwicklung und Bundesausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung in jeweiligen Preisen und in Preisen von 1980 - Mio. DM**

Jahr	Gesamtausgaben des Bundes für FuE		Bundesausgaben für Umweltforschungs- und technologieentwicklung		Umwelt-FuE in % der Gesamtausgaben des Bundes für FuE
	jeweilige Preise	Preise 1980	jeweilige Preise	Preise 1980	
1980	10083,6	10083,6	440,1	440,1	4,4 %
1981	10369,9	9971,1	429,3	412,8	4,1 %
1982	11551,9	10637,1	445,6	410,3	3,9 %
1983	11440,3	10205,4	451,0	402,3	3,9 %
1984	11743,0	10273,8	500,3	437,7	4,3 %
1985	12767,0	10921,3	575,4	492,2	4,5 %
1986	12897,8	10703,6	595,9	494,5	4,6 %
1987	13144,2	10695,0	632,0	514,2	4,8 %
1988	13254,8	10620,8	655,1	524,9	4,9 %
1989	14161,6	11059,8	741,1	578,8	5,2 %

Quelle: BMFT/1990; Umrechnungen und Deflationierung KfK/AFAS

**Abb. 3: Entwicklung der Gesamtausgaben des Bundes für FuE und der Ausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung 1980 - 1989  
1980 = 100**

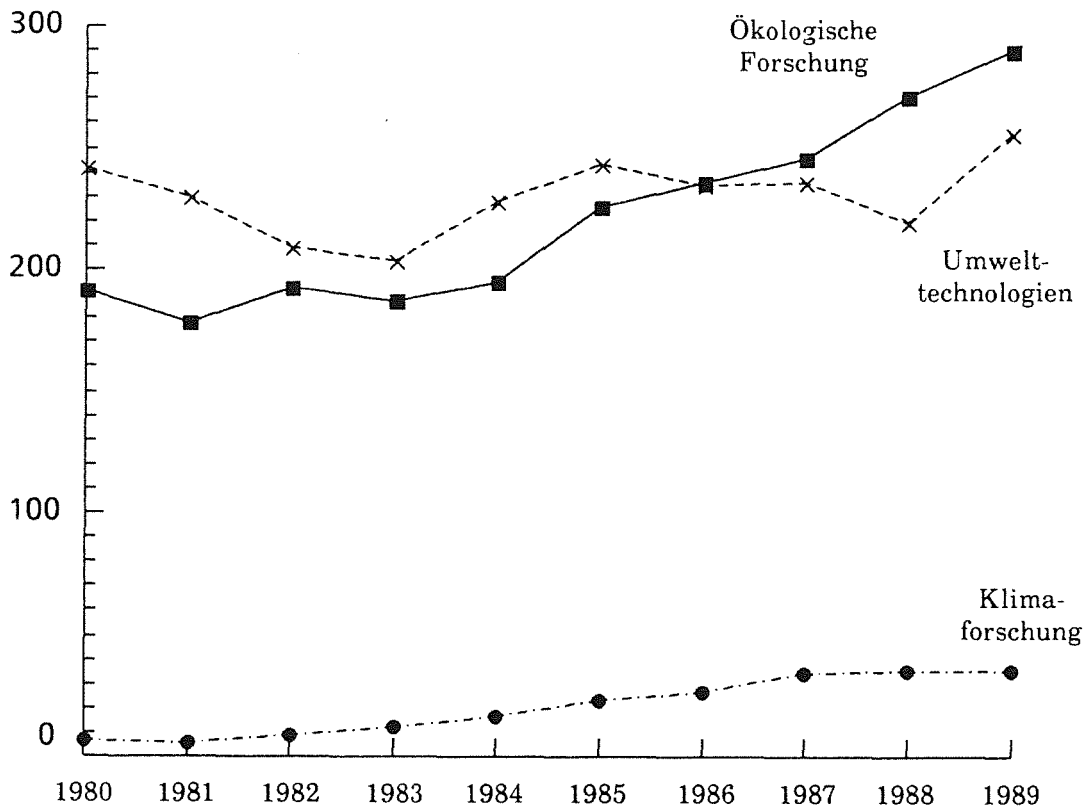


Tab. III: Ausgaben des Bundes für Umweltforschung- und -technologieentwicklung insgesamt und nach Förderbereichen in jeweiligen Preisen und Preisen von 1980 - in Mio. DM

Jahr	Gesamtausgaben für Umwelt-FuE		Ökologische Forschung		Umwelt-technologien		Klimaforschung	
	jeweilige Preise	Preise 1980	jeweilige Preise	Preise 1980	jeweilige Preise	Preise 1980	jeweilige Preise	Preise 1980
1980	440,1	440,1	191,7	191,7	241,7	241,7	6,7	6,7
1981	429,3	412,8	185,4	178,3	238,4	229,2	5,5	5,3
1982	445,6	410,3	209,0	192,4	227,1	209,1	9,5	8,7
1983	451,0	402,3	209,8	187,2	227,8	203,2	13,5	12,0
1984	500,3	437,7	221,7	194,0	260,1	227,6	18,5	16,2
1985	575,4	492,2	263,9	225,7	284,2	243,1	27,3	23,4
1986	595,9	494,5	283,0	234,9	281,7	233,8	31,2	25,9
1987	632,0	514,2	300,6	244,6	288,8	235,0	42,5	34,6
1988	655,1	524,9	337,8	270,7	272,8	218,6	44,4	35,6
1989	741,1	578,7	370,2	289,1	326,4	254,9	44,5	34,8

Quelle: BMFT/1990; Deflationierung KfK/AFAS

Abb. 4: Ausgaben des Bundes für Umweltforschung und -technologieentwicklung nach Förderbereichen Mio. DM - in Preisen des Jahres 1980



Als Indiz einer Verstärkung präventiver Umweltforschung läßt sich auch die Entwicklung der Ausgaben für Grundlagenforschung interpretieren. Wie Tabelle IV zeigt, sind die Mittel für Grundlagenforschung im Umweltbereich wesentlich stärker gestiegen als die Gesamtausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung. Der Anteil der Grundlagenforschung hat sich von knapp 16 % im Jahre 1980 auf 21 % im Jahre 1988 erhöht.

**Tab. IV.: Gesamtausgaben des Bundes für Umweltforschung und -technologieentwicklung und Anteil der Grundlagenforschung - Mio. DM in jeweiligen Preisen und Preisen des Jahres 1980**

Jahr	Gesamtausgaben des Bundes für Umweltforschung und -technologieentwicklung		Anteil der Grundlagenforschung		
	jeweilige Preise	Preise 1980	jeweilige Preise	Preise 1980	in % der Gesamtausgaben für Umwelt-FuE
1980	440,1	440,1	69,6	69,6	15,8
1981	429,3	412,8	71,4	68,7	16,6
1982	445,6	410,3	63,8	58,7	14,3
1983	451,0	402,3	68,3	60,9	15,1
1984	500,3	437,7	74,2	64,9	14,8
1985	575,4	492,2	85,5	73,1	14,9
1986	595,9	494,5	100,3	83,2	16,8
1987	632,0	514,2	113,5	92,4	18,0
1988	655,1	524,9	137,4	110,1	21,0
1989	741,1	578,8	--	--	--

Quelle: BMFT/1990; Umrechnungen und Deflationierung KfK/AFAS

### **I.3. Die Reaktion FuE durchführender Einrichtungen in den 80er Jahren**

#### **I 3.1 Entwicklungstrends der FuE-Budgets von Forschungseinrichtungen im Bereich Umwelt in den 80er Jahren**

Die FuE durchführenden Einrichtungen außerhalb des industriellen Sektors sind

- die Großforschungseinrichtungen (GFE), die institutionell vom Bund mit einer Beteiligung des Sitzlandes von 10 % gefördert werden,
- die Institute der sog. Blauen Liste, die zumeist je zur Hälfte gemeinsam von Bund und Ländern gefördert werden,
- bundes- und landeseigene Forschungseinrichtungen, insbesondere Bundes- und Landesanstalten, die Bundes- und Länderministerien zugeordnet sind und Ressortforschung betreiben,
- die Universitäten,
- die Institute der Max-Planck-Gesellschaft, die Grundlagenforschung betreiben,
- die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft, die angewandte Forschung zumeist auf Auftragsbasis durchführen, aber auch über institutionelle Mittel verfügen, und
- sonstige Einrichtungen ohne Erwerbszweck.

Um Antwort auf die Frage zu geben, wie diese verschiedenen Arten von Forschungseinrichtungen auf die Umweltveränderungen reagiert haben, erscheint eine Analyse der institutionellen Budgets dieser Forschungseinrichtungen im Hinblick auf die Ausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung angebracht, da sie deren Verwendung allerdings in unterschiedlichem Maße selbst bestimmen können.

Einschränkend muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß eine solche Analyse nicht für alle der genannten Typen von Forschungseinrichtungen möglich ist, so nicht für die Universitäten, bei denen die FuE-Ausgaben nach wissenschaftlichen Disziplinen unterteilt werden könnten, aber auch hierzu liegen keine veröffentlichten Daten vor. Auch für die Max-Planck-Gesellschaft liegen nur Angaben über FuE-Ausgaben nach Wissenschaftsbereichen vor. Für die Fraunhofer-Gesellschaft sind nur Daten für das Gesamtbudget aus institutionellen Mitteln und Erlösen aus Auftragsforschung verfügbar. Für das Jahr 1989 entfallen 12 % der Aufwendungen der Fraunhofer-Gesellschaft auf den Bereich Umwelt und Gesundheit. Schließlich sind auch für ländereigene Forschungseinrichtungen keine dieser aggregierten Daten über die Umweltforschungsaufwendungen verfügbar.

Die sonstigen Forschungseinrichtungen (Forschungsinstitute der sog. Blauen Liste und die sonstigen gemeinnützigen Forschungseinrichtungen) haben, wie Tabelle V zeigt, relativ kleine Budgets für Umweltforschung und -entwicklung gemessen an den Gesamtbudgets für FuE, so daß auf eine nähere Betrachtung verzichtet wird. Die folgende Analyse wird sich so auf die Großforschungseinrichtungen (GFE) und die bundeseigenen Forschungseinrichtungen konzentrieren.

Tabelle V zeigt die Entwicklung der gesamten institutionellen Budgets dieser Typen von Einrichtungen und der Mittel, die aus diesen Budgets für Umweltforschung und -technologieentwicklung aufgewendet wurden.

**Tab. V: Bundesausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung nach Förderarten  
Mio. DM  
in jeweiligen Preisen und in Preisen von 1980**

Jahr	Direkte Projektförderung				Institutionelle Förderung					
	insgesamt		darunter Vergabe an die Wirtschaft		Großforschungseinrichtungen		Forschungseinrichtungen des Bundes		Andere <sup>1)</sup> Forschungseinrichtungen	
	jeweilige Preise	Preise 1980	jeweilige Preise	Preise 1980	jeweilige Preise	Preise 1980	jeweilige Preise	Preise 1980	jeweilige Preise	Preise 1980
1980	241,7	241,7	137,5	137,5	100,7	100,7	87,7	87,7	10,0	10,0
1981	228,5	219,7	111,1	106,8	97,6	93,8	92,7	89,1	10,5	10,1
1982	228,0	209,9	122,7	113,0	108,4	99,8	98,0	90,2	11,2	10,3
1983	212,2	189,3	85,5	76,3	118,5	105,7	109,1	97,3	11,2	10,0
1984	243,4	212,9	100,2	87,7	128,2	112,2	117,3	102,6	11,4	10,0
1985	280,9	240,3	106,2	90,8	154,7	132,3	128,0	109,5	11,7	10,0
1986	280,4	232,7	102,8	85,3	176,1	146,1	127,0	105,4	12,4	10,3
1987	293,1	238,5	100,5	81,8	190,8	155,2	135,1	109,9	13,0	10,6
1988	306,7	245,8	110,0	88,1	190,2	152,4	144,7	115,9	13,4	10,7
1989	354,3	276,7	--	--	204,8	159,9	167,5	130,8	14,5	11,3

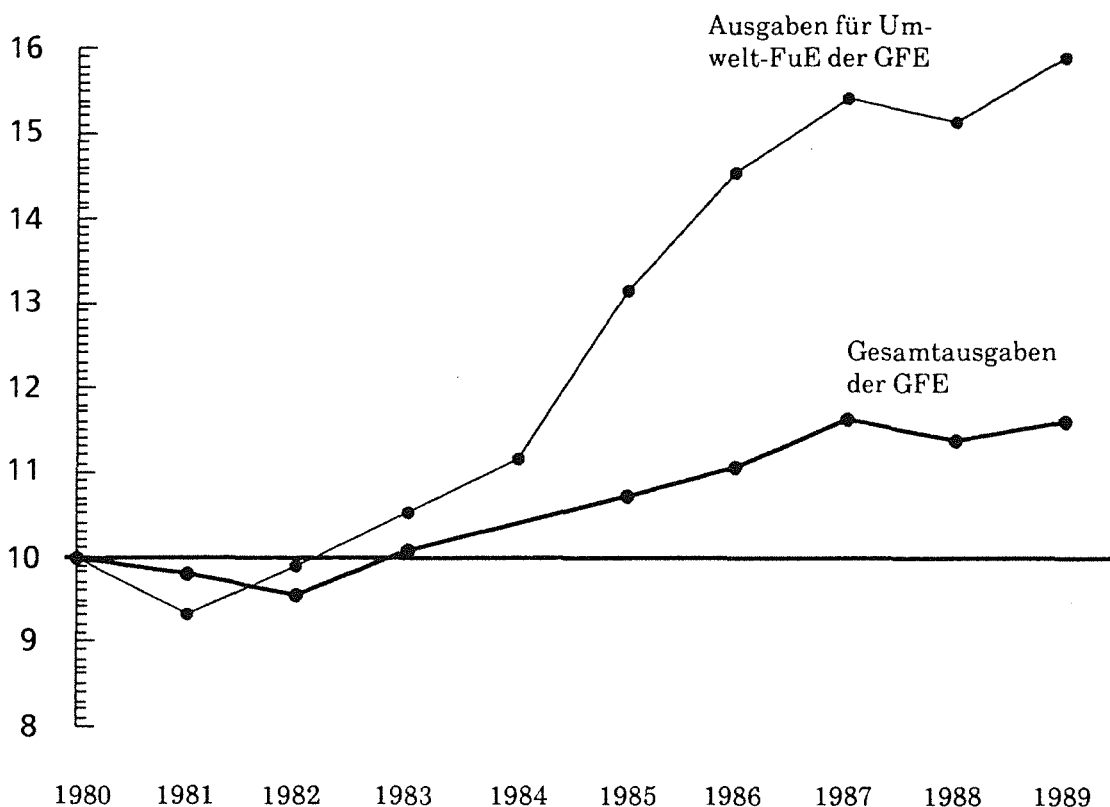
1) umfaßt Forschungsinstitute der 'Blauen Liste' und andere private Forschungseinrichtungen ohne Erwerbszweck

Quelle: BMFT/1990; Umrechnungen und Deflationierung KfK/AFAS



Bei den 13 Großforschungseinrichtungen der Bundesrepublik Deutschland sind die Gesamtbudgets für Forschung und Entwicklung im Zeitraum von 1980 bis 1989 um 32 % (real um 16%) gestiegen, die Ausgaben für Umweltforschung und -entwicklung aber sogar um 105 % (real um 60 %) (siehe Abb. 5). Da sechs der GFE aufgrund ihrer primären Aufgabenstellung gar nicht oder kaum auf dem Gebiet der Umweltforschung tätig sind, ist dieser stark überproportionale Anstieg umso bemerkenswerter, auch wenn ein Teil des Anstiegs auf eine Veränderung der statistischen Zuordnung von Mitteln zurückzuführen ist. Insbesondere in der zweiten Hälfte der 80er Jahre, d.h. ab 1984, sind die Ausgaben für Umweltforschung und -entwicklung (siehe Tab. V und Abb. 5) mit 43 % in Preisen von 1980 deutlich überproportional gestiegen, während die Gesamtbudgets fast stagnierten. Der Anteil der Ausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung an den Gesamtausgaben der GFE stieg von 6,3 % im Jahre 1980 auf 8,7 % im Jahre 1989; dieser Anteil liegt bei einigen GFE aber deutlich höher.

**Abb. 5:** Gesamtausgaben der Großforschungseinrichtungen für FuE und Ausgaben der GFE für Umweltforschung und -technologieentwicklung 1980 - 1989 - 1980 = 100



Die Großforschungseinrichtungen mit größeren Umweltforschungsbudgets sind in der Reihenfolge ihres Mittelaufwandes für Umweltforschung und -entwicklung

- die Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF) (1989: 64 Mio. DM für Umwelt-FuE in jeweiligen Preisen; 49 % am Gesamtbudget),
- das Forschungszentrum Jülich (KfA) - früher Kernforschungsanlage Jülich (46,5 Mio. DM; 10,5 %),
- das Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK), (46,2 Mio. DM; 12,3 %)

- das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht (GKSS)  
- früher Gesellschaft für Kernenergieverwertung im Schiffbau und Schifffahrt -  
(28 Mio. DM; 31 %)
- die Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR),  
(25,2 Mio. DM; 5 %)
- das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI)  
(7 Mio. DM; 26 %)  
und
- die Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF)  
(6,9 Mio. DM; 14,8 %).

Diese Rangliste der GFE bezüglich der Mittel für Umweltforschung und -entwicklung zeigt, daß insbesondere die früher primär auf dem Gebiet der Kernforschung tätigen GFE verstärkt in die Umweltforschung und -technologieentwicklung eingestiegen sind. Diese Diversifikation in den Bereich der Umweltforschung ist natürlich auch durch innerinstitutionellen Wandel begleitet, der sich in der Einrichtung neuer Institute und von neuen Schwerpunktprogrammen für Umwelt- und Klimaforschung innerhalb dieser GFE zeigt.

Die auf dem Gebiet Umwelt tätigen Großforschungseinrichtungen führen FuE-Aktivitäten in fast allen Bereichen von Umweltforschung und -technologieentwicklung durch. Auch die Grundlagenforschung hat erhebliches Gewicht mit einem Anteil von fast 30 % (1988) an den Gesamtausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung. Allerdings hat der Anteil der Grundlagenforschung im Laufe der 80er Jahre abgenommen (1980 = 40 %). Dies macht deutlich, daß die technologischen Entwicklungskapazitäten der GFE zunehmend für die Entwicklung von Umwelttechnologien genutzt werden.

Die Entwicklung in den Bundesforschungsanstalten und sonstigen Bundesforschungseinrichtungen zeigt ebenfalls einen überproportionalen Anstieg der Ausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung in den 80er Jahren im Vergleich zu den Gesamtausgaben für Forschung und Entwicklung dieser Einrichtungen (siehe Tab. V). Während die Gesamtausgaben für Forschung und Entwicklung von 1980 bis 1989 um 54 % (real um 20 %) steigen, verzeichneten die Ausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung einen Anstieg von 87 % (real um 49 %). Der Anteil der Grundlagenforschung lag 1988 bei 15 % und hat sich im Laufe der 80er Jahre auch nicht wesentlich verändert.

### I.3.2 Veränderungen im Charakter der Umweltforschung

In qualitativer Hinsicht ist insbesondere die in der zweiten Hälfte der 80er Jahre zu beobachtende Gewichtsverlagerung zur präventiven Umweltforschung und zur Erforschung von Systemzusammenhängen hervorzuheben. Dies manifestiert sich u.a. dadurch, daß im Laufe der 80er Jahre, wie bereits erwähnt, der Anteil an Grundlagenforschung an den Gesamtausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung signifikant gestiegen ist (siehe Tab. IV).

Folgende weitere Entwicklungen sind zu beobachten:

Die Förderung von Technologieentwicklung verliert, wie bereits beschrieben, relativ an Gewicht im Rahmen der staatlichen Förderung.

Eine leichte Verschiebung ist auch zwischen direkter Projektförderung und institutionellen Förderung zu beobachten. Während sich 1980 die Anteile von direkter Projektförderung und institutioneller Förderung an den Gesamtausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung auf 55 % bzw. 45 % beliefen, ergeben sich die entsprechenden Anteile für 1989 mit 48 % und 52 %. Diese Verschiebung der Gewichte dürfte einerseits auf eine Veränderung der statistischen Zuordnung institutioneller Mittel, andererseits auf die Notwendigkeit einer Umorientierung insbesondere der Großforschungseinrichtungen zurückzuführen sein, nachdem bisherige FuE-Aktivitäten abgeschlossen bzw. aufgrund politischer Entscheidungen reduziert wurden (z.B. im Bereich der Kernforschung).

Die direkte staatliche Projektförderung von Umweltforschung und -technologieentwicklung in der Wirtschaft verzeichnete in den frühen 80er Jahren einen Rückgang und stagniert seitdem (siehe folgenden Abschnitt).

In bezug auf die Größe der Projekte ist eine Tendenz von kleineren Einzelprojekten zu größeren Projekten mit komplexen, medienübergreifenden Themenstellungen zu erkennen, insbesondere zu Verbundforschungsprojekten und größeren problemorientierten Projekten, an denen modellhaft die Lösung von Umweltproblemen demonstriert werden soll (siehe auch I.1.3).

### I.3.3 Der Wirtschaftssektor

#### A. Forschungs- und Entwicklungsaufwand im Umweltbereich

Über die Gesamtausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung der Wirtschaft liegen keine statistischen Angaben vor, da die FuE-Ausgaben der Wirtschaft nur nach Industriezweigen erfaßt werden. Es gibt aber ausreichend Indizien, z.B. aus Unternehmensberichten, daß die FuE-Ausgaben der Wirtschaft für den Umweltbereich stark angestiegen sind.

Der Wirtschaftssektor ist aber auch ein wichtiger Durchführer von staatlich geförderter Umweltforschung und -entwicklung, da er in erheblichem Umfang an der direkten Projektförderung im Umweltbereich partizipiert (siehe Tab. V), allerdings mit stagnierender bzw. leicht fallender Tendenz, da die staatliche Förderung von Umwelttechnologieentwicklung, an der der Wirtschaftssektor in besonderem Maße partizipierte (im Durchschnitt über die 80er Jahre immer mit deutlich mehr als 30 %), bei den Gesamtausgaben für Umweltforschung und -technologieentwicklung in Zukunft relativ an Gewicht verlieren dürfte (siehe Kap. I.3.1), nachdem die Entwicklung effizienter Rückhaltetechnologien in vielen Bereichen erfolgreich abgeschlossen worden ist und das politische Ziel darin besteht, die Entwicklung umweltfreundlicher Technologien noch stärker als bisher gemäß dem Verursacherprinzip in die Eigenverantwortung der Industrie zu verlagern.

Durch die staatliche Förderung von Umweltforschung und -technologieentwicklung in der Industrie werden auch Eigenaufwendungen ausgelöst, da in der Regel Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Industrie nur mit erheblicher Eigenbeteiligung der jeweiligen Unternehmen (in der Regel mindestens 50 %) gefördert werden.

B. Entwicklung der Umweltschutzinvestitionen der Industrie

Tabelle VI gibt einen Überblick über die Umweltschutzinvestitionen des Produzierenden Gewerbes, deren Anteil an den Gesamtinvestitionen und die Aufteilung dieser Investitionen auf die Umweltbereiche Abfallbeseitigung, Gewässerschutz, Lärmbekämpfung und Luftreinhaltung. Es zeigt sich, daß die Umweltschutzinvestitionen des Produzierenden Gewerbes zwischen 1980 und 1986 nominal (in jeweiligen Preisen) fast um 176 % gestiegen sind. Der Anteil an den Gesamtinvestitionen hat sich stetig erhöht.

Tab. VI.: Umweltschutzinvestitionen des Produzierenden Gewerbes

Jahr	Umweltschutzinvestitionen		Abfallbeseitigung	Gewässerschutz	Lärmbekämpfung	Luftreinhaltung
	1000 DM	in % der Gesamtinvestitionen				
1980	2673924	3,5	220231	914657	247254	1291781
1981	2948419	3,9	255864	951149	209960	1531445
1982	3585105	4,6	397180	1146199	230995	1810731
1983	3708652	4,6	290238	1113270	233912	2071232
1984	3514827	4,4	274163	1049629	225821	1965214
1985	5635069	6,4	332054	1066400	262786	3973830
1986	7339899	7,4	426176	1158493	247664	5507566

Quelle: Statistisches Bundesamt 1989

Dieser erhebliche Anstieg ist nicht zuletzt darauf zurückzuführen, daß das Produzierende Gewerbe aufgrund neuer oder verschärfter rechtlicher Auflagen im Bereich des Umweltschutzes zu erheblichen Investitionen gezwungen wurde. Besonders bemerkenswert ist der Schub bei den Investitionen im Bereich der Luftreinhaltung, der auf die Installation von Rückhaltetechnologien aufgrund der in diesem Bereich in der ersten Hälfte der 80er Jahre eingeführten rechtlichen Maßnahmen zur Schadstoffrückhaltung (Großfeuerungsanlagenverordnung) zurückzuführen ist.

C. Entwicklung der Umweltschutzindustrie

Die Umweltschutzindustrie ist in der statistischen Nomenklatur kein separater Industriezweig. Die in diesem Bereich tätigen Unternehmen verteilen sich über verschiedene Industriezweige. Nach Schätzung des Ifo-Instituts gibt es gegenwärtig bereits ca. 4000 Anbieter von Anlagen, Zubehör, Bauten, Betriebsstoffen und Dienstleistungen für den Umweltschutz (Ifo/1989).

Da, wie gesagt, die Umweltschutzindustrie kein statistisch etablierter Industriezweig ist, muß man sich am Nachfragevolumen orientieren, um quantitative Aussagen zur wirtschaftlichen Bedeutung der Umweltschutzindustrie machen zu können.

Wesentliche Determinanten der Nachfrageentwicklung in diesem Bereich sind neben der Entwicklung der Umweltschutzgesetzgebung und deren Vollzug auch andere Faktoren, wie z.B. das Umweltbewußtsein und -verhalten von Unternehmen und das Umweltbewußtsein der Konsumenten, das sich im Kaufverhalten niederschlägt und, wie sich an Beispielen zeigt, unternehmerische Reaktionen auslöst; umweltbewußtes unternehmerisches Verhalten wird zunehmend zu einem Faktor für Imageförderung und Marketing.

Nach Schätzungen des Ifo-Instituts belief sich die wirksame Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen für Umweltschutz im Jahre 1986 auf ca. 30 Mrd. DM (Ifo/1989, S. 3). Diese Nachfrage setzte sich zusammen

- aus den Umweltschutzinvestitionen des Produzierenden Gewerbes in Höhe von 7,3 Mrd. DM,
- den Umweltschutzinvestitionen der Gebietskörperschaften in Höhe von 7,7 Mrd. DM,
- den laufenden Ausgaben der Gebietskörperschaften für Betrieb und Unterhaltung von Umweltschutzanlagen in Höhe von 5,3 Mrd. DM,
- den laufenden Ausgaben der Industrie in Höhe von ca. 3 Mrd. DM und
- einer Exportnachfrage von ca. 4,4 Mrd. DM.

Die Nachfrage in diesem Bereich hat somit schon ein erhebliches Volumen erreicht, allerdings sind gemäß Ifo-Institut nach Einschätzungen aus dem Jahre 1989 für die Zukunft keine Anzeichen für sprunghafte weitere Erhöhungen zu erkennen, da in wichtigen Umweltschutzbereichen die rechtlich vorgeschriebenen Umweltschutzmaßnahmen bereits implementiert sind (Ifo 1989, S. 6). Einige geplante gesetzgeberische Investitionen versprechen zwar neue Nachfrageimpulse, die aber voraussichtlich nicht das Volumen der durch rechtliche Maßnahmen ausgelösten Investitionsnachfrage der 80er Jahre erreichen werden. Diese Einschätzung dürfte jedoch durch die politischen Entwicklungen überholt sein, da einerseits in der ehemaligen DDR ein erheblicher Nachholbedarf besteht und andererseits die deutsche Umweltschutzindustrie auch erhebliche Marktchancen in den osteuropäischen Ländern haben dürfte, die in Zukunft erhebliche Anstrengungen im Bereich des Umweltschutzes unternommen werden.

#### I.3.4 Die Entwicklung sozialwissenschaftlicher Forschung zu Umweltfragen

Spezielle Programme zur Förderung sozialwissenschaftlicher Umweltforschung gibt es in der Bundesrepublik Deutschland nicht; dennoch gibt es beträchtliche Aktivitäten, deren finanzieller Umfang sich bisher aber statistisch nicht erfassen läßt.

Sowohl auf der Seite der Förderer als auch auf der Seite der Durchführer sozialwissenschaftlicher Umweltforschung läßt sich eine Vielfalt von Beteiligten feststellen; eine umfassende Bestandsaufnahme steht aber noch aus; für den Bereich der Umweltökonomie ist eine solche zur Zeit in Bearbeitung.

Forschungsvorhaben in diesem Bereich werden z.B. von verschiedenen Ressorts im Rahmen der Ressortforschung in Form von 'policy studies' zur Vorbereitung umweltpolitischer Entscheidungen

gen gefördert. Weitere Vorhaben werden von der DFG und anderen Förderorganisationen (Stiftungen) an Universitäten gefördert, teilweise aber auch aus Eigenmitteln der Universitäten.

Auch die großen außeruniversitären wirtschaftswissenschaftlichen Institute (Ifo, DIW, RWI, HWWA, IfW), das Wissenschaftszentrum Berlin (WZB), die größte außeruniversitäre sozialwissenschaftliche Forschungseinrichtung in der Bundesrepublik Deutschland, und die Systemanalysegruppen in den Großforschungseinrichtungen führen sozialwissenschaftliche Umweltforschung durch.

Im Bereich der Umweltökonomie standen in der Vergangenheit Untersuchungen

- zu den Zusammenhängen zwischen Wirtschaftswachstum, Arbeitsmarkt und Umweltbelastung (Welche Auswirkungen hat Wirtschaftswachstum auf die Umweltbelastung und wie wirken sich Umweltschutzmaßnahmen auf das Wirtschaftswachstum und den Arbeitsmarkt aus?),
- zur Abschätzung der volkswirtschaftlichen bzw. gesellschaftlichen Kosten der Umweltverschmutzung und zu den Kosten von Umweltschutzmaßnahmen,
- zur Erweiterung des Bruttosozialprodukts zu einem Indikator des gesamtgesellschaftlichen Wohlstands, der auch die Umweltqualität erfaßt (Ökosozialprodukt),
- zu umweltpolitischen Instrumenten (Analysen über die umweltpolitische und ökonomische Effizienz umweltpolitischer Instrumente, insbesondere Vergleiche zwischen marktwirtschaftlichen Instrumenten (Abgaben, Steuern, handelbare Emissionszertifikate, Kompensationslösungen zwischen Emittenten und Betroffenen etc.) und ordnungsrechtlichen Instrumenten (Festlegung von Emissionsgrenzwerten und sonstige Gebote und Verbote)

im Vordergrund.

Für den sozialwissenschaftlichen Bereich sind insbesondere Untersuchungen zum Umweltbewußtsein und -verhalten, Untersuchungen über Risikokommunikation, zur Öffentlichkeitsbeteiligung in umweltrelevanten Entscheidungsprozessen und zur Entstehung und Entwicklung von sozialen Bewegungen mit umweltpolitischen Beweggründen zu nennen.

## **II. Die Reaktion auf ein spezielles Umweltproblem "Saurer Regen und neuartige Waldschäden"**

### **II.1. Einführung - die historische Perspektive**

Die Schädigung von Wäldern durch Luftverschmutzung ist insofern kein völlig neues Phänomen der 80er Jahre gewesen, als Schädigungen von Wäldern durch Luftverschmutzung in der Nähe von Ballungsgebieten schon seit Jahrhunderten beobachtet worden waren. Die sog. Rauchschäden von Wäldern in noch belasteten Industriegebieten führten schon im 19. Jahrhundert zur Gründung eines internationalen Ausschusses von Rauchschaden-Sachverständigen. Zwischen 1850 und 1870 wurde bereits SO<sub>2</sub> als wesentliches Schadgift für Pflanzen identifiziert (Stöckhardt/1850; zitiert nach SRU/1983, S. 8).

Wie der SRU in seinem Sondergutachten "Waldschäden und Luftverunreinigungen" von 1983 feststellt, wurden aber rauchbedingte Schädigungen von Wäldern im Nahbereich von Industrieanlagen bis in unsere Tage als unvermeidliche Folge der Industrialisierung hingenommen. Im Ruhrgebiet versuchte man, das Problem anzugehen, indem man rauchharte bzw. wenig rauchempfindliche Bäume anpflanzte (SRU/1983, S. 8).

Im Vordergrund der Luftreinhaltungspolitik stand bis in die 70er Jahre ganz eindeutig die Vermeidung von Gesundheitsschäden und sonstiger Beeinträchtigungen des Menschen. Dies führte u. a. dazu, daß man bis in die 70er Jahre ganz darauf setzte, durch eine Politik der hohen Schornsteine die Luftqualität in Ballungsgebieten und damit die gesundheitlichen Lebensbedingungen für die dortige Bevölkerung zu verbessern; die Genehmigungsbehörden verlangten dementsprechend den Bau immer höherer Schornsteine. Wenn überhaupt andere Schäden der Luftverunreinigung als die Gefährdung der menschlichen Gesundheit in den 60er und 70er Jahren eine gewisse Aufmerksamkeit erfuhren, so war dies auf Klagen skandinavischer Länder über die Versauerung von Seen zurückzuführen und auf wissenschaftliche Untersuchungen, die belegten, daß Säurebildner über tausende von Kilometern transportiert werden und daß für die Versauerung skandinavischer Seen Emissionen aus den großen europäischen Industrieländern verantwortlich waren (SRU / 1983, S. 89).

Auf die internationale politische Agenda kam das Problem des sauren Regens endgültig durch die erste Umweltkonferenz der Vereinten Nationen von 1972 in Stockholm und durch Aktivitäten der OECD, die das Thema nach Initiativen Schwedens im Jahre 1969 aufgriff und 1973 mit einem großen Meß- und Forschungsprogramm über weiträumige grenzüberschreitende Luftverschmutzungen begann.

Generell muß man jedoch feststellen, daß in der Bundesrepublik Deutschland bis fast zum Ende der 70er Jahre die Schädigung von Wäldern und Ökosystemen in emittentenfernen Gebieten nur ein Thema wissenschaftlicher Diskussion und Analyse war, aber kaum öffentliche und politische Aufmerksamkeit fand. Erst Ende der 70er Jahre wurde das Problem auch in der Öffentlichkeit virulent, als erste Presseberichte über Tannenerkrankungen in süddeutschen Waldgebieten erschienen (Prokop et al./1989, S. 103) und die Forschungsergebnisse über das sog. Solling-Projekt "Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen in Solling: abiotische Folgewirkungen der weiträumigen Ausbreitungen von Luftverunreinigungen" veröffentlicht wurden, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft seit 1967 an der Universität Göttingen gefördert worden war.

## II.2. Die Reaktion des politischen Systems im allgemeinen

Nachdem durch die zusammenfassende Veröffentlichung der Ergebnisse des Solling-Projekts, die vom UBA veranlaßt wurde, Ende der 70er Jahre die Waldschadensproblematik endgültig zu einem Thema der wissenschaftlichen Diskussion geworden war, rückte es Anfang der 80er Jahre mit Vehemenz in das öffentliche Bewußtsein. Nicht zuletzt spielte hierbei nach Prokop eine Artikelserie zum Waldsterben in der Wochenzeitschrift "Der Spiegel" eine entscheidende Rolle (Prokop et al./1989, S. 103). In der Folge wurde das Waldsterben zu einem täglichen Thema der Presse; der SRU spricht in diesem Zusammenhang von leidenschaftlichen politischen Auseinandersetzungen. Von der Mehrheit der Bürger wurde Wald und Natur gleichgesetzt und im Waldsterben der Beginn einer großräumigen Naturzerstörung gesehen, obwohl der heutige Wald, wie der SRU feststellt (SRU/1983, S. 102 ff.), natürlich ein Produkt jahrhundertelanger forstwirtschaftlicher Tätigkeiten ist und damit keineswegs mehr als "unberührte" Natur angesehen werden kann.

Die sog. neuartigen Waldschäden - ein Begriff der vom SRU zur Abgrenzung gegenüber den schon früher bekannten Rauchsäden im Nahbereich von Emittenten geprägt wurde - lösten vielfältige politische Aktivitäten auf Bundes- und Länderebene aus, die einen Gipfel in den Jahren 1982 bis 1984 hatten. Die Reaktion des politischen Systems auf die neuartigen Waldschäden ist in einer Studie des Forschungsinstituts für öffentliche Verwaltung der Hochschule für Verwaltungswissenschaften Speyer dokumentiert und analysiert worden (Prokop et al./1989), auf die in diesem Bericht teilweise zurückgegriffen wird.

Kennzeichnend für die Reaktion des politischen Systems war eine gleichzeitige Reaktion sowohl auf der Maßnahmen- als auch auf der Forschungsebene; einerseits wurden Maßnahmen zur Rückhaltung der als Verursacher verdächtigten Luftschadstoffe eingeleitet; andererseits auf breiter Ebene FuE-Aktivitäten über die Ursachen der neuartigen Waldschäden, zum weiträumigen Schadstofftransport und zur Entwicklung von Rückhaltetechnologien in Gang gesetzt.

Angesichts des massiven Drucks aus der Öffentlichkeit wurden Schadstoffrückhaltungsmaßnahmen gegen den Widerstand der betroffenen Emittenten und auch von Teilen des politischen Systems in Gang gesetzt, obwohl diese mit Hinweis auf die noch ungeklärte Ursachenproblematik solche Maßnahmen zu vereiteln suchten. Allerdings läßt sich feststellen, daß trotz aller Meinungsverschiedenheit im einzelnen in der Scientific Community bereits vor dem Anlaufen der umfangreichen Forschungsaktivitäten die weitgehend einhellige Vermutung vorherrschte, daß Luftschadstoffe ein entscheidender Faktor für die neuartigen Waldschäden waren; insbesondere das SO<sub>2</sub> wurde als Verursacher verdächtigt. Dies wird bestätigt durch entsprechende Schlußfolgerungen in einem ersten Sachstandsbericht des von der Umweltministerkonferenz einberufenen Arbeitskreises "Forstschäden durch Luftverunreinigungen" von 1982 und im Sondergutachten des SRU von 1983 (siehe IMA/1988, S. 5/6). Zudem konnten andere wissenschaftlich besser geklärte Zusammenhänge, z.B. über die Auswirkungen von Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit und auf Materialien und Kunstwerke, als Rechtfertigung für die eingeleiteten Maßnahmen herangezogen werden (SRU/1983, S. 107 ff.).

Die Einleitung von Maßnahmen zur Schadstoffrückhaltung kann somit nicht als rein vorsorgeorientiert interpretiert werden. Ganz eindeutig hat die Waldschadensproblematik aber zu einer neuen Dynamik in der Luftreinhaltepolitik geführt (Prokop et al./1989, S. 143) und für die



schnelle Implementation lange diskutierter und verzögerter rechtlicher Maßnahmen gesorgt, wie das Beispiel der Großfeuerungsanlagenverordnung zeigt.

Die eingeleiteten und geplanten Maßnahmen wurden 1983 im Aktionsprogramm "Rettet den Wald" zusammengeführt, das in den Jahren 1984, 1985 und 1989 fortgeschrieben wurde. Als wesentliche Maßnahmen der ersten Stunde auf der umweltpolitischen Ebene sind zu nennen

- die Einführung einer jährlichen Erfassung der Waldschäden (Waldschadensberichte) seit 1982
- und
- die Verabschiedung der Großfeuerungsanlagenverordnung (GFAVO) als Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz im Jahre 1983.

Die GFAVO war, wie bereits erwähnt, zuvor jahrelang diskutiert worden, allerdings nicht im Hinblick auf die Waldschadensproblematik, sondern im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit. Durch die Verabschiedung der GFAVO wurden Grenzwerte für SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> eingeführt, deren Einhaltung nur durch Entschwefelung und Entstickung der Rauchgase möglich war.

Weitere Maßnahmen zur Schadstoffrückhaltung in der Folge der 80er Jahre betrafen mobile Emissionsquellen (Kfz), kleinere Verbrennungsanlagen und die Entschwefelung von Dieselmotoren und leichtem Heizöl. Da durch die Verabschiedung der GFAVO der Problemdruck gelindert war und auch ab Mitte der 80er Jahre das öffentliche Interesse an der Waldschadensproblematik abnahm, wurden einige dieser Maßnahmen durch langwierige politische Auseinandersetzungen verzögert. Zur Verzögerung trug auch die Internationalisierung der Maßnahmendiskussion (z.B. Einführung von Pkw mit Katalysator auf EG-Ebene) bei (Prokop et al./1989, S. 126).

Die Bundesregierung hat sich auf internationaler Ebene erheblich engagiert, um Übereinkommen über Maßnahmen zur Luftreinhaltung herbeizuführen; zu erwähnen sind zum Beispiel die Bemühungen zur Reduzierung der Kfz-Emissionen bzw. zur Einführung von Abgaskatalysatoren für Kfz auf EG-Ebene und das Helsinki-Protokoll zur Reduzierung des Schwefels bis 1993 um 30%.

Auf der forschungspolitischen Ebene wurde parallel zu den umweltpolitischen Maßnahmen sehr schnell zu Beginn der 80er Jahre gehandelt. Als wesentliche Maßnahmen sind zu nennen:

- die Veranstaltung mehrerer größerer wissenschaftlicher Kongresse zur Feststellung und Diskussion des Standes des Wissens über die Ursachen der neuartigen Waldschäden in den Jahren 1982 bis 1984;
- die Vorlage des bereits genannten Berichts des Arbeitskreises "Forstschäden durch Luftverunreinigungen" im Jahre 1982 und des Sondergutachtens des SRU "Waldschäden und Luftverunreinigungen" im Jahre 1983, in dem der damalige Wissensstand aufbereitet und Forschungslücken aufgezeigt wurden;
- die Initiierung von Forschungsprogrammen zu neuartigen Waldschäden auf Bundes- und Länderebene in den Jahren 1982 und 1983;
- die Einrichtungen der gemeinsamen interministeriellen Arbeitsgruppe "Waldschäden / Luftverunreinigungen" des Bundes und der Länder (IMA) und des "Forschungsbeirats Waldschäden / Luftverunreinigungen" (FBW), der als wissenschaftliches Beratungsgremium für die Administration und die IMA diene.
- die Verstärkung der internationalen Zusammenarbeit und des Erfahrungsaustausch auf den Gebieten des atmosphärischen Schadstofftransports und der Waldschadensforschung in

bilateralen Vorhaben mit verschiedenen Nachbarstaaten und den USA und Kanada sowie im Rahmen von internationalen Organisationen (EG, UN/ECE).

### **II.3.    Forschungsförderung auf dem Gebiet "Saurer Regen und neuartige Waldschäden" - Quantitative Analysen**

Wie bereits erwähnt, haben neben der Bundesregierung auch verschiedene Bundesländer erhebliche Mittel für Forschung auf dem Gebiet "Saurer Regen und neuartige Waldschäden" eingesetzt. Aus diesem Grund werden zunächst in einem ersten Abschnitt die Förderaktivitäten des Bundes dargestellt, in einem zweiten Abschnitt Förderaktivitäten einiger Bundesländer und in einem dritten Abschnitt eine Gesamtbilanz gegeben.

#### **II.3.1    FuE-Förderung durch den Bund**

Im Jahre 1982 wurde vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten das Forschungsprogramm "Waldschäden durch Luftverunreinigungen 1982-1985" geschaffen, im Jahre 1983 etablierte auch das BMFT einen Schwerpunkt Waldschadensforschung. Daneben wurde vom BMFT auch ein Forschungsbereich "Atmosphärische Prozesse und Stoffkreisläufe" gebildet, in dessen Rahmen zahlreiche Vorhaben mit direktem Bezug zur Waldschadensforschung gefördert wurden und werden, z.B. zur chemischen Umwandlung der primären Schadstoffe SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> und zu Depositionsvorgängen. Das BMI als das damals für Umwelt zuständige Ressort hat ebenfalls über das Umweltbundesamt Forschung in diesen Bereichen gefördert. Schließlich hat sich auch die gemeinsam von Bund und Ländern geförderte Deutsche Forschungsgemeinschaft im Bereich der Waldschadensforschung engagiert.

Die statistische Erfassung der Mittel, die von der Bundesregierung für Waldschadensforschung und atmosphärische Schadstoffausbreitung ausgegeben werden, stößt auf Schwierigkeiten, da die institutionelle Förderung wie auch die Vorhabensförderung anderer Ressorts nicht in einer ausreichend detaillierten Untergliederung erfaßt werden. Eine detailliertere Darstellung ist so nur für die Vorhabensförderung des BMFT möglich.

Die Entwicklung der Fördermittel des BMFT für die Bereiche "Waldschadensforschung" und "Atmosphärische Prozesse und Stoffkreisläufe" in der Zeit von 1985 bis 1989 zeigt Tabelle VII. Für den Bereich "Waldschadensforschung" ergibt sich dabei eine Stagnation des Mitteleinsatzes auf hohem Niveau. Die Förderung der Waldschadensforschung wurde vom BMFT im Jahre 1983 aufgenommen; bereits in diesem Jahr wurden Vorhaben mit einem Fördervolumen von 13,2 Mio. DM bewilligt. Die Reaktion auf die Waldschadensproblematik bezüglich der Fördermittel ist somit bereits in der ersten Hälfte der 80er Jahre erfolgt. Ein nicht unbeträchtlicher Teil der Waldschadensforschung wurde inzwischen in die Ende der 80er Jahre aufgebauten Ökosystemforschungszentren an den Universitäten Bayreuth und Göttingen eingebunden. Für den Bereich "Atmosphärische Prozesse und Stoffkreisläufe" zeigt Tabelle VII einen erheblichen Anstieg der Mittel ab 1988, der u.a. auf den Mittelbedarf für die deutsche Beteiligung am EUREKA-Projekt EUROTRAC zurückzuführen ist, das sich mit der Aufklärung von Transportphänomenen und chemischer Umwandlungsprozessen auf kontinentaler Ebene und deren Modellierung sowie mit der Erfassung zusätzlicher Schadstoffe, wie z.B. Ozon, beschäftigt und somit von unmittelbarer Relevanz für das Problem "Saurer Regen und neuartiger Waldschäden" ist.

**Tab. VII: Ausgaben des BMFT für Waldschadensforschung und Forschung zu atmosphärischen Prozessen und Stoffkreisläufen (Projektförderung) 1985 - 1989**  
**in Mio. DM - in jeweiligen Preisen\* und in Preisen des Jahres 1985**  
**(Zahlen in Klammern)**

	Jahre				
	1985	1986	1987	1988	1989
Waldschadensforschung **	14,7 (14,7)	17,7 (17,2)	16,3 (15,5)	14,7 (13,7)	16,6 (15,1)
Atmosphärische Prozesse und Stoffkreisläufe	11,2 (11,2)	9,0 (8,7)	11,5 (10,9)	19,1 (17,9)	18,7 (17,1)
Total	25,9 (25,9)	26,7 (25,9)	27,8 (26,4)	33,7 (31,6)	35,3 (32,2)

\* gerundet

\*\* Die Beträge umfassen auch diejenigen Fördermittel für die Ökosystemforschungszentren, die für Forschung über Waldökosysteme eingesetzt werden.

Quelle: BMFT/DAVOR; Deflationierung KfK/AFAS

### II.3.2 FuE-Förderung durch die Bundesländer

Insbesondere die waldreichen süddeutschen Bundesländer, in denen sich auch die neuartigen Waldschäden am deutlichsten manifestierten, haben schon früh signifikante Forschungsaktivitäten in die Wege geleitet.

#### *Baden-Württemberg*

In Baden-Württemberg wurde im Jahre 1983 das sog. "Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung (PEF)" beim Kernforschungszentrum Karlsruhe etabliert. Diese Einrichtung fördert vornehmlich aus Mitteln, die von der Baden-Württembergischen Landesregierung bereitgestellt werden, wissenschaftliche Forschung über atmosphärische Schadstofftransporte, über deren Auswirkungen auf Waldökosysteme und Forschung über Zusammenhänge zwischen Luftverunreinigungen und Atemwegserkrankungen. Darüber hinaus beteiligt sich auch die EG an der Finanzierung ausgewählter Projekte des PEF. Seit dem Bestehen des PEF wurden bis heute 178 Vorhaben gefördert mit einem Mittelaufwand von insgesamt 66 Mio. DM (Stand August 1990). Dem Thema "Saurer Regen und neuartige Waldschäden" sind davon 118 Vorhaben und Mittel in Höhe von 38 Mio. DM direkt zuzuordnen. Sie verteilen sich auf die Schwerpunktthemen:

- Erfassung und Analyse der Einwirkungen von Luftschadstoffen auf Waldbäume. Abgrenzung gegenüber anderen möglichen Ursachen für die neuartigen Waldschäden (29,3 Mio. DM).
- Erforschung der atmosphärischen Ausbreitung, Umwandlung und Deposition von Luftschadstoffen (8,6 Mio. DM).

## *Bayern*

Auch in Bayern wird seit 1982 Forschung zu "Saurer Regen und neuartigen Waldschäden" gefördert. Aus dem bayerischen Staatshaushalt wurden im Zeitraum von 1982 bis 1989 Mittel von rund 60 Mio. DM für Waldschadensforschung aufgewandt (STMLU/1990, S. 8). Hierbei sind auch institutionelle Fördermittel berücksichtigt. Statistische Unterlagen über die zeitliche Verteilung dieser Mittel liegen nicht vor. Die Förderung erfolgt durch mehrere Landesministerien, die bei der Durchführung der Förderungsaktivitäten durch eine Projektträgerschaft (Projektgruppe Bayern zur Erforschung der Wirkung von Umweltschadstoffen / PBWU) bei der GSF München und durch eine Landesforschungsanstalt unterstützt werden.

## Förderung anderer Bundesländer

Auch die anderen Bundesländer haben ausnahmslos mehr oder weniger umfangreiche Forschungsprogramme und -projekte im Bereich "Saurer Regen und neuartige Waldschäden" durchgeführt. Hierzu liegen aber nur sehr lückenhafte statistische Angaben vor.

### II.3.3 Gesamtbilanz der FuE-Förderung von Bund und Ländern

Insgesamt sind nach Angaben des BMFT seit 1982 von Bund und Ländern rund 600 Forschungsvorhaben mit unmittelbarem Bezug zur Waldschadensproblematik gefördert worden; darin enthalten sind auch Vorhaben zur atmosphärischen Schadstoffausbreitung (BMFT/1990, S. 9). Der Mittelaufwand für diese Vorhaben betrug ca. 280 Mio. DM.

Zur institutionellen Förderung liegen keine genauen Angaben vor; der Aufwand an Mitteln, die Großforschungseinrichtungen und anderer Bundes- und Landesforschungseinrichtungen aus ihren institutionellen Budgets für Waldschadensforschung und atmosphärische Schadstoffausbreitung bereitstellen, ist aber beträchtlich und wird von der IMA auf etwa den Umfang der direkten Vorhabensförderung geschätzt (IMA 1988, S. 10).

Berücksichtigt man diese Schätzung der institutionellen Mittel, so kommt man auf einen Gesamtmittelaufwand seit 1982 von mindestens 500 Mio. DM für Projekt- und institutionelle Förderung.

Schließlich ist noch zu erwähnen, daß insbesondere das BMFT, aber auch einzelne Bundesländer vor dem Hintergrund der Waldschäden und deren möglicher Verursachung durch SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und andere Schadstoffe erhebliche Mittel zur Entwicklung von Rückhaltetechniken und emissionsarmen Verfahren zur Verfügung gestellt haben.

## II.4. **FuE-Förderung auf dem Gebiet "Saurer Regen und neuartige Waldschäden" - Qualitative Entwicklungen**

### II.4.1 Organisatorische Entwicklungen auf der Seite der Förderer

In der Bundesrepublik Deutschland hat man sich bemüht, von vornherein eine effektive wissenschaftliche und administrative Abstimmung und Koordinierung der Forschung sowie einen regen Informations- und Erfahrungsaustausch zwischen den beteiligten Forschern auf dem Gebiet "Sau-

rer Regen und neuartige Waldschäden" zu organisieren, der sich auch auf die internationale Ebene erstreckte.

Zu den Maßnahmen, die hierzu getroffen wurden, gehört die Einrichtung der Interministeriellen Arbeitsgruppe "Waldschäden/Luftverunreinigungen" (IMA) des Bundes und der Länder im Jahre 1983, in der alle zuständigen Bundes- und Länderministerien beteiligt sind und die DFG als Gast vertreten ist. Ihr obliegt die Dokumentation der laufenden Forschungsvorhaben, die Identifizierung von Forschungslücken, die Entwicklung von Empfehlungen zum Einsatz von Projektmitteln und die Frühkoordinierung der geplanten Forschungsvorhaben. Bemerkenswert ist, daß durch die IMA eine formalisierte Frühkoordinierung der FuE-Aktivitäten von Bund und Ländern geleistet wird und wurde, was in anderen Forschungsgebieten nicht oder nur ansatzweise geschieht. Der IMA zur Seite stand bis zum letzten Jahr als wissenschaftliches Beratungsgremium der 1983 eingerichtete "Forschungsbeirat Waldschäden/Luftverunreinigungen", dem namhafte Wissenschaftler angehörten und zu dessen Aufgaben die Auswertung der nationalen Forschung vor dem Hintergrund des internationalen Wissensstandes, die Evaluierung des Forschungsbedarfs und die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen gehörte.

Der Informations- und Erfahrungsaustausch im Bereich der Waldschadensforschung ist durch die großzügige Förderung mehrerer großer nationaler und internationaler Waldschadenskongresse und die Veröffentlichung von Statusberichten zur Waldschadensforschung unterstützt worden.

#### II.4.2 Qualitative Veränderungen im Bereich der Forschungseinrichtungen

Die umfangreiche Förderung der Waldschadensforschung hat insgesamt zu einem starken Ausbau ökologischer Forschungskapazitäten in den verschiedenen Arten von Forschungseinrichtungen geführt. Dies betrifft die Universitäten, die Großforschungseinrichtungen und andere Forschungseinrichtungen des Bundes und der Länder gleichermaßen. In vielen dieser Einrichtungen wurden spezielle Institute, Abteilungen und Arbeitsgruppen für Forschung auf dem Gebiet "Saurer Regen und neuartige Waldschäden" aufgebaut; vereinzelt sind auch neue Einrichtungen geschaffen worden. Der Schwerpunkt lag aber eindeutig auf dem Aufbau und Ausbau von Forschungskapazitäten in bestehenden Forschungseinrichtungen. Als solcher Ausbau ist auch die Schaffung von Ökosystemforschungszentren in der zweiten Hälfte der 80er Jahre an den drei Universitäten Bayreuth, Göttingen und Kiel zu betrachten. Durch Kooperationsvereinbarungen zwischen den Ökosystemforschungszentren und den Großforschungseinrichtungen und verschiedenen Ressortforschungsinstitutionen (Bundes- und Landesanstalten) wurde deren Einbindung in die Arbeiten der Ökosystemforschungszentren und die Nutzung der spezifischen Forschungskapazitäten und -anlagen dieser Einrichtungen durch die Ökosystemforschungszentren gewährleistet.

Generell läßt sich feststellen, daß durch die umfangreiche Förderung der Waldschadensforschung der Boden für eine breite ökologische Forschung in der Bundesrepublik Deutschland bereitet wurde.

## II.5. Bewertung der Ergebnisse der FuE-Förderung auf dem Gebiet "Saurer Regen und neuartige Waldschäden"

Die Bewertung der Ergebnisse der FuE-Förderung zum Thema "Saurer Regen und neuartige Waldschäden" stützt sich auf den Bericht des Forschungsbeirats Waldschäden/Luftverunreinigungen (FBW) über den Zeitraum 1987/89, der zugleich den Abschlußbericht der Tätigkeit des FBW darstellt (FBW/1989).

### Bewertung der Forschung

Der FBW stellt im genannten Bericht fest, daß die "neuartigen Waldschäden auf einen Ursachenkomplex aus abiotischen und biotischen Faktoren zurückgehen (FBW/1989, S. 1)". Die Ursachenforschung hat somit die schon zu Beginn der 80er Jahre formulierte These bestätigt, daß Luftschadstoffe eine entscheidende Rolle bei der Entstehung neuartiger Waldschäden spielen, entweder als direkt auslösender oder als prädisponierender Faktor. Allerdings hat, wie der FBW feststellt, "die Ursachenforschung keine einfache, für alle Wälder gleichermaßen gültige Erklärung gebracht und wird sie auch angesichts der vielfältigen Zusammenhänge von Standort-, Bestands-, Bewirtschaftungs- und Belastungsfaktoren nicht erbringen können. Einer allgemein gültigen Erklärung steht nach jetzigem Kenntnisstand entgegen, daß die Ursachen-Wirkungsketten durch unterschiedliche Standorts- und Belastungsbedingungen überlagert und variiert werden" (FBW/1989, S. 4). Weiterhin führt der FBW aus, daß die Waldschadensforschung verschiedene Hypothesen über die Ursachen der Waldschäden falsifiziert hat, so z.B. die Epidemihypothese und andere Alternativhypothesen, wie die Verursachung durch elektromagnetische Strahlung.

Bezüglich des atmosphärischen Schadstofftransports stellt der FBW fest, daß das Verständnis der luftchemischen Prozesse und ihrer Zusammenhänge mit Emissionen und Ausbreitungsphänomene verbessert werden konnten. Dies gelte insbesondere für SO<sub>2</sub>. Kenntnislücken bestünden aber weiterhin bei Stickstoffoxiden (NO<sub>x</sub>), bei flüchtigen Kohlenwasserstoffen (VOC) und Ammoniak und dem komplexen Zusammenwirken von NO<sub>x</sub> und VOC bei der Bildung von Photooxidantien.

Insgesamt sieht der FBW weiterhin einen hohen Forschungsbedarf und spricht sich für den Erhalt und Ausbau des entstandenen Forschungspotentials und breit und langfristig angelegte interdisziplinäre Grundlagen- und angewandte Forschung aus. Unter Berücksichtigung von Empfehlungen des FBW hat die Bundesregierung folgende Schwerpunkte für die zukünftige Forschungsförderung im Bereich der Waldschadensforschung formuliert:

- vertiefte Ursachenanalyse,
- Differentialdiagnose,
- Früherkennung von Schädigungen,
- Therapiemaßnahmen und deren Auswirkungen
- Ableitung von Gesamtinterpretationen auf Basis vorliegender Forschungsergebnisse.

Aufgrund der vorliegenden Erkenntnisse ist nach Ansicht des FBW eine weitere drastische Minderung von Schadstoffemissionen im nationalen und internationalen Rahmen vonnöten. Dies gilt insbesondere für NO<sub>x</sub>, VOC und Ammoniak, bei denen noch immer ein Anstieg der Emissionen bzw. kein Rückgang der Emissionen festzustellen ist. Der FBW spricht sich auch für weitere Forschung zur besseren Aufklärung luftchemischer Prozesse, zur Weiterentwicklung und Validierung vorliegender Ausbreitungsmodelle sowie für die Verbesserung von Emissionskatastern aus.

Als einen nicht zu unterschätzenden positiven Nebeneffekt der Förderung von Forschung und Entwicklung über neuartige Waldschäden wertet der FBW den Aufbau eines großen und qualifizierten ökologischen Forschungspotentials.

#### Entwicklung und Stand der Umweltsituation

Von einer generellen Erholung der Wälder kann nach Ansicht des FBW noch keineswegs gesprochen werden. Die Entwicklung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland habe in den Jahren 1985/1986 ihren bisherigen Höhepunkt erreicht, aber die zu Beginn der 80er Jahre vorhergesagten katastrophalen, irreversiblen Zusammenbrüche ganzer Waldökosysteme seien nicht eingetreten. Für eine Entwarnung bestehe aber noch kein Anlaß. Zwar zeichnet sich für Nadelbäume seit 1986 eine Verbesserung ab. Andererseits haben sich die Schäden, wie der FBW ausführt, allmählich über größere Flächen (europaweit) verbreitet und führen in exponierten Lagen (z.B. bei Berg- und Schutzwäldern der Gebirge) zu latenten Bedrohungen menschlicher Siedlungen. Außerdem haben sich die Schäden verstärkt auf Laubbäume ausgedehnt (FBW/1989, S. 1).

Diese ernüchternde Bilanz deutet einerseits darauf hin, daß es sich bei den neuartigen Waldschäden um ein Phänomen langer Wirkungsketten handelt. Andererseits ist auch festzustellen, daß die Belastungsfaktoren - sieht man von den SO<sub>2</sub>-Emissionen ab - trotz relativ eindeutiger wissenschaftlicher Erkenntnisse nicht entscheidend abgebaut wurden (Emissionen von NO<sub>x</sub>, VOC und Ammoniak).

## ABKÜRZUNGEN

AWI	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
BMV	Bundesministerium für Verkehr
BML	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
BMJFFG	Bundesministerium für Jugend, Familien, Frauen und Gesundheit
DLR	Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
EG	Europäische Gemeinschaften
EUREKA	Initiative für verstärkte technologische Zusammenarbeit in Europa
EUROTRAC	Europäisches Experiment zum Transport und zur Umwandlung umweltrelevanter Spurenstoffe in der Troposphäre über Europa
FhG	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der Angewandten Forschung
FBW	Forschungsbeirat Waldschäden / Luftverunreinigungen
GBF	Gesellschaft für Biotechnologische Forschung
GKSS	GKSS-Forschungszentrum Geesthacht
GSF	Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH früher: Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung
GFE	Großforschungseinrichtungen
GFAVO	Großfeuerungsanlagenverordnung
HWWA	Institut für Wirtschaftsforschung Hamburg
Ifo	Ifo-Institut für Wirtschaftsforschung e.V.
IMA	Interministerielle Arbeitsgruppe "Waldschäden/Luftverunreinigungen" des Bundes und der Länder
IGBP	International Geosphere-Biosphere Programme
KfA	Forschungszentrum Jülich
KfK	Kernforschungszentrum Karlsruhe
KfK/AFAS	Kernforschungszentrum Karlsruhe / Abteilung für Angewandte Systemanalyse
MPG	Max-Planck-Gesellschaft
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung)
PEF	Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung
PBWU	Projektgruppe Bayern zur Erforschung der Wirkung von Luftschadstoffen
RWI	Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung



SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
UBA	Umweltbundesamt Berlin
UFOPLAN	Umweltforschungsplan (UBA)
UNEP	United Nations Environmental Programme
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris (Organisation der Vereinten Nationen für Erziehung, Wissenschaft und Kultur)
WCRP	World Climate Research Programme (Weltklimaforschungsprogramm)
WZB	Wissenschaftszentrum Berlin

## LITERATUR

### BMFT 1984:

Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Umweltforschung und Umwelttechnologie, Programm 1984-1987, BMFT (Hrsg.), Bonn 1984.

### BMFT 1989:

Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Umweltforschung und Umwelttechnologie, Programm 1989-1994, BMFT (Hrsg.), Bonn 1990.

### BMFT 1990:

Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Programmreport Waldschadensforschung, BMFT (Hrsg.), Bonn, Mai 1990.

### BMU 1990a:

Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Umweltbericht 1990, BT-Drucksache 11/7168, Bonn Mai 1990.

### BMU 1990b:

Konzept zur Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, in: *'Umwelt'* (Information des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), BMU (Hrsg.), Bonn, Nr. 7/1990.

### DIW 1990:

Ungebrochenes Wachstum des Pkw-Verkehrs erfordert verkehrspolitisches Handeln, in: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, in: *'DIW-Wochenbericht'* 14/90, 5. April 1990, 57. Jg., S. 175-181.

### FBW 1989:

Forschungsbeirat Waldschäden/Luftverunreinigungen, 3. Bericht, FBW (Hrsg.), Bonn, November 1989.

### Ifo 1989:

Schreyer, M. und Sprenger, R.-U, Umwelttechnik - Marktchancen durch den ökologischen Umbau unserer Industriegesellschaft, in: *'ifo-schnelldienst'* 10/89, S. 3-10.

### IMA 1988:

Geschäftsstelle der Gemeinsamen Interministeriellen Arbeitsgruppe "Waldschäden/Luftverunreinigungen des Bundes und der Länder" (IMA/UBA), Gesamtdarstellung der öffentlich geförderten Forschung über Waldschäden. Umweltbundesamt Texte 27/88, Dezember 1988.

### Prokop et al. 1989:

Prokop, H.; Günther, R.; Beuck, J., Reaktionsmuster der öffentlichen Verwaltung angesichts von Ereignissen mit (bisher) unbekanntem Folgen, Speyerer Forschungsberichte. Forschungsinstitut für öffentliche Verwaltung bei der Hochschule für Verwaltungswissenschaften Speyer, 1989.

### SRU 1978:

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) Umweltgutachten 1978, Verlag W. Kohlhammer GmbH Stuttgart und Mainz, 1978.

### SRU 1983:

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU), Sondergutachten Waldschäden/Luftverunreinigungen, Mai 1983. BT Drucksache 10/113 vom 8.6.1983, Bonn 1983.

### SRU 1985:

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU), Sondergutachten Umweltprobleme der Landwirtschaft, BT-Drucksache 10/3613 vom 3.7.85, Bonn 1985.

### SRU 1987:

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU), Umweltgutachten 1987. Verlag W. Kohlhammer GmbH, Dezember 1987.

StMLU 1990:

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Waldschadensforschung in Bayern, München, Januar 1990.

Toepfer, Klaus 1990:

Toepfer, K., Probleme global lösen , in: '*Deutsches Allgemeines Sonntagsblatt*', Nr. 33, 17. August 1990.

UBA 1989:

Umweltbundesamt, Jahresbericht 1988, Berlin 1989.