

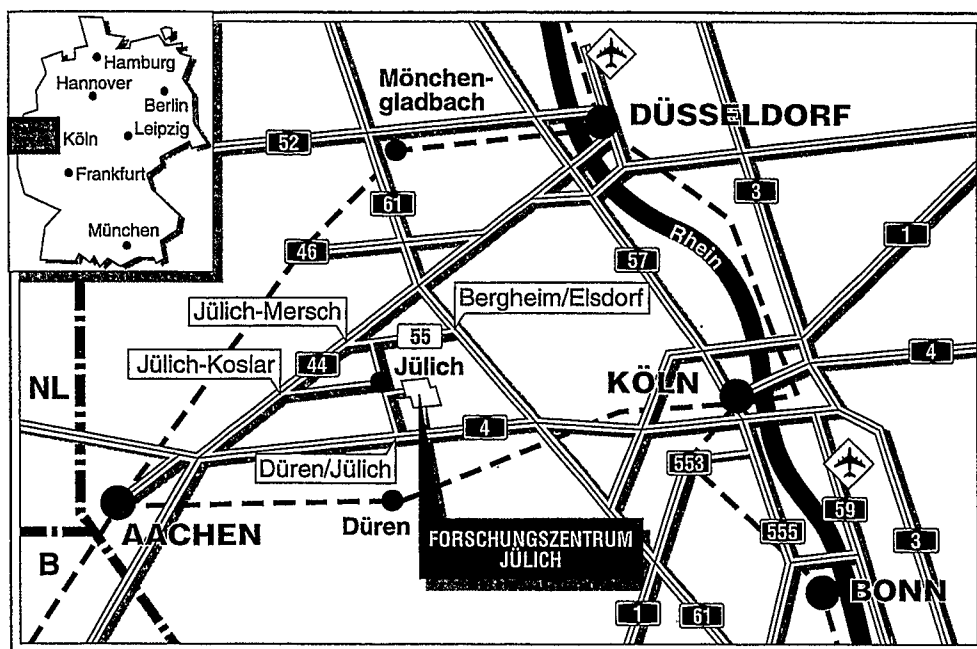
*Programmgruppe Systemforschung
und Technologische Entwicklung*

Angewandte Systemanalyse Nr. 63

**Umweltvorsorgeprüfung
im Forschungsbereich**

Kolloquium 5. Juni 1991
Wissenschaftszentrum Bonn

Winfried Hirtz Werner Huber



Berichte des Forschungszentrums Jülich ; 2553

ISSN 0366-0885

Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung Jül-2553

Zu beziehen durch: Forschungszentrum Jülich GmbH · Zentralbibliothek
Postfach 1913 · D-5170 Jülich · Bundesrepublik Deutschland
Telefon: 02461/61-6102 · Telefax: 02461/61-6103 · Telex: 833556-70 kfa d

Angewandte Systemanalyse Nr. 63

**Umweltvorsorgeprüfung
im Forschungsbereich**

Kolloquium 5. Juni 1991
Wissenschaftszentrum Bonn

Winfried Hirtz Werner Huber

Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften hat einen Vorschlag für eine Richtlinie über die Umweltverträglichkeit bei Politiken, Plänen und Programmen beim Rat der Europäischen Gemeinschaften (Entwurf vom 16.8.1990) vorgestellt. Dadurch sollen künftig Umweltaspekte auch in den der konkreten technischen Ausgestaltung vorgelagerten Bereichen stärker in die Entscheidungsabläufe einfließen.

Für den Forschungsbereich bedeutet dies, daß dazu Prüfverfahren entwickelt werden, die sicherstellen, daß die Wirkungen auf Mensch und Umwelt einer durch ein Forschungsvorhaben intendierten technischen Entwicklung rechtzeitig aufgezeigt werden.

Das Wissen um etwaige Risiken und die Umsetzung dieser Kenntnisse in das künftige Forschungsdesign verspricht durch die Möglichkeit einer rascheren und fundierteren Konzentration auf aussichtsreiche Entwicklungslinien nicht nur ökonomische und ökologische Vorteile, sondern auch eine Beschleunigung und Verstärkung der Forschungsarbeiten.

Ziel des Kolloquiums war es, die vorhandenen methodischen Ansätze sowie ihre Einsatzmöglichkeiten in marktnahen und marktfernen Vorhaben vorzustellen und zu diskutieren.

Desweiteren sollte die Integration einer Umweltvorsorgeprüfung in die Abläufe des F&E-Managements in Industrie, Wissenschaft und Politik diskutiert werden. Die Erwartungen und unterschiedlichen Sichtweisen sowie Probleme auf der Anwenderseite wurden angesprochen.

Wesentliche Diskussionsergebnisse waren:

1. Die Etablierung eines solchen Verfahrens kann als Novum angesehen werden.
2. Es besteht Bedarf an Wissen über Chancen und Risiken, z.B. einer Technik. Dabei soll die Anwendung einer Umweltvorsorgeprüfung jedoch keine Behinderung der laufenden Arbeiten bedingen.
3. Als Verfahren, das ein größeres Wissen über ökologische Zusammenhänge bereitstellt, ist die Umweltvorsorgeprüfung auch als Legitimation für den BMFT bei der Vergabe von Forschungsprojekten einsetzbar.
4. Es wird als wichtig angesehen, den Personalaufwand für eine solche Prüfung zu erfassen und möglichst gering zu halten.
5. Es wird die Möglichkeit gesehen mit dieser Methode das Personal aus den Fachabteilungen in Weiterbildungsveranstaltungen an den vorsorgenden Umweltschutz heranzuführen.

In der frühen Gesetzgebung zum Umweltschutz wird **Umweltschutz** beschrieben als Abwehr von Gefahren, also der Abwehr möglicher schädlicher Folgen menschlichen Handelns für die Umwelt¹. Dies ist auf eine Erhaltung des Status quo, einer Umweltqualität gezielt. Eingeschlossen ist darin auch die Möglichkeit, weiterhin Umweltbeeinflussungen zu tolerieren, so lange keine Gefahr erkennbar ist. Ein Beispiel dazu ist das Ausnutzen von Grenzwerten. Über den Umweltschutz im eigentlichen Sinne hinaus muß auch die Kompensation und Verringerung bestehender Belastungen und Gefahren sowie der Herstellung der natürlichen Gehalte und Umweltbedingungen erfolgen.

Dies ist durch die Weiterentwicklung des Umweltschutzgedankens geschehen. Umweltschutz wurde durch den Begriff der Umweltvorsorge erweitert, der in den Leitlinien Umweltvorsorge der Bundesregierung definiert wurde. **Umweltvorsorge** ist als politisches Handlungsprinzip mit drei Schwerpunkten angelegt und umfaßt "alle Handlungen,

- die der Abwehr konkreter Umweltgefahren,
- die im Vorfeld der Gefahrenabwehr der Vermeidung oder Verminderung von Risiken für die Umwelt
- und die vorausschauend der Gestaltung unserer zukünftigen Umwelt, insbesondere dem Schutz und der Entwicklung der natürlichen Lebensgrundlagen,

dienen".²

Im Sinne dieser Leitlinie muß der Staat konkrete Umweltgefahren abwehren und schützend eingreifen, wenn Stoffeinträge erkennbar geeignet sind, Schäden für die formulierten Schutzziele herbeizuführen. Erkennbar ist eine Gefahr dann, wenn der Schadensumfang erheblich und nach wissenschaftlicher Erkenntnis eine hinreichende Eintrittswahrscheinlichkeit gegeben ist.

Risikovorsorge und **Zukunftsvorsorge** sind die wichtigsten Bestandteile der Leitlinie Umweltvorsorge. Dabei bedeutet Risikovorsorge Risikominimierung, d.h. Vermeidung und Verminderung von Risiken für die Umwelt, die nach Art und Umfang etwaiger Schäden sowie nach der Eintrittswahrscheinlichkeit noch keine Gefahr begründen oder gegenwärtig nicht abschätzbar sind. Dies bedeutet, daß auch solche Schadensmöglichkeiten in Betracht gezogen werden (müssen), die sich nur deshalb nicht ausschließen lassen, weil nach dem derzeitigen Wissensstand bestimmte Ursachenzusammenhänge weder bejaht noch verneint werden können.

Als Handlungsinstrument sieht die Bundesregierung in der Risikovorsorge "ein tragendes Element ihrer Konzeption zur stufenweisen, drastischen Emissionsminderung aller vom Menschen in Atmosphäre, Gewässer oder Boden eingebrachten Stoffe"².

¹ Umweltbundesamt (Hrsg.); Bothe, M., Gündling, L. (Bearb.) : Neuere Tendenzen des Umweltrechts im Internationalen Vergleich ; Berichte 2/90, Erich Schmidt Verlag, Berlin

² Deutscher Bundestag; Leitlinien der Bundesregierung zur Umweltvorsorge durch Vermeidung und stufenweise Verminderung von Schadstoffen (Leitlinien Umweltvorsorge); Drucksache 10/6028 vom 19.09.86

Auch Zukunftsvorsorge bedeutet mehr als Sanierung bzw. defensiven Umweltschutz. Da Stoffeinträge in die Umwelt grundsätzlich mit dem Risiko verbunden sind, nachteilige Veränderungen hervorzurufen, müssen die von Stoffen ausgehenden potentiellen Umweltbelastungen erfaßt und bewertet werden². "Die Emissionen von umweltbelastenden Stoffen bei der Herstellung, Verwendung und Entsorgung von Produkten sollten nicht nur kontrolliert und durch zusätzliche Anlagen zurückgehalten werden. Konsequenter und effizienter Umweltschutz muß vielmehr schon früher einsetzen. Der Umwelt wird am besten dadurch gedient, daß umweltschonende Produktionsprozesse und Produkte entwickelt werden, die Emissionen von umweltbelastenden Stoffen erst gar nicht entstehen lassen oder zumindest soweit wie möglich vermeiden"². Dadurch soll die zukünftige Umwelt vorausschauend, auf den Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen bedacht, gestaltet werden. Zukunftsvorsorge bedeutet eine über die Risikovorsorge hinausgehende Entwicklung der natürlichen Umwelt, um dadurch auch Freiräume für die Entfaltung zukünftiger Generationen zu erhalten.

Als Instrumente der Umweltvorsorge sind vor allem die **Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)** und die **Technikfolgenabschätzung (TA)** zu nennen.

Die **Umweltverträglichkeitsprüfung** ist ein Verfahren zur Sicherung einer umfassenden Berücksichtigung von Umweltbelangen bei allen signifikanten umweltrelevanten Entscheidungen. Eingeführt wurde die UVP schon im Jahre 1969 in Amerika durch den National Environmental Policy Act (NEPA). Wobei als UVP- pflichtige "Maßnahmen" nicht nur konkrete, von den Bundesbehörden durchgeführte Projekte angesehen wurden, sondern auch behördliche Programme, Rechtsvorlagen, Verwaltungsvorschriften und Verfahrensregelungen sowie informelle Handlungen, wenn ihnen erhebliche Umweltrelevanz zukam¹. Diese Übertragung auf die Programm- bzw. Planungsebene ist in der Bundesrepublik Deutschland nicht vollständig geschehen, wohl aber die Anwendung auf private Projekte. Sie wird allerdings, z.B. von Linkohr als Mitglied des europäischen Parlaments für jedes nationale und europäische F&E-Programm gefordert³ und liegt der Kommission der Europäischen Gemeinschaften nun als Entwurf vor⁴.

Die **Technikfolgenabschätzung (TA)** umfaßt dagegen neben der Folgenabschätzung auf die Umwelt und die Gesundheit des Menschen - eingeschlossen die Analyse von Unfallrisiken - auch die Folgenabschätzung auf soziale und ökonomische sowie weitere Strukturen. Zusätzlich wird der Stand einer Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert, sowie die Folgen von Alternativen aufgezeigt. Eine umfassende, in der Regel standortungebundene TA wird aber aufgrund des Aufwandes immer nur in Einzelteilen durchgeführt werden können.

Da eine standardmäßig angewandte Prüfung für den Forschungsbereich nicht existiert und nur in seltenen Fällen eine vollständige TA durchgeführt werden kann und auch eine

³ Wahl, R.: Die Auswirkungen der Umsetzung der EG-Richtlinie auf die kommunale UVP; in: Hübler, K.H., Otto-Zimmermann, K. (Hrsg.) : Die Umweltverträglichkeitsprüfung - Gesetzgebung, Sachstand, Positionen, Lösungsansätze; Eberhard Blottner Verlag, Taunusstein 1989

⁴ EG-Richtlinie zur UVP bei Politiken, Plänen und Programmen (Entwurf der Kommission an den Rat): XII/194/90-DE vom 16.08.90, Brüssel

Programm-UVF im Forschungsbereich anders als die bestehende Konzeption aussehen müßte, um dem Ziel der Umweltvorsorge gerecht zu werden, wurde - in Anlehnung an den Vorsorgebegriff der Bundesregierung - begonnen ein entsprechendes Verfahren, die

"Umweltvorsorgeprüfung (UP)"

zu entwickeln.

Das Vorhaben " **Umweltvorsorgeprüfung bei Forschungsvorhaben** ", welches im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) seit Anfang 1990 durchgeführt wird, hat zum Ziel ein Prüfverfahren zu entwickeln, welches sicherstellt, daß die Wirkungen auf Mensch und Umwelt einer durch ein Forschungsvorhaben intendierten technischen Entwicklung rechtzeitig aufgezeigt werden.

Die Entscheidungsträger sollen dadurch in die Lage versetzt werden, zum frühest möglichen Zeitpunkt vor oder nach Vergabe von Forschungsvorhaben zu entscheiden, welche der verschiedenen Umweltaspekte für die Vorhaben als relevant anzusehen sind und als Ziele oder Kriterien formuliert Bestandteil der Vorhaben werden sollen.

Im Kontext zu diesem Vorhaben wurde am 5. Juni 1991 im Wissenschaftszentrum in Bonn das Kolloquium "**Umweltvorsorgeprüfung im Forschungsbereich**" durchgeführt.

Wie dem nachfolgendem Programm zu entnehmen ist, gliederte sich diese Veranstaltung in einen methodischen Teil, in welchem verschiedene Ansätze zur Umweltvorsorgeprüfung dargestellt wurden und in einen eher praxisorientierten Teil, in welchem die Möglichkeiten und Anforderungen, aber auch Grenzen derartiger Ansätze aus Industriesicht diskutiert wurden.

Der vorliegende Band enthält diese Redebeiträge und die wesentlichen Ergebnisse der anschließenden Diskussionen.

Für unsere weitere Arbeit erbrachte das Kolloquium viele wertvolle Hinweise und Anregungen. Hierfür schulden wir besonderen Dank den einzelnen Referenten, die spontan zur Übernahme eines Referates bereit waren, aber auch den einzelnen Teilnehmern, die durch ihre engagierten Diskussionsbeiträge wesentlich zu der gelungenen Veranstaltung beitrugen.

Jülich, Oktober 1991

Winfried Hirtz

Werner Huber

Kolloquium 'Umweltvorsorgeprüfung im Forschungsbereich'

Wissenschaftszentrum Bonn, 5. Juni 1991

Programm

Begrüßung

Dr. Ing. H.-J. Wagner, STE, Forschungszentrum Jülich (KFA)

Einführung in die Thematik

Ministerialrat Dr. N. Binder, BMFT, Referat 426, Bonn

Ansätze zur Vorsorgeprüfung

Ansätze zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) bei Programmen und Plänen in der Europäischen Gemeinschaft

Dipl.-Volksw. D. Wagner, Stadt- und Regionalplanung Büro Dr. Jansen, Köln

Bewertungsverfahren zur Umweltverträglichkeitsprüfung - zum Stand der Forschung in den neuen Bundesländern

Dr. sc. techn. J. Wotte, Technische Universität Dresden

Umweltvorsorgeprüfung bei Forschungsvorhaben - Methodik stoffbezogener Ansatz

Dipl.-Geogr. W. Hirtz, STE, Forschungszentrum Jülich (KFA)

Die Ökobilanzierung als Diagnose- und Bewertungsmethode - Am Beispiel der Abfallwirtschaft

Dr. Ing. W. Gebler, Erkheim

Anforderungen an die Umweltvorsorgeprüfung aus der Sicht des F&E-Managements

Möglichkeiten umweltgerechter Forschung unter den Randbedingungen marktorientierter Auftragsforschung

Dr. R. Steinhilper, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Vorsorgeorientierter Umwelt- und Arbeitsschutz bei der Vermarktung von Produkten

Dr. W. Hamann, Deutsche BP Aktiengesellschaft, Hamburg

Umweltaspekte als wesentlicher Bestandteil für Produktentwicklung und Produktionsplanung

Direktor H. Rhotert, Umweltschutzbevollmächtigter der IBM Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

1.0 Ansätze zur Umweltverträglichkeitsprüfung bei Programmen und Plänen in der EG	1
1.1 Von der UVP zur UVP	1
1.2 Die Diskussion über die PPP-UVp	2
1.3 Erfahrungen in den EG-Ländern	5
1.4 Entwurf für einen Richtlinienvorschlag	9
1.5 Zusammenfassende Beschreibung der Politik, des Plans oder Programmes und ihrer/ seiner Hauptziele	10
1.6 Literaturverzeichnis	12
2.0 Bewertungsverfahren zur Umweltverträglichkeitsprüfung - zum Stand der Forschung in den neuen Bundesländern	15
2.1 Arbeiten zur UVP in der ehemaligen DDR	15
2.2 Betriebliche UVP	16
2.3 Bewertungsverfahren der TU Dresden	18
2.4 Schlußfolgerungen	23
2.5 Literaturverzeichnis	25
3.0 Umweltvorsorgeprüfung bei Forschungsvorhaben	27
3.1 Einführung	27
3.2 Vorhandene Instrumentarien der Vorsorgepolitik	27
3.3 Die Umweltvorsorgeprüfung als neues Instrument der Vorsorgepolitik	29
3.3.1 Die Prüfung der Umwelterheblichkeit als erster Schritt der Umweltvorsorgeprüfung	30
3.3.2 Organisatorischer Ablauf	38
3.3.2.1 Orientierungsphase	38
3.3.2.2 Durchführungsphase	40
3.3.2.3 Beurteilungsphase	41
3.3.2.4 Nachkontrollphase	41
3.4 Validierung der Methodik	46
3.5 Literaturverzeichnis	47
4.0 Die Ökobilanzierung als Diagnose- und Bewertungsmethode	49
4.1 Methodenbeschreibung	50
4.1.1 Toxizitätsfaktor Tx_s	52
4.1.2 Biokonzentrationsfaktor BCF_s	53
4.1.3 Persistenzfaktor PF_s	53
4.1.4 Stöchiometrischer Faktor λ	54
4.2 Bewertungsprobleme	54
4.2.1 Analytik	55
4.2.2 Wirkungsanalytik	55
4.2.3 Aggregationsprobleme	55
4.3 Anwendung des Bewertungsansatzes	56
4.4 Welche Bewertungsmethode ist optimal?	57

5.0 Möglichkeiten umweltgerechter Forschung unter den Randbedingungen markt-orientierter Auftragsforschung	59
5.1 Problemstellung	59
5.2 Produktverantwortung umfaßt Produktion, Gebrauch und Entsorgung	59
5.3 Ordnungsgemäße Entsorgung bedeutet in erster Linie Recycling	61
5.4 Recycling nach Kreislaufarten, Behandlungsprozessen sowie Recyclingformen	62
5.5 Effektives Produkt-Recycling im Zusammenwirken von Instandsetzung, Aufarbeitung und Aufbereitung	64
5.6 Industrialisierung der Demontage - wichtigste fertigungstechnische Herausforderung des Produktrecyclings	65
5.7 Demontagegerechte Produktgestaltung - mehr als eine Umkehrung montageorientierter Prinzipien	66
5.8 Die Kostenbalance zwischen Produktion, Gebrauch und Entsorgung	68
5.9 Literatur	71
6.0 Vorsorgeorientierter Umwelt- und Arbeitsschutz bei der Vermarktung von Produkten	73
6.1 Prüfung auf gesetzliche Anforderungen und interne Vorgaben	73
6.2 Prüfung gemäß interner Richtlinien und Produktspezifikationen	76
6.3 Prüfung auf denkbare und tatsächliche Gefährdungen im Langzeiteinsatz	77
6.4 Prüfung möglicher Gefährdungen durch das gebrauchte Produkt	77
7.0 "Strategie eines umweltorientierten Unternehmenskonzeptes"	79
8.0 Zusammenfassende Darstellung der Diskussionen zu den einzelnen Vorträgen	81
8.1 Ansätze zur Umweltvorsorgeprüfung	81
8.2 Anforderung an die Umweltvorsorgeprüfung aus der Sicht des F&E-Managements	84
Anhang A. Teilnehmerliste	87

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1.	Programmatic EISs issued 1979 through 1987, classified by type	3
Abb. 2.	Chronological Sequence of Actions within a comprehensive EIA-System .	6
Abb. 3.	Kennziffern zur Bewertung der Umweltverträglichkeit eines Produktes . .	20
Abb. 4.	Prüfablauf auf Basis des minimalen Kennziffernprogramms	21
Abb. 5.	Die Stellung der Umweltvorsorgeprüfung als ergänzendes Instrument der Vorsorgepolitik	29
Abb. 6.	Bestimmung der relevanten Umweltkompartimente: anthropogen bedingt	31
Abb. 7.	Bestimmung der relevanten Umweltkompartimente: aufgrund chemisch- physikalischer Eigenschaften	32
Abb. 8.	Prüfverfahren zur Umwelterheblichkeit eines Stoffes	34
Abb. 9.	Prüfverfahren zur Umwelterheblichkeit eines gering persistenten Stoffes .	35
Abb. 10.	Prüfverfahren zur Umwelterheblichkeit eines mäßig persistenten Stoffes .	36
Abb. 11.	Prüfverfahren zur Umwelterheblichkeit eines hoch persistenten Stoffes . .	37
Abb. 12.	Umweltvorsorgeprüfung - Orientierungsphase	43
Abb. 13.	Umweltvorsorgeprüfung - Durchführungsphase	44
Abb. 14.	Umweltvorsorgeprüfung - Beurteilungsphase	45
Abb. 15.	Regelkreis bei technischen Maßnahmen	49
Abb. 16.	Meßbare Größen zur Bestimmung des Ökotoxizitätsfaktors	52
Abb. 17.	Kommende Anforderungen an technische Produkte haben vermehrt Bezug zum Recycling	60
Abb. 18.	Recycling-Kreislaufarten	63
Abb. 19.	Produktrecycling und Instandhaltung	63
Abb. 20.	Baustrukturen und Demontagemöglichkeiten	67
Abb. 21.	Anteil der Entsorgungskosten an den Produktgesamtkosten	69
Abb. 22.	Entwicklung der Kostenanteile aus Produktion, Gebrauch und Entsorgung	69
Abb. 23.	Zu beachtende Gesetze bei der Produktentwicklung	74
Abb. 24.	Prüfschema zur Prüfung auf gesetzliche Anforderungen und interne Vor- gaben	75
Abb. 25.	Interne Richtlinien der Deutschen BP AG zur Produktprüfung	77

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1. Summary of SEA Experience in Member States	7
Tab. 2. Sectors covered in country reviews	9
Tab. 3. Relevanz von Schadstoffgruppen aus dem Rauchgas von Müllverbrennungsanlagen	56

1.0 Ansätze zur Umweltverträglichkeitsprüfung bei Programmen und Plänen in der EG

Dipl.-Volkswirt D. Wagner
Stadt- und Regionalplanung Dr. Paul G. Jansen, Köln

1.1 Von der UVP zur UVP

Das Thema der Veranstaltung lautet "Umweltvorsorgeprüfung im Forschungsbereich", das Thema dieses Referates beschäftigt sich mit Ansätzen zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). Für beide Bezeichnungen gilt die UVP und insofern mag der Hinweis auf die unterschiedliche Terminologie spitzfindig erscheinen. In der Praxis steht bei beiden Verfahren die Prüfung möglicher Umweltfolgen durch eine Tätigkeit im Vordergrund, insofern scheint es keine grundsätzlichen Unterschiede zu geben. In der Welt der Richtlinien und gesetzlichen Vorschriften sieht es allerdings etwas anders aus. Nach dem "Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten (85/337/EWG)" ¹ ist "die Umweltverträglichkeitsprüfung ... ein unselbständiger Teil verwaltungsbehördlicher Verfahren, die der Entscheidung über die Zulässigkeit von Vorhaben dienen". Damit gibt es in der Bundesrepublik eine gesetzliche Definition der Umweltverträglichkeitsprüfung. Nun gibt es zwar auf diesen Begriff keinen Gebrauchsmusterschutz, d.h. er kann auch für anders gestaltete Verfahren angewandt werden, aber es ist doch eine Vereinheitlichung in der Praxis zu erwarten. Nicht umsonst hatten die Kommunen entsprechende Befürchtungen für ihre "freiwillige" kommunale UVP geäußert.

Sieht man sich die Beschreibung der Umweltvorsorgeprüfung im Vorwort zu der noch zu diskutierenden Studie "Umweltvorsorgeprüfung bei Forschungsvorhaben - am Beispiel von Photovoltaik" ² an, dann wird deutlich, daß es tatsächlich methodische Unterschiede zwischen der Umweltverträglichkeitsprüfung und der Umweltvorsorgeprüfung in diesem Sinne gibt. Spannt man nun den Bogen zu dem Entwurf der EG-Richtlinie für eine Umweltverträglichkeitsprüfung bei Politiken, Plänen und Programmen ³, dann wird deutlich, daß die Unterscheidung nicht nur semantischer Natur ist. Vielmehr würde die UVP für Forschungsvorhaben bei unveränderter Verabschiedung der Richtlinie und einer entsprechenden Übernahme in nationales Recht nach dem dort vorgeschlagenen Muster verlaufen und damit teilweise von dem in der Studie vorgeschlagenen Verfahren abweichen. Während der Richtlinienentwurf beispielsweise eine generelle Öffentlichkeitsbeteiligung vorschlägt, wird in der Studie eine Beteiligung der Fachöffentlichkeit vorgeschlagen. Welche Vorgehensweise der Problemstellung angemessener ist, müßte diskutiert werden.

1.2 Die Diskussion über die PPP-UVP

Die Diskussion um eine UVP für Politiken, Planungen und Programme (kurz: PPP) wird in der Bundesrepublik, im europäischen Rahmen und auch im Ausland bereits seit vielen Jahren geführt. Beeinflusst wurde diese Diskussion durch die UVP in den USA, die auch Planungen und Programme in zu überprüfende Vorhaben bzw. Verfahren einbezieht. So schreibt der National Environmental Policy Act (NEPA) von 1969 vor, "daß alle Bundesbehörden bei größeren Bundesmaßnahmen, die die Umweltqualität erheblich beeinflussen, eine Umweltverträglichkeitserklärung anfertigen müssen."⁴ Solche Umweltverträglichkeitsprüfungen werden als Programmatic Environmental Impact Assessment's (EIS) bezeichnet. Größere Bundesmaßnahmen schließen Politiken, Planungen und Programme ein, so z.B. die Umweltüberprüfung eines Kreditgarantieprogramms für die Entwicklung von geothermischen Energiequellen und Treibstoffen auf Alkoholbasis oder ein Programm zum Bau mehrerer Wasserkraftwerke innerhalb eines Flußeinzugsgebietes.

Von 1979 bis 1987 wurden auf Bundesebene in den USA rund 320 sogenannte Programmatic Environmental Impact Statements angefertigt, davon ca. 20 für technologische Entwicklungen⁵ (Abb. 1 auf Seite 3). Neuere Studien umfassen einen Entwicklungsplan für die San Juan Resource Area im Bundesstaat Utah (im Verbund stehende Maßnahmen auf regionaler Ebene) sowie die beabsichtigte Umstrukturierung der Nuklearwaffenherstellung (sachlich zusammenhängende Maßnahmen auf der nationalen Ebene).⁶ Interessant für unsere Diskussion ist, daß die Vorgehensweise für die PPP-UVP und die Projekt-UVP identisch ist. Auch auf der Ebene der US-Bundesstaaten selbst gibt es UVP-Regelungen, die teilweise eine Plan- bzw. Programm-UVP einbeziehen. Führend hierbei ist der Bundesstaat Kalifornien, der beispielsweise auch Umweltfachplanungen einer UVP unterzieht.⁷

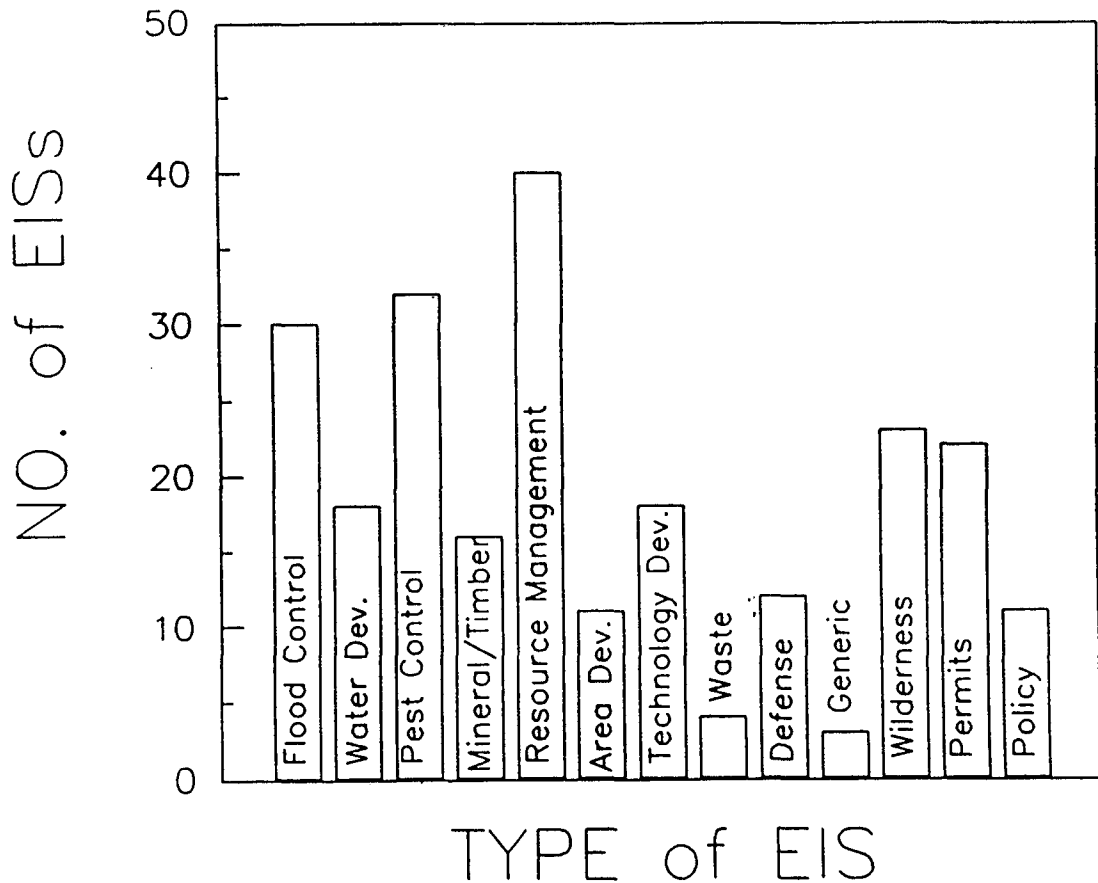


Abb. 1. Programmatic EISs issued 1979 through 1987, classified by type: Regulatory EISs are not included. Data are from an EPA database.

Auch in der Bundesrepublik gibt es seit längerem eine Diskussion über die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung auch auf einer den Vorhaben selbst vorgelagerten Ebene. Bereits im April 1974 sprach sich die Umweltministerkonferenz für eine Frühintegration von Umweltbelangen auch bei der Aufstellung von strukturpolitischen Programmen und Förderrichtlinien aus, die von der Bundesregierung beschlossenen Grundsätze für die Prüfung der Umweltverträglichkeit öffentlicher Maßnahmen vom 12.09.1975 sahen für folgende Maßnahmen eine Umweltverträglichkeitsprüfung vor:

1. Entwürfe zu Rechtsvorschriften und allgemeinen Verwaltungsvorschriften,
2. Verwaltungsakte, Verträge und sonstige nach außen wirksame Handlungen für öffentliche Aufgaben,
3. Programme und Pläne für öffentliche Aufgaben.“⁸

Die langjährige Diskussion über die politisch-rechtliche Umsetzung der EG-Richtlinie zur Umweltverträglichkeitsprüfung fanden schließlich im UVP-Gesetz ihren Abschluß, hier ist die UVP allerdings rein vorhabenbezogen. Allerdings gibt es auch hier einen gewissen Ansatz zur Plan-UVP, Bebauungspläne und Raumordnungsverfahren, die Vor-

aussetzung für die Genehmigung von Vorhaben sind, müssen ebenfalls einer UVP unterzogen werden.

Bereits in seiner Stellungnahme hatte der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen darauf hingewiesen, daß mittelfristig die Einführung einer UVP insbesondere für solche Pläne und Programme umweltpolitisch für sinnvoll gehalten würde, die sich auf die Standortwahl umweltbelastender Vorhaben auswirken. Dies würde insbesondere für Abfall- und Abwasserbeseitigungspläne, Standortsicherungspläne sowie Maßnahmen der Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur, der Agrarstruktur und des Küstenschutzes gelten.⁹ Interessanterweise enthielt auch ein von der ehemaligen DDR im Jahr 1990 vorgelegter Entwurf für ein eigenes Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in § 1 noch die "Prüfung der Umweltverträglichkeit von Programmen, Investitionen und Rekonstruktionsvorhaben". Gemäß § 4 waren Programme im Sinne dieses Gesetzes insbesondere auf die Raumordnung bezogene Entwicklungspläne und Konzeptionen zur strukturellen Veränderung in wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bereichen. Allerdings ist dieses Gesetz nie über den Entwurf hinausgekommen.

Seit längerer Zeit bestehen Überlegungen, das zersplitterte Umweltrecht in einem Umweltgesetzbuch zusammenzufassen. Seit Ende 1990 liegt der Entwurf eines Allgemeinen Teils vor, der auch den Vorschlag für eine Umweltfolgenprüfung enthält.¹⁰ Die Umweltfolgenprüfung soll auch Pläne und Programme umfassen, die ohne nahen Projektbezug und in einem weiteren räumlichen Rahmen Festlegungen treffen, die sich auf die Standortwahl für bestimmte Vorhaben auswirken.

Neben diesen mehr formalen Überlegungen hat es eine Reihe von Versuchen gegeben, Methoden für die UVP auch für Planungen und Programme zu entwickeln, wobei es sich dabei in der Regel um räumliche Planungen handelte.¹¹

Auch auf europäischer Ebene gibt es Aktivitäten, die UVP über den reinen Vorhabensbereich hinaus auszudehnen. So liegt ein Vorschlag für eine sogenannte Habitat-Richtlinie vor, wonach alle Entwicklungspläne oder Programme, die besondere Schutzgebiete beeinträchtigen können, einer UVP unterzogen werden müssen.¹² Für Pläne, Programme und Projekte, die aus dem Strukturfonds der Gemeinschaft gefördert werden, sollen seit April 1989 den Finanzierungsanträgen Erklärungen über die Umweltauswirkungen auf umweltempfindliche Gebiete vorgelegt werden.¹³

Zwar ist die sogenannte EG-Richtlinie zur UVP von 1985 nur vorhabenbezogen, in einer ergänzenden Protokoll-Erklärung wurde aber bei der Verabschiedung bereits erklärt, daß "nach Ansicht der Kommission die allgemeinen Grundsätze der Umweltverträglichkeitsprüfung auch für die Entscheidungsverfahren in Bezug auf Politik, Programme und Pläne ... von großer Bedeutung sind. Die Kommission würde deshalb die schrittweise Ausdehnung des Anwendungsbereiches der Umweltverträglichkeitsprüfung prüfen und dem Rat erforderlichenfalls Vorschläge unterbreiten."¹⁴ Inzwischen liegt ein entsprechender Arbeitsentwurf vor.

1.3 Erfahrungen in den EG-Ländern

Grundlage für diesen Entwurf einer Richtlinie war eine Studie des EIA Centre an der Universität von Manchester. In dieser Studie wurden die bisherigen praktischen Erfahrungen mit einer UVP für Politiken, Pläne und Programme in den einzelnen Mitgliedsstaaten innerhalb der EG untersucht und der Vorschlag für eine Richtlinie erarbeitet.¹⁵ Der Analyse lag das Modell einer Abfolge von Umweltverträglichkeitsprüfungen für Politiken und den sich daraus ergebenden Plänen, Programmen und Projekten zugrunde (s. Abb. 2 auf Seite 6).

Ergebnis der Studie war, daß in keinem der Mitgliedsländer ein geregeltes, eigenständiges UVP-Verfahren für Politiken, Planungen und Programme existiert (s. Tab. 1 auf Seite 7). Zwar gibt es für Einzelsektoren im Rahmen von Fachplanungen oder Programmen die Berücksichtigung von Umweltbelangen, in der Bundesrepublik beispielsweise bei der Bundesverkehrswegeplanung, in der Regel fehlt aber die Beteiligung der Öffentlichkeit bei diesen Prüfungen. Betrachtet man die Sektoren, für die in den einzelnen Mitgliedsländern Analysen durchgeführt wurden, dann fällt auf, daß für den Bereich Forschung und Entwicklung keine Erfahrungen vorliegen (s. Tab. 2 auf Seite 9). Gespräche mit den Autoren der Studie bestätigten, daß in keinem der Mitgliedstaaten Prüfverfahren für die Umweltverträglichkeit von Forschungs- und Entwicklungsprogrammen bestehen, die den Namen UVP verdienen. Dies bedeutet aber auch, daß mit einer Umweltverträglichkeitsprüfung oder Umweltvorsorgeprüfung für Forschungsvorhaben weitestgehend Neuland betreten wird.

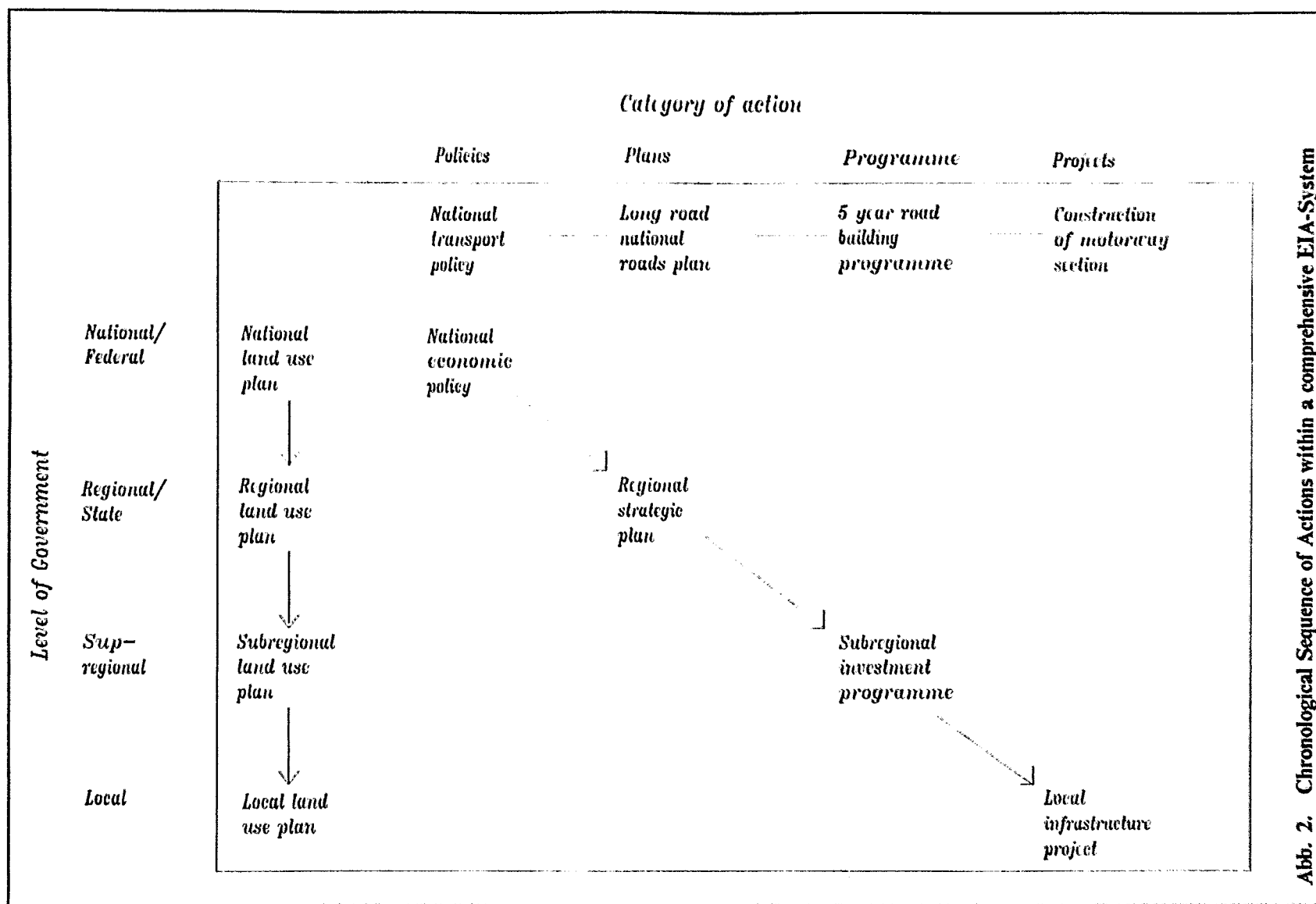


Abb. 2. Chronological Sequence of Actions within a comprehensive EIA-System

SUMMARY OF SEA EXPERIENCE IN MEMBER STATES

Country	France	FRG	Greece	Spain	UK
Principles					
1.Scope of sectoral planning.	Consideration of the environment for some sectors is similar to a formal SEA ^a system.	Consideration of the environment for some sectors is similar to a formal SEA system.	Limited consideration of the environment at the sectoral level.	Limited consideration of the environment at the sectoral level.	The environment is taken into account at variable levels in some sectors.
2.Extent to which SEA is undertaken and responsibility for SEA.	SEA is undertaken for some categories of land use plan, EE ^b for others. EE is the responsibility of the relevant environmental authority and the sectoral authority.	Most PPPs ^c with environmental implications are subject to informal EE. EE is the responsibility of the lead organisation ^d .	EE is not strongly incorporated into the planning systems except for resource and waste management plans. No lead authority, mostly joint responsibility depending on the type of action.	Some categories of actions are subject to EE eg. waste management, water and infrastructure plans and programmes. Lead organisation is responsible for EE.	Most PPPs with environmental implications contain some form of EE which is generally undertaken by the lead organisation.
3.Form of SEA report.	EE findings are incorporated, but dispersed, in the PPP report except for land use plans which have a separate environmental chapter.	EE findings are generally incorporated in the PPP report, either in dispersed form or as a separate chapter.	EE findings are incorporated into PPP documents but are dispersed.	EE findings are incorporated into the PPP document and usually occur as a separate chapter, but in some cases findings are dispersed.	EE findings are incorporated in the PPP document, and are either dispersed or in a separate chapter.
4.Content of SEA.	Good EE content for some sectors (eg. land use plans, agriculture and energy), general EE content for other sectors eg. tourism and regional development.	Good EE content for waste and resource management sectors. Other sectors eg. transport contain broad environmental considerations.	EE content of PPPs is broad and very general.	For most sectors general EE requirements are taken into account.	General environmental goals are outlined in PPPs. Generic mitigating measures are provided in transport documents.
5.Review of SEA.	Only a few plans and programmes are reviewed by independent environmental authorities, but these authorities take part in plan and programme preparation.	Some plans, eg. for waste, are reviewed by independent environmental bodies.	No review body or procedures for EE.	A body for reviewing the global effects of actions exists, but not a specialist environmental body.	No independent environmental review body or review procedures exist for EE.
6.Consultation and public participation.	Consultations with the public and independent organisations occur for most PPPs eg. land use and energy.	Consultations occur for some PPPs and in some cases there is public participation.	Some agency consultations but not with environmental organisations. There is public participation during land use plan preparation.	Consultations for most PPPs are integrated in the planning process ie. relevant environmental authorities participate in formulating PPPs.	There are consultations with relevant organisations for major PPPs.
7.Monitoring provisions.	Most PPPs contain monitoring provisions which loosely apply to the environment.	Environmental implications of PPPs are indirectly monitored.	No environmental monitoring provisions for PPPs.	There are some monitoring provisions exist but these do not specifically cover the environment.	No monitoring provisions for the environmental implications of PPPs.

Tab. 1. Summary of SEA Experience in Member States

Footnotes

a SEA - strategic environmental assessment

b EE - environmental evaluation of some form

c PPP - policies, plans and programmes

d Lead organisation - the organisation or authority initiating the proposed action (policy, plan or programme).

Sectors	France	FRG	Greece	Italy	Port.	Spain	UK
Economy-wide	*						
Road transport					*		*
Rail transport							
Water transport							
Air transport							
Energy	*		*	*	*		*
Mining/Metallurgy							
Land-use	*	*			*	*	*
Regional development	*	*	*	*	*	*	
Agriculture				*	*		
Tourism development					*		*
Resources		*				*	
Waste		*	*				
Research and Development							
Other							

Tab. 2. Sectors covered in country reviews

1.4 Entwurf für einen Richtlinienvorschlag

Im August 1990 wurde der Entwurf für einen Vorschlag für eine Richtlinie für die Umweltverträglichkeitsprüfung bei Politiken, Plänen und Programmen vorgelegt. Dabei wird der Begriff der "Strategischen Umweltbewertung" (Strategic Environmental Assessment (SEA)) gewählt, auch um den Unterschied zu der UVP bei Projekten zu verdeutlichen. In der Begründung zur Richtlinie wird auch eingeschränkt, daß das SEA nur Anwendung finden solle, "wenn es nicht möglich ist, alternativen und bestimmte Umweltauswirkungen (z.B. kumulative, synergistische, Neben- und projektfremde Auswirkungen) auf Projektebene angemessen zu bewerten".

Der Entwurf sieht in Art. 4 vor, daß Politiken, Pläne und Programme aus folgenden Bereichen einem SEA unterzogen werden sollen:

- Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
- Bergbau
- Energiesektor
- Verarbeitende Industrie
- Verkehr
- Forschung und Entwicklung
- Tourismus
- Politiken, Pläne und Programme zur Bodennutzung
- sonstige multisektorale Maßnahmen einschließlich Wirtschafts- und Steuerpolitik

Der Bereich Forschung und Entwicklung ist damit also in diesem Vorschlag enthalten. Allerdings erfolgt die Auswahl der jeweils UVP-pflichtigen Politiken, Pläne und Programme durch den jeweiligen Mitgliedsstaat.

1.5 Zusammenfassende Beschreibung der Politik, des Plans oder Programmes und ihrer/ seiner Hauptziele

Beinhaltet eine Beschreibung der folgenden Einzelheiten:

- Berücksichtigung der Umweltauswirkungen bei der Formulierung der Ziele
- Umweltaspekte und - wenn möglich - Merkmale der voraussichtlich betroffenen Gebiete, einschl. einer Beschreibung der vom Umweltstandpunkt empfindlichen Gebiete
- Voraussichtliche erhebliche mittelbare und unmittelbare Auswirkungen auf die Umwelt bei Durchführung der in a) genannten Maßnahme, wichtigste Alternativen und Gründe für die Wahl der vorgeschlagenen Maßnahmen
- Milderungsmaßnahmen für die gewählte Alternative, einschl. der Verfahren für die Bewertung der zu beschließenden Planungs- und Entwurfsstufen
- Vereinbarkeit der gewählten Alternative mit den einschlägigen Umweltgesetzen
- Maßnahmen für die Überwachung der Auswirkungen der Maßnahme auf die Umwelt
- Skizzierung der Schwierigkeiten (technische Mängel oder unzureichende Kenntnisse), die von der leitenden Behörde beim Einholen der erforderlichen Informationen erkannt wurden
- nichttechnische Zusammenfassung des Berichts.

Im Vergleich zur Richtlinie 85/337/EWG wird bei dem Begriff der Umweltauswirkungen mehr Bedeutung auf die sekundären, kumulativen, synergistischen, kurz-, mittel- und langfristigen, bleibenden und vorübergehenden, positiven und negativen Auswirkungen gelegt. Zielsetzung ist es also, verstärkt die Wechselwirkungen zu berücksichtigen, d.h. ein medienübergreifender Ansatz.

Folgender Ablauf ist für die Durchführung eines solchen SEA vorgesehen:

Die für die Maßnahme verantwortliche Behörde beurteilt die voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen ihrer Politik, ihres Plans oder ihres Programms und legt diesen Bericht der für die Genehmigung zuständigen Behörde vor, die eine Umweltbehörde und die Öffentlichkeit hinzuziehen muß. Die Umweltbehörde veröffentlicht ihre Stellungnahme zu Qualität des Berichts, den voraussichtlichen Folgen der Durchführung der Maßnahme und zu den vorgeschlagenen Milderungsmaßnahmen. Die für die Genehmigung zuständige Behörde berücksichtigt bei ihrer Entscheidung die Stellungnahme der Behörde sowie der Öffentlichkeit. Der Wortlaut der Genehmigung mit der Begründung der Entscheidung wird veröffentlicht.

Zur Zeit befindet sich dieser Entwurf sozusagen in den Startlöchern für seinen langen Weg durch die Institutionen und Arbeitsschritte, er wird in Brüssel in einer Experten-

runde diskutiert. Bis zur Verabschiedung durch den Rat ist sicherlich noch ein langer Weg, danach gibt es wiederum eine Frist von zwei Jahren für die Umsetzung auf nationaler Ebene. Nach den Erfahrungen mit der langwierigen Diskussion der Projekt-UVP auf europäischer Ebene und bei der Umsetzung in nationales Recht ist deshalb zu befürchten, daß es sich bei dieser Richtlinie zur PPP-UVP vielleicht um ein Jahrtausendwerk handeln wird.

Man könnte es sich deshalb leicht machen und die Diskussion über die Umweltverträglichkeitsprüfung bzw. Umweltvorsorgeprüfung für Forschungs- und Entwicklungsprogramme weiterhin nur in Fachzirkeln führen. Es darf aber nicht verkannt werden, daß der Entwurf dieser Richtlinie auf die Diskussion über die Einführung einer UVP auch für Planungen und Programme Auswirkungen haben wird. Diese können entweder positiv sein in dem Sinne, daß eine solche Prüfung zum akzeptierten Verfahren wird, sie können aber auch negativ verlaufen, wenn - aus welchen Gründen auch immer - die Diskussion auf Verwaltungsverfahren und juristische Überlegungen abgedrängt wird. Die Erfahrungen in den USA zeigen, daß eine einfache Übertragung der UVP für Vorhaben auf das UVP-Verfahren für Planungen und Programme zu Schwierigkeiten führt, beispielsweise bei dem eigentlichen Herzstück der UVP, der Diskussion von Alternativen. Da unbestritten ist, daß eine frühzeitige Ermittlung der Umweltfolgen auch von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wichtig ist, sollte die Diskussion über eine angemessene Durchführung dieser Prüfung möglichst frühzeitig von denjenigen beeinflusst werden, die Interesse an einer möglichst effektiven Umweltvorsorge haben.

1.6 Literaturverzeichnis

- / 1/ BGI I, S. 205.
- / 2/ Hirtz, W.; Huber, W.; Kolb, G. u.a.: Umweltvorsorgeprüfung bei Forschungsvorhaben - am Beispiel von Photovoltaik. Zweiter Zwischenbericht. Jülich Dezember 1990. S. iii f.
- / 3/ Vorschlag für eine Richtlinie über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei Politiken, Plänen und Programmen (Entwurf). Brüssel 18.08.1990.
- / 4/ Eigene Übersetzung nach 42 USC chapter 55, section 4332.
- / 5/ Sigal, L.; Webb, W.: The Programmatic Environmental Impact Statement: Its Purpose and Use. The Environmental Professional, Jg. 11 (1989) Nr. 1, S. 14-24.
- / 6/ Webb, D.: Programmatic Environmental Impact Statement: Two Case Studies. Referat auf der Sixteenth Annual Conference of the National Association of Environmental Professionals, 28. April bis 1. Mai 1991, in Baltimore.
- / 7/ vgl. Wagner, D.: Luftreinhaltung und Umweltverträglichkeitsprüfung in Kalifornien, Raumforschung und Raumordnung, 47. Jg. (1989), S. 360-363.
- / 8/ Bundesministerium des Inneren: Grundsätze für die Prüfung der Umweltverträglichkeit öffentlicher Maßnahmen des Bundes, in der Bekanntmachung des BMI vom 12.09.1975. GMBI. S. 717.
- / 9/ Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Stellungnahme zur Umsetzung der EG-Richtlinie über die Umweltverträglichkeitsprüfung in das nationale Recht. Herausgegeben vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Dezember 1987. S. 9.
- / 10/ Klöpfer, M.; Rehbinder, R.; Schmidt-Aßmann, E.: Umweltgesetzbuch, Allgemeiner Teil (Entwurf). S. 35 ff.
- / 11/ siehe auch Bachhuber, R.; Schaller, J.; Sittard, M.: Umweltverträglichkeitsprüfung für Maßnahmen zur Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes". Freising-Weihenstephan 1985. Bundesminister für Verkehr: Verfahrenskonzept zur ökologischen Risikoeinschätzung von Straßenbauprojekten der Bundesverkehrswegeplanung, Reihe Forschung, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 465, Bonn 1986. Eberle, D.; Kucharzewski, I; Pohlmann, H.-J. u.a.: Umweltverträglichkeitsprüfung für Regionalpläne? (Entwurf). November 1990.

- /12/ Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zum Schutz der natürlichen und naturnahen Lebensräume sowie der wildlebenden Tier- und Pflanzenarten. Amtsblatt C 75, 25.5.91, S. 12-22

- /13/ Interne Weisungen für die Umweltverträglichkeitsprüfung von im Rahmen der Strukturfonds der Gemeinschaft vorgelegten Plänen, Programmen und Projekten XI/667/87/REV 2.

- /14/ zitiert in: Cupei, J.: Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) - ein Beitrag zur Strukturierung der Diskussion, zugleich eine Erläuterung der EG-Richtlinie. Köln, Berlin, Bonn, München 1986. S. 102.

- /15/ Woud, C.; Djeddour, M.: Environmental Assessment of Policies. Plans and Programmes and Preparation of a Vademecum. Volume 1. Environmental Assessment of Policies, Plans and Programmes - Interim Report. Manchester, November 1989

2.0 Bewertungsverfahren zur Umweltverträglichkeitsprüfung - zum Stand der Forschung in den neuen Bundesländern

Dr.sc.techn. J. Wotte
Technische Universität Dresden
Institut für Umweltverfahrenstechnik und Thermische Verfahrenstechnik

2.1 Arbeiten zur UVP in der ehemaligen DDR

Es war ein Novum in der damaligen DDR, als sich Mitte der 70er Jahre die Verfahrenstechniker an der TU Dresden mit dem Problem der abfallarmen und abfallfreien Technologie zu befassen begannen. Das Ziel war, auf wissenschaftlicher Grundlage das methodische Rüstzeug zu liefern für künftige technologische Entwicklung unter den Gesichtspunkten

- rationelle Nutzung der natürlichen Ressourcen bei
- minimaler Beeinflussung der Umwelt.

Diese Strategie aus Einheit von Ressourcennutzung und Umweltschutz hat bis heute an Aktualität nichts verloren und ist unabhängig vom politischen und wirtschaftlichen System.

In den Jahren bis 1989 spielte die TU Dresden auf dem Gebiet der abfallarmen und abfallfreien Technologie in der DDR und im Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW) eine bedeutende Rolle. Materialien zur Mitwirkung im Bereich der Europäischen Wirtschaftskommission entstanden in unserem Hause, die Koordinierung der DDR-Mitarbeit lag in unseren Händen.

Aus dieser Entwicklung heraus wurde quasi zwangsläufig bereits 1978 an der TU Dresden das Problem der Technologiebewertung unter Berücksichtigung der Umweltfolgenabschätzung aufgegriffen. Eine erste methodische Fassung zur Bewertung von Produktionsverfahren unter dem Gesichtspunkt der abfallarmen/-freien Technologie - also Ressourcennutzung und Umweltschutz - entstand im Rahmen einer task force der Europäischen Wirtschaftskommission und wurde 1984 als offizielles Dokument verabschiedet. Ich muß darauf hinweisen, daß zu jener Zeit zur Mitarbeit lediglich Ungarn und die Sowjetunion bereit waren. Aus den Niederlanden wurde ein gewisses Interesse signalisiert, in der Bundesrepublik Deutschland fand die Thematik damals keinerlei Widerhall.

So blieb das 1984 verabschiedete EEC-Dokument ENV/WP2/R31 auch ohne irgendwelche Folgen /1/.

Durch diese Arbeiten wurden bereits die ersten methodischen Schritte zur Umweltverträglichkeitsprüfung unternommen, allerdings aus der Sicht der Technologieentwicklung, nicht aus kommunaler, regionaler und raumplanerischer Sicht, wie die neue gültige Gesetzgebung der BRD die UVP sieht. Als Ingenieure stellten wir uns das begreifbare Ziel, die Umweltprophylaxe bereits in die Technologieentwicklung fest einzugliedern.

Etwa 1986/87 trat das damalige Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung der DDR an uns mit dem Anliegen heran, einen staatlichen Standard "Abfallarme/-freie Technologie" zu erarbeiten. Obwohl wir nicht ahnen konnten, mit welchem bürokratischen Aufwand die Erarbeitung eines Standards mit allen Phasen der Formulierung, Abstimmung, Offenlegung, Verarbeitung bzw. Abwehr von Einsprüchen bis zur Bestätigung verbunden ist, gingen wir die Aufgabe an. Der Standard bestand aus 3 Teilen /2/:

- Termini und Definitionen,
- Rohstoffauswahl, Verfahrens- und Erzeugnisgestaltung,
- Umweltverträglichkeitsprüfung.

Er wurde noch im Februar 1990 vom damaligen Umweltminister Diederich bestätigt und sollte ab Juni 1990 verbindlich werden.

Dieser Standard zielte gleichzeitig auf die Umsetzung des zu jenem Zeitpunkt in der DDR in Vorbereitung befindlichen Gesetzes zur UVP, an dem seit 1988 gearbeitet wurde. Dieser Gesetzentwurf war dem BRD-Gesetz sehr ähnlich, war in einigen Details etwas schärfer, was insbesondere den GRÜNEN und anderen Gruppen in der BRD damals gut gefiel. Allerdings waren die gesetzlichen Voraussetzungen in der DDR damals auch anders: Es gab keine derart ausgefeilten gesetzlichen Vorschriften für Genehmigungsverfahren wie das Raumordnungsverfahren und dgl. in der BRD. Die Gesetzgebung in der DDR war in dieser Hinsicht wesentlich überschaubarer.

Der Begriff "Umweltverträglichkeit" wurde in der DDR erst ab 1988 gesellschaftsfähig; es bildete sich im Rahmen der koordinierten Hochschul- und Akademieforschung eine Arbeitsgruppe von Wissenschaftlern, die ohne Verwendung dieses Begriffes an Forschungsaufgaben in dieser Richtung z.T. bereits seit längerem arbeiteten.

2.2 Betriebliche UVP

Die Aufgabenstellung der UVP läuft auf die komplexe interdisziplinäre Untersuchung und Einschätzung von Projekten bzw. Vorhaben hinaus, deren Realisierung eine Beeinflussung der Umwelt erwarten läßt. Dominierend dabei sind kommunale, regionale Gesichtspunkte. Für technologische Verfahren, die im Industrieunternehmen eingesetzt und in Form der Produktionsanlage zur Herstellung eines bestimmten Erzeugnisses realisiert werden, steckt man damit in erster Linie die Grenzen des möglichen Handlungsspielraumes ab, in dem sich der Ingenieur mit seinem Vorhaben bewegen kann. Wie die Frage der Umweltverträglichkeit innerhalb der Verfahrensgestaltung und -auswahl gelöst

wird, inwieweit die Umweltverträglichkeit des Erzeugnisses selbst eine Rolle spielt, bleibt ihm überlassen. Schließlich geht es im Grunde darum, den technisch-technologischen Kompromiß zu finden, der den Technologie-Umwelt-Konflikt weitestgehend vermeidet oder abbaut, zumindest so weit wie es die Standortbedingungen erfordern, und dabei wirtschaftlich immer noch tragbar bleibt. Daß eine Aufwand-Nutzen-Kalkulation nicht zu diesem Ziel führt, ist hinlänglich bekannt: Umweltschäden sind nicht in betriebswirtschaftlich faßbaren Finanzausdrücken formulierbar, und Festlegungen für Gebühren, Bußgelder und Strafen sind nur stimulierende Hilfsmittel /3, 4/.

Die Einschätzung von Verfahren nach technologischen und ökonomischen Kennziffern ist heute internationaler Erkenntnisstand. Vom Standpunkt der Umweltverträglichkeit müssen darüber hinaus auch die Wechselwirkungen zwischen Technologie und Umwelt - Ressourcendargebot, Recyclingeffekte, Belastung der Umwelt durch Emissionen in Luft, Wasser und Boden, durch Abfälle, Wärme, Lärm, Strahlung usw. - in eine Bewertung einbezogen werden. Selbst soziale Effekte müssen in gewissem Umfang Berücksichtigung finden.

Es mußte versucht werden, Kennziffern zu finden, die alle diese Effekte vom Standpunkt der abfallarmen und -freien Technologie in geeigneter Weise ausdrücken und damit ein Maß für die Umweltverträglichkeit eines Vorhabens bieten /5, 6/.

Der Idealfall eines Verfahrens mit maximaler Umweltverträglichkeit liegt vor, wenn folgende Voraussetzungen gegeben sind, bezogen je Mengeneinheit des vorgesehenen Erzeugnisses:

- minimaler spezifischer Investitionsaufwand,
- minimaler spezifischer Verbrauch an Grund- und Hilfsmaterial,
- maximaler Einsatz von sekundären Rohstoffen,
- minimaler Einsatz von Rohstoffen, deren natürliche Regenerierbarkeit begrenzt ist,
- maximale Arbeitsproduktivität,
- maximaler Gewinn,
- minimale Emissionen in die Atmosphäre,
- minimale Abfalleinleitungen in das Abwasser,
- minimaler Anfall zu deponierender Abfälle,
- minimale Belastung der Umwelt durch Wärmeemissionen,
- minimale Belastung der Umwelt durch Lärmemissionen,
- bestmögliche Bedingungen hinsichtlich Arbeitsplatzgestaltung, Arbeitshygiene sowie Unfallsicherheit am Arbeitsplatz,
- hohe Akzeptabilität durch weitestgehende Berücksichtigung des produktionsbedingten Umweltrisikos.

In den Branchen der verarbeitenden Industrie, z.B. in der Herstellung von elektronischen Erzeugnissen, im Maschinenbau, in der Fahrzeugindustrie usw. kann die Verfahrensbeurteilung nicht losgelöst von der Erzeugnisbewertung gesehen werden. Sicher wird es vom Industrieunternehmen nicht ohne Widerstand akzeptiert, sich über die Bereitstellung des nutzungsfähigen Erzeugnisses hinaus noch verantwortlich zu fühlen für

- minimale Belastungen der Umwelt bei der Nutzung des Erzeugnisses, hervorgerufen durch Emissionen in die Atmosphäre, durch Abwassereinleitungen, Abfälle, Lärm und Wärmeemissionen,
- minimaler Verbrauch an Ressourcen bei der Nutzung des Erzeugnisses (Energieverbrauch, Wasserverbrauch usw.),
- maximale Ausbeute an Sekundärrohstoffen beim Recycling des Erzeugnisses nach Ablauf seiner Nutzungsdauer sowie
- maximale Recyclingproduktivität, d.h. Gewinnung von Sekundärrohstoffen beim Recycling des Erzeugnisses nach Ablauf seiner Nutzungsdauer mit minimalem Aufwand.

Diese Verantwortlichkeit wird von Salomon (s.a. /7/) treffend formuliert: Der Hersteller muß seinem Erzeugnis neben der Gebrauchsanleitung auch die Wegwerfanleitung mit Recyclinghinweisen beifügen. Erst die lückenlose Durchsetzung dieses Prinzips wird dem Grundsatz umweltverträglicher Verfahrens- und Erzeugnisherstellung gerecht werden.

2.3 Bewertungsverfahren der TU Dresden

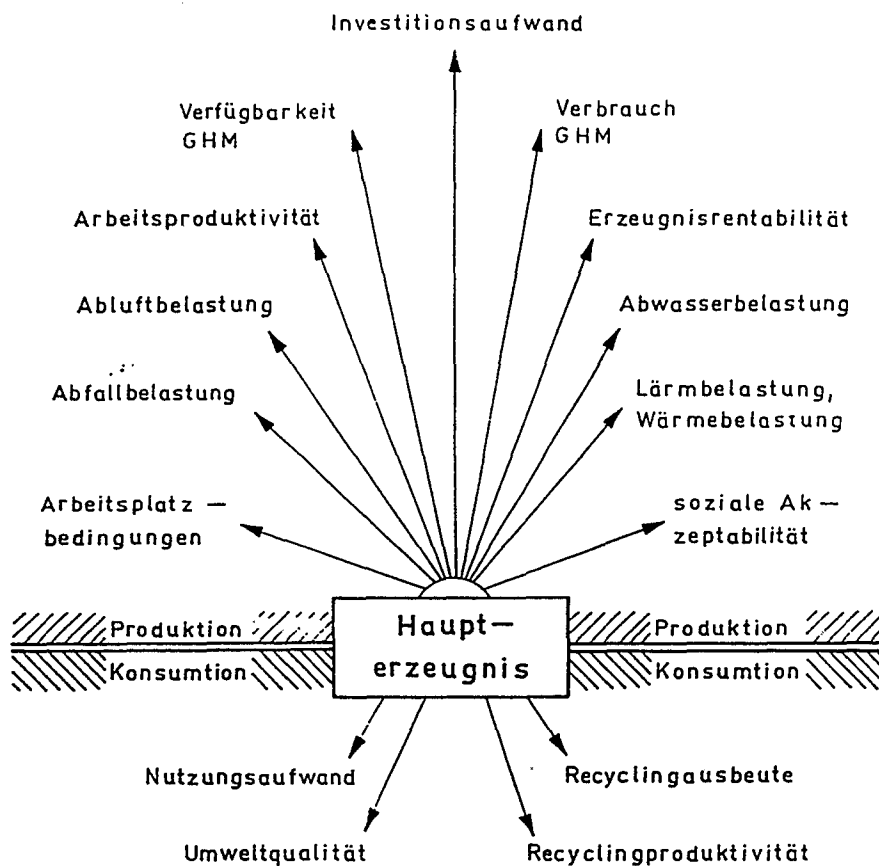
Anders als bei der UVP unter kommunalen Aspekten erscheint im Falle der UVP von Verfahren und Erzeugnissen ein vorgesehenes Regelwerk geradezu angebracht: Die Umweltverträglichkeit von Verfahren und Erzeugnissen sollte nach einheitlichen Prinzipien untersucht und eingeschätzt werden. Damit wird auch die Vergleichbarkeit der UVP-Ergebnisse in der Industrie ermöglicht. Die UVP von Verfahren und Erzeugnissen ist eine Beantwortung der Fragestellung, wie gut es gelungen ist, mit einem Minimum an einmaligem und laufendem Aufwand ein Minimum negativer Umweltbeeinflussungen bei maximaler Effektivität der Ressourcennutzung zu erreichen. Diese Frage steht im Falle der UVP von Verfahren und Erzeugnissen praktisch immer wieder und ist immer wieder neu unter unterschiedlichen Randbedingungen zu beantworten. Die Unterschiedlichkeit der Randbedingungen resultiert aus der Verschiedenheit der Voraussetzungen entsprechend der Standortauswahl. Es ist daher durchaus möglich, daß die UVP für gleiche Verfahrensvarianten zur Herstellung eines bestimmten Erzeugnisses an unterschiedlichen Standorten unterschiedliche Aussagen liefert.

Die zuvor genannten Einflußgrößen werden in folgenden Kennziffern ausgedrückt (vgl. Abb. 3 auf Seite 20).

- | | | |
|---|---|---|
| K | 1 | spezifischer Investitionsaufwand |
| K | 2 | spezifischer Verbrauch an Grund- und Hilfsmaterial |
| K | 3 | Verfügbarkeit von Grund- und Hilfsmaterial |
| K | 4 | Produktivität der einzusetzenden Arbeitskräfte |
| K | 5 | Erzeugnisrentabilität (zusätzliche Erlöse aus dem Verkauf entsprechend aufbereiteter Abfälle) |
| K | 6 | spezifische Abluftbelastung |
| K | 7 | spezifische Abwasserbelastung |
| K | 8 | spezifische Abfallbelastung (Deponiebedarf) |

- K 9 Lärmbelastung der Umwelt (Nachbarschaftslärm)
- K 10 spezifische Anfallwärmebelastung
- K 11 Arbeitsplatzbedingungen (Gestaltung, Hygiene, Unfallsicherheit)
- K 12 soziale Akzeptabilität des Verfahrens
- K 13 Nutzungsaufwand des Erzeugnisses
- K 14 Umweltqualität des Erzeugnisses
- K 15 Recyclingausbeute des Erzeugnisses
- K 16 Recyclingproduktivität des Erzeugnisses

Dies wird als minimales Kennziffernprogramm verstanden. Das heißt, daß von diesen Kennziffern, die im Laufe jahrelanger Untersuchungen unter rund 80 möglichen Kennziffern ausgewählt wurden, im Rahmen einer UVP keine weggelassen werden darf. Erweiterungen durch Aufnahme zusätzlicher Kennziffern auf Wunsch des Auftraggebers oder der Kontrollbehörde sind möglich.



Wechselwirkungen Haupterzeugnis — Produktion
Haupterzeugnis — Konsumtion
im Sinne der Umweltverträglichkeit

Abb. 3. Kennziffern zur Bewertung der Umweltverträglichkeit eines Produktes

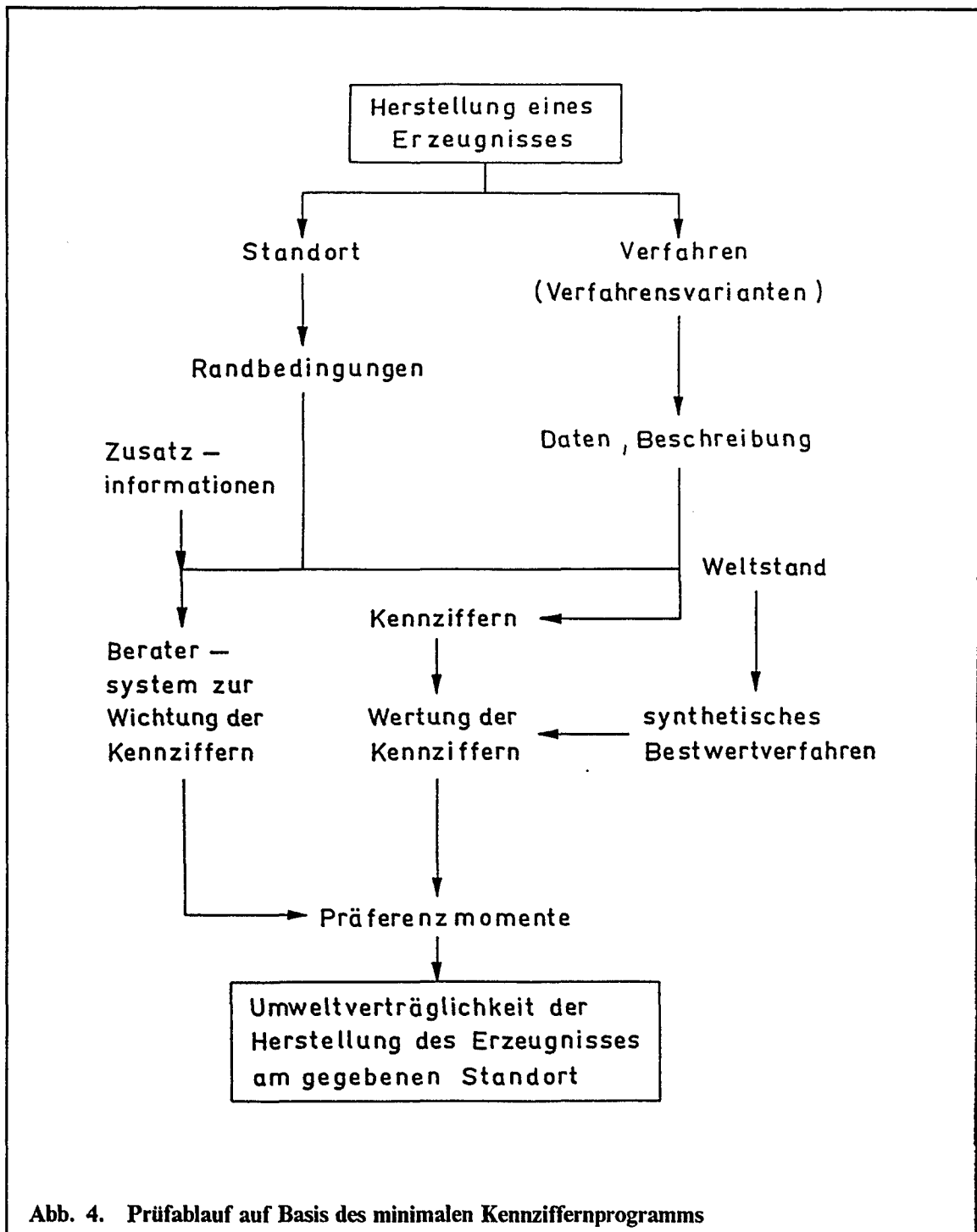


Abb. 4. Prüfablauf auf Basis des minimalen Kennziffernprogramms

In die Arbeiten wurde ein weiter Kreis von Fachleuten unterschiedlichen Profils einbezogen, als Testobjekte dienten Anlagen der chemischen Industrie und der Leichtindustrie. Die Arbeiten seit 1983 bis heute dienten der weiteren Verbesserung und Vervollkommnung des methodischen Apparates /8, 9/.

Der Ablauf einer UVP auf der Grundlage des minimalen Kennziffernprogramms wird in Abb. 4 dargestellt. Aus dem gewählten Standort resultieren die Randbedingungen für das beabsichtigte Produktionsverfahren: Zulässige Einleitungen von Emissionen in die Umwelt, zur Verfügung stehende Wassermengen und -qualitäten, Deponiemöglichkeiten, Arbeitskräfte, Infrastruktur usw.

Aus den vorliegenden Unterlagen für das in Frage kommende Verfahren bzw. die in Frage kommenden Verfahrensvarianten werden alle Daten gewonnen, die zur Bestimmung der genannten Kennziffern benötigt werden. Dies ist der aufwendigste Teil der UVP. Daten für mögliche Abfälle müssen meist über Bilanzen erst ermittelt werden, Angaben für Lärmemissionen oder Arbeitsplatzbedingungen müssen gegebenenfalls über Referenzanlagen recherchiert werden. Im Vorfeld jeder Investition wird im allgemeinen eine Recherche des Weltstandes angestellt. Diese Weltstandsrecherche, die für das Vorhaben zumeist unterschiedliche technologische Wege öffnet, Verfahrens- und Anlagenvarianten mit unterschiedlichen Vorteilen und Nachteilen bietet, liefert die für eine Einschätzung erforderlichen besten und schlechtesten möglichen Werte (Bestwerte, Nullwerte) für die Kennziffern des minimalen Kennziffernprogramms. Damit wird als Maßstab praktisch ein synthetisches Bestwertverfahren (andererseits auch ein synthetisches Nullwertverfahren...) geschaffen, das in allen Kennziffern durch die derzeit besten Werte ausgewiesen ist - Investition, Verbräuche, Emissionen usw. - und praktisch im allgemeinen gar nicht existent sein kann. Diesem Bestwertverfahren sollen 100% Umweltverträglichkeit zugewiesen werden. Vor dem Hintergrund der Best- und Nullwerte und damit vor dem Hintergrund des aktuellen technischen Entwicklungsstandes gemäß Weltstandsrecherchen wird jede Kennziffer gewertet.

Die Bedeutung der einzelnen Kennziffern ist entsprechend den jeweiligen Bedingungen am vorgesehenen Standort aufgrund der spezifischen ökologischen, sozialen und strukturellen Voraussetzungen in jedem Falle zu ermitteln. Es leuchtet ein, daß beispielsweise der Abwasseranfall eines Produktionsverfahrens, der an dem einen Standort sowohl qualitativ als auch quantitativ akzeptiert werden kann, an einem anderen Standort unter anderen Voraussetzungen möglicherweise zur limitierenden Größe wird.

Diese Wichtung wurde zunächst unter Zuhilfenahme eines Teams ausgewählter Experten vorgenommen. Für die Zusammensetzung wurden aufgrund langjähriger Erfahrungen bestimmte Festlegungen getroffen. Da es gilt, sowohl technisch-ökonomische als auch ökologische und soziale Kennziffern zu wichten, wurde eine dementsprechende interdisziplinäre Zusammensetzung des Teams verlangt. Es wurden eingesetzt:

- Wirtschaftler mit umfassenden betriebswirtschaftlichen Kenntnissen im entsprechenden Industriezweig,
- Technologen mit umfassenden und speziellen technischen und technologischen Kenntnissen im entsprechenden Industriezweig sowie Zusatzkenntnissen auf den Gebieten Umweltschutz, Arbeitsorganisation und Arbeitssicherheit,
- Ökologen (z.B. Kommunalhygieniker, Mediziner, Hydrobiologen, Pflanzenchemiker u.ä. oder Vertreter einer Bürgerinitiative) mit Kenntnissen der Luft-, Wasser- und Bodenhygiene und Territorialsachverständige mit territorialspezifischen Kenntnissen, Zusatzkenntnissen auf den Gebieten Soziologie, Psychologie und anderen Gesellschaftswissenschaften.

Die zu erkennenden drei Expertengruppen sollten gleich stark vertreten sein. Es wurden über mehrere Jahre Tests mit 12 Experten (4:4:4) vorgenommen. Um jedoch die Probleme zu reduzieren, die sich aus der terminlichen Koordinierung einer Zusammenkunft von 12 wirklichen (!) Experten ergeben, die dann keine Stellvertreter schicken können, wurde durch gesonderte Untersuchungen nachgewiesen, daß eine Verringerung der Expertenzahl möglich ist. Eine Mindestzahl von 6 Experten (2:2:2) durfte jedoch nicht unterschritten werden.

Das Expertenteam wurde in einer gemeinsamen Sitzung über das anstehende Vorhaben und die dazu vorliegenden standortspezifischen Randbedingungen informiert. Danach nahm jeder Experte die Wichtung der Kennziffern mittels eines vorbereiteten Fragebogens vor, auf dem die Kennziffern nach der ROSS-Methode paarweise angeordnet waren. Gezielte Untersuchungen in den vergangenen Jahren hatten die Nachteile eines kollektiven Wichtens klar ausgewiesen. Die Wichtungsergebnisse jedes Experten wurden einem Konsistenztest unterzogen. Wurde dieser bestanden, können die Einzelwichtungen kollektiviert werden. Die so entstandene "Gesamtwichtung" wurde auf ihre Signifikanz geprüft, wobei im allgemeinen maximal 5% Fehlerwahrscheinlichkeit zugelassen wurden.

Dieser Wichtungsmechanismus mit den nachgeschalteten Tests ließ subjektiver Beeinflussung praktisch keine Chance. Versuche, dies zu unterlaufen, hatten keinen Erfolg. Trotzdem war die Wichtung ständiger Gegenstand kritischer Einschätzungen. Ab 1987 widmeten wir uns deshalb konzentriert diesem Teil der Methode. Seit 1990 können wir das Expertenteam durch ein Beratersystem mit einer aus Experten- und Nichtexpertenwissen strukturierten Wissensbasis ersetzen.

Das Gewicht - die fallspezifische Bedeutung - jeder Kennziffer wird mit ihrer Wertung multipliziert. Im Sinne statistischer Momente wurde der Begriff des Präferenzmomentes eingeführt. Eine Summierung liefert für den betrachteten Fall die Aussage, in welchem Maße das vorgesehene Verfahren zur Herstellung eines Erzeugnisses dem Idealfall des synthetischen Bestwertverfahrens (100%) nahekommt.

Aus den bisher gesammelten Erfahrungen kann man verallgemeinernd feststellen, daß die Datengewinnung für die Kennziffernbestimmung und die Charakterisierung des synthetischen Bestwertverfahrens der zeitaufwendigste Teil der Methode ist.

2.4 Schlußfolgerungen

Die Ergebnisse haben gezeigt, daß mit der vorliegenden UVP-Methode für Verfahren und Erzeugnisse dem notwendigen Handlungsbedarf rationell entsprochen werden kann, ohne damit den notwendig umfassenden und integrativen Charakter der UVP aufgeben zu müssen.

Probleme der regionalen, kommunalen UVP im Zusammenhang mit Vorhaben gemäß Anlage zu § 3 des UVPG waren vor und nach dem politischen und wirtschaftlichen Umschwung in der DDR bzw. in den Fünf Neuen Ländern (FNL) bis 1990 nicht zu behandeln. Seit 1990 treten zunehmend neu gegründete Beraterfirmen auf, die in ihrem

Leistungsangebot die Durchführung von UVP anbieten. In den meisten Fällen zeigt sich bei näherer Betrachtung, daß weder einschlägige Erfahrungen noch ein entsprechender wissenschaftlicher Hintergrund vorhanden sind.

Solide und fundierte Ansätze im Bereich der Akademieforschung waren vorhanden im Heinrich-Hertz-Institut der Akademie der Wissenschaften (AdW) in Berlin. In der Hochschulforschung sind gegenwärtig folgende Aktivitäten zu erkennen:

- An der Hochschule in Köthen wird zum Problem der UVP unter Einbeziehung sicherheitstechnischer Aspekte gearbeitet.
- An der Bergakademie Freiberg stehen im Rahmen der UVP-Forschung Fragen der Standortwahl, insbesondere für Anlagen der Abfallbehandlung und -ablagerung im Mittelpunkt.

Unsere Aktivitäten in Dresden werden sich weiterhin auf die UVP von Verfahren und Erzeugnissen konzentrieren, wobei auch hier die Einbeziehung des produktionsbedingten Umweltrisikos in der Folgenabschätzung im Vordergrund steht.

2.5 Literaturverzeichnis

- /1/ ECE-Dokument ENV/WP2/R31, 4.12.1984
- /2/ TGL 45698/01-03 Abfallarme und abfallfreie Technologie (DDR-Standard 1990)
- /3/ Schubert, M.
Abproduktarme und abproduktfreie Technologie.
Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1987.
- /4/ Wotte, J.; Löttsch, P.
Auswahlkriterien für technologische Verfahren.
Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden 33(1984)5, S. 169 ff.
- /5/ Wotte, J.
Bewertung technologischer Verfahren in der Stoffwirtschaft vom Standpunkt der abproduktarmen und -freien Technologie.
TU Dresden, Dissertation B, 1984.
- /6/ Wotte, J.; Löttsch, P.
Methode zur Bewertung technologischer Verfahren vom Standpunkt der abproduktarmen und -freien Technologie (Anwendungsvorschrift).
TU Dresden, Sektion Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik 1986.
- /7/ Salomon, D.
Ökonomische Kriterien und Methoden recyclinggerechten Konstruierens.
TH Leuna-Merseburg, Dissertation A, 1987.
- /8/ Wotte, J.
Bewertung und Auswahl von technologischen Verfahren und Erzeugnissen vom Standpunkt der abproduktarmen und abproduktfreien Technologie.
Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden 38(1989)5, S. 47 ff.
- /9/ Wotte, J.
Umweltverträglichkeitsprüfung für Verfahren und Erzeugnisse.
Fachtagung, Freiberg im Breisgau, 5.- 8.3. 1990.

3.0 Umweltvorsorgeprüfung bei Forschungsvorhaben

Dipl.-Geogr. W. Hirtz
Forschungszentrum Jülich (KFA)
Programmgruppe Systemforschung und technologische Entwicklung (STE)

3.1 Einführung

In der Forschungs- und Entwicklungsphase von Techniken und neuen Produkten fallen weitreichende Entscheidungen bzgl. Verfahrensprinzipien und der weiter zu verfolgenden technischen Entwicklungslinien (Routineverfahren der Zukunft).

Forschungsprojekte können daher aufgrund ihrer Initialfunktion für die technologische Entwicklung zu erheblichen Umweltentlastungen, aber auch zu erheblichen Umweltbelastungen führen.

Zielsetzung der Umweltvorsorgeprüfung ist es sicherzustellen, daß die Folgen auf Mensch und Umwelt - einer durch ein Forschungsvorhaben intendierten technischen Entwicklung - rechtzeitig aufgezeigt werden.

Die Entscheidungsträger sollen dadurch in die Lage versetzt werden, zum frühest möglichen Zeitpunkt vor oder nach Vergabe von Forschungsvorhaben zu entscheiden, welche der verschiedenen Umweltaspekte für das Vorhaben als relevant anzusehen sind und als Ziele oder Kriterien formuliert Bestandteil der Vorhaben werden sollen.

Die rechtzeitige Kenntnis etwaiger Risiken bei der Herstellung und Entsorgung der eingesetzten Stoffe und die Umsetzung dieser Kenntnisse in das künftige Forschungsdesign verspricht durch die Möglichkeit einer rascheren und fundierteren Konzentration auf aussichtsreiche Entwicklungslinien nicht nur ökonomische und ökologische Vorteile, sondern auch eine Beschleunigung und Verstärkung der Forschungsarbeiten.

3.2 Vorhandene Instrumentarien der Vorsorgepolitik

Ein bereits vorhandenes Instrumentarium zur Beurteilung des Verhaltens von Stoffen in der Umwelt ist das **Chemikaliengesetz** /ChemG 90/. Die Bestimmungen zur guten Laborpraxis sowie die langjährige Erfahrung bedingen reproduzierbare und objektive Ergebnisse, weshalb bei Verdacht auf umwelterhebliche Relevanz eines Stoffes ein Verfahren zur Ermittlung der fehlenden Daten zur Verfügung steht. Desweiteren ist es medienübergreifend und präventiv angelegt.

Im Chemikaliengesetz sind aber in § 2 eine Vielzahl von Stoffen ausgenommen, und die nach § 17 zum Schutz von Gesundheit und Umwelt möglichen Verwendungsbeschränkungen sind auf die durch § 2 ausgenommenen Stoffe nicht anwendbar /Bosselmann 89/.

Neben dem Chemikaliengesetz sind weitere Rechtsverordnungen zur Regelung von umweltrelevanten Stoffen vorhanden. Dies sind v.a. das **Pflanzenschutzgesetz**, das **Düngemittelgesetz**, das **Arzneimittelgesetz**, das **Wasch- und Reinigungsmittelgesetz**, das **Lebensmittel- und Futtermittelrecht**, das **Gefahrgutgesetz**, das **Abfallgesetz**, das **Wasserhaushalts- und Abwasserabgabengesetz**, das **Bundesimmissionsschutzgesetz** sowie Einzelverordnungen wie z.B. das **Benzinbleigesetz**.

Diese Regelungen sind überwiegend auf den Verbraucherschutz (Schutz der menschlichen Gesundheit) ausgerichtet oder so spezifisch, daß sie für einen allgemeinen vorsorgenden Ansatz keine Verwendung finden können.

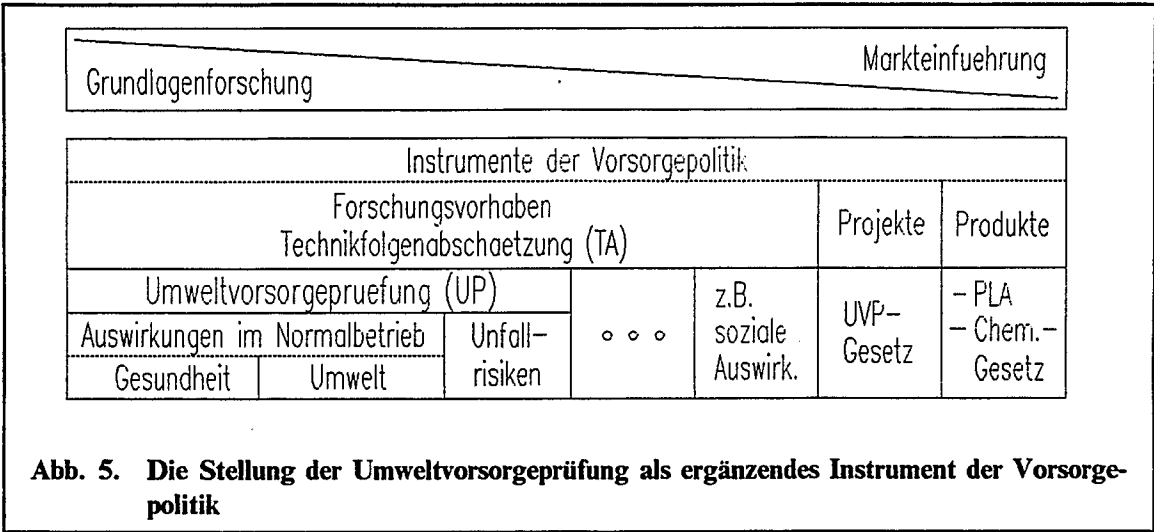
Zur Sicherstellung der Umweltbelange sind neben den zahlreichen Fachgesetzen vor allem die **Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)** und die **Technikfolgenabschätzung (TA)** zu nennen.

Die **Umweltverträglichkeitsprüfung** ist ein Verfahren zur Sicherung einer umfassenden Berücksichtigung von Umweltbelangen bei allen signifikanten umweltrelevanten Entscheidungen. Eingeführt wurde die UVP schon im Jahre 1969 in Amerika durch den National Environmental Policy Act (NEPA). Wobei als "UVP- pflichtige Maßnahmen" nicht nur konkrete, von den Bundesbehörden durchgeführte Projekte angesehen wurden, sondern auch behördliche Programme, Rechtsvorlagen, Verwaltungsvorschriften und Verfahrensregelungen sowie informelle Handlungen, wenn ihnen erhebliche Umweltrelevanz zukam /UBA 90/. Diese Übertragung auf die Programm- bzw. Planungsebene ist in der Bundesrepublik Deutschland nicht vollständig geschehen, wohl aber die Anwendung auf bestimmte öffentliche und private Projekte /UVPG 90/. Sie wird allerdings, z.B. von LINKOHR als Mitglied des europäischen Parlaments für jedes nationale und europäische F + E-Programm gefordert /Wahl 89/ und liegt der Kommission der Europäischen Gemeinschaften nun als Entwurf vor /EG-UVP 90/.

Die **Technikfolgenabschätzung** umfaßt dagegen neben der Folgenabschätzung auf die Umwelt und die Gesundheit des Menschen - eingeschlossen die Analyse von Unfallrisiken - auch die Folgenabschätzung auf soziale Strukturen. Zusätzlich wird der Stand einer Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten analysiert, sowie die Folgen von Alternativen aufgezeigt. Ihre Anwendung ist nicht nur auf noch marktferne Techniken beschränkt, sondern reicht bis in die Markteinführung hinein. Deshalb ist sie auch nicht spezifisch auf Forschungsvorhaben ausgerichtet. Desweiteren wird eine umfassende, in der Regel standortungebundene TA aufgrund des Arbeitsaufwandes nur in begrenztem Maße durchgeführt werden können.

3.3 Die Umweltvorsorgeprüfung als neues Instrument der Vorsorgepolitik

Da eine standardmäßig angewandte Prüfung für den Forschungsbereich nicht existiert und nur in seltenen Fällen eine vollständige TA durchgeführt werden kann und auch eine Programm-UVP im Forschungsbereich anders als die bestehende Konzeption aussehen müßte, um dem Ziel einer Umweltvorsorge gerecht zu werden, wird für den Forschungsbereich ein eigenständiges Verfahren vorgeschlagen, das sich in die Vorsorgepolitik im Bereich marktferner Vorhaben eingliedert (vgl. Abb. 5).



Der Begriff **Umweltvorsorgeprüfung (UP)** wurde in Anlehnung an den Vorsorgebegriff der Bundesregierung gewählt.

Umweltvorsorge ist als politisches Handlungsprinzip angelegt und umfaßt "alle Handlungen,

- die der Abwehr konkreter Umweltgefahren,
- die im Vorfeld der Gefahrenabwehr der Vermeidung oder Verminderung von Risiken für die Umwelt
- und die vorausschauend der Gestaltung unserer zukünftigen Umwelt, insbesondere dem Schutz und der Entwicklung der natürlichen Lebensgrundlagen,

dienen" /BUNDESTAG 86/.

Die wichtigsten Bestandteile der Leitlinie Umweltvorsorge sind Risikovorsorge und Zukunftsvorsorge. Dabei bedeutet **Risikovorsorge** Risikominimierung, d.h. Vermeidung und Verminderung von Risiken für die Umwelt. Die Bundesregierung sieht in der Risikovorsorge "ein tragendes Element ihrer Konzeption zur stufenweisen, drastischen Emissionsminderung aller vom Menschen in Atmosphäre, Gewässer oder Boden eingebrachten Stoffe" /BUNDESTAG 86, S.7/. Insbesondere **Zukunftsvorsorge** bedeutet mehr als Sanierung bzw. defensiven Umweltschutz. Da Stoffeinträge in die Umwelt grundsätzlich mit dem Risiko verbunden sind, nachteilige Veränderungen hervorzurufen, müssen die von Stoffen ausgehenden potentiellen Umweltbelastungen erfaßt und bewertet werden /BUNDESTAG 86/. "Die Emissionen von umweltbelastenden Stoffen bei

der Herstellung, Verwendung und Entsorgung von Produkten sollten nicht nur kontrolliert und durch zusätzliche Anlagen zurückgehalten werden. Konsequenter und effizienter Umweltschutz muß vielmehr schon früher einsetzen. Der Umwelt wird am besten dadurch gedient, daß umweltschonende Produktionsprozesse und Produkte entwickelt werden, die Emissionen von umweltbelastenden Stoffen erst gar nicht entstehen lassen oder zumindest soweit wie möglich vermeiden" /BUNDESTAG 86, S. 7-8/.

3.3.1 Die Prüfung der Umwelterheblichkeit als erster Schritt der Umweltvorsorgeprüfung

Um eine umfassende Zukunftsvorsorge zu erreichen, wurde ein Prüfverfahren entwickelt, das die betrachteten Stoffe in (potentiell) umwelterheblich und (potentiell) nicht umwelterheblich einstuft. Umwelterheblich bedeutet dabei, daß Stoffe umweltgefährlich sein können und relevante Konzentrationen - und damit Wirkschwellen - überschreiten. Gleichzeitig wird damit der Untersuchungsrahmen eingegrenzt. Um das Umweltverhalten von Stoffen zu bestimmen, ist nur das Umweltkompartiment zu betrachten, das aufgrund seiner Verteilungstendenz erreicht wird und in diesem verbleibt. Zur Bestimmung der Umweltkompartimente werden die Kriterien anthropogener Eintrag in ein Umweltmedium sowie die chemisch - physikalischen Kenngrößen Dampfdruck, Löslichkeit und Aggregatzustand verwendet. Eine weitergehende Differenzierung erscheint wegen der mangelhaften Datenverfügbarkeit bei Forschungsvorhaben nicht sinnvoll.

Das Prüfschema zur Bestimmung der Umweltkompartimente ist in Abb. 6 auf Seite 31 und Abb. 7 auf Seite 32 dargestellt:

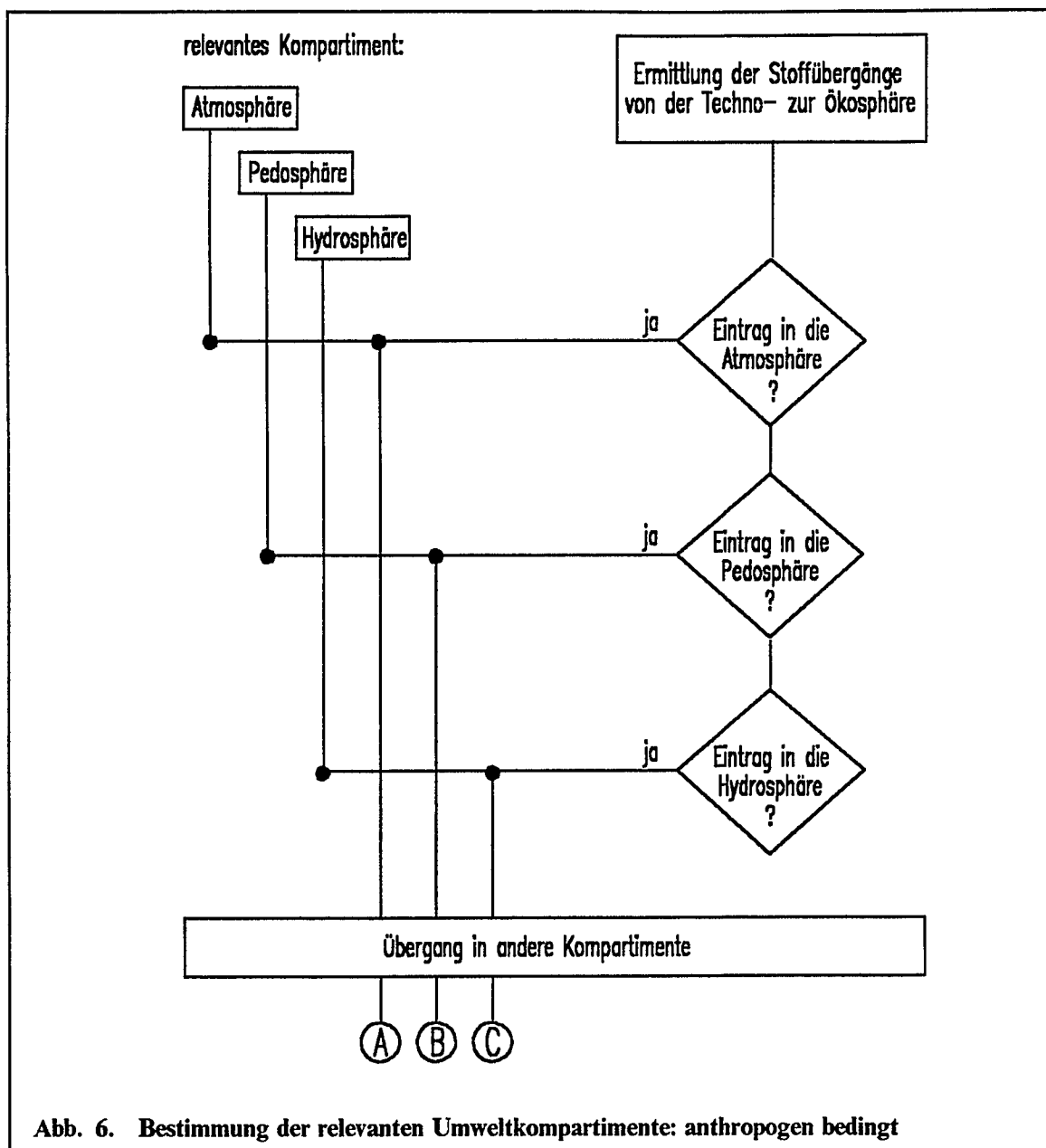
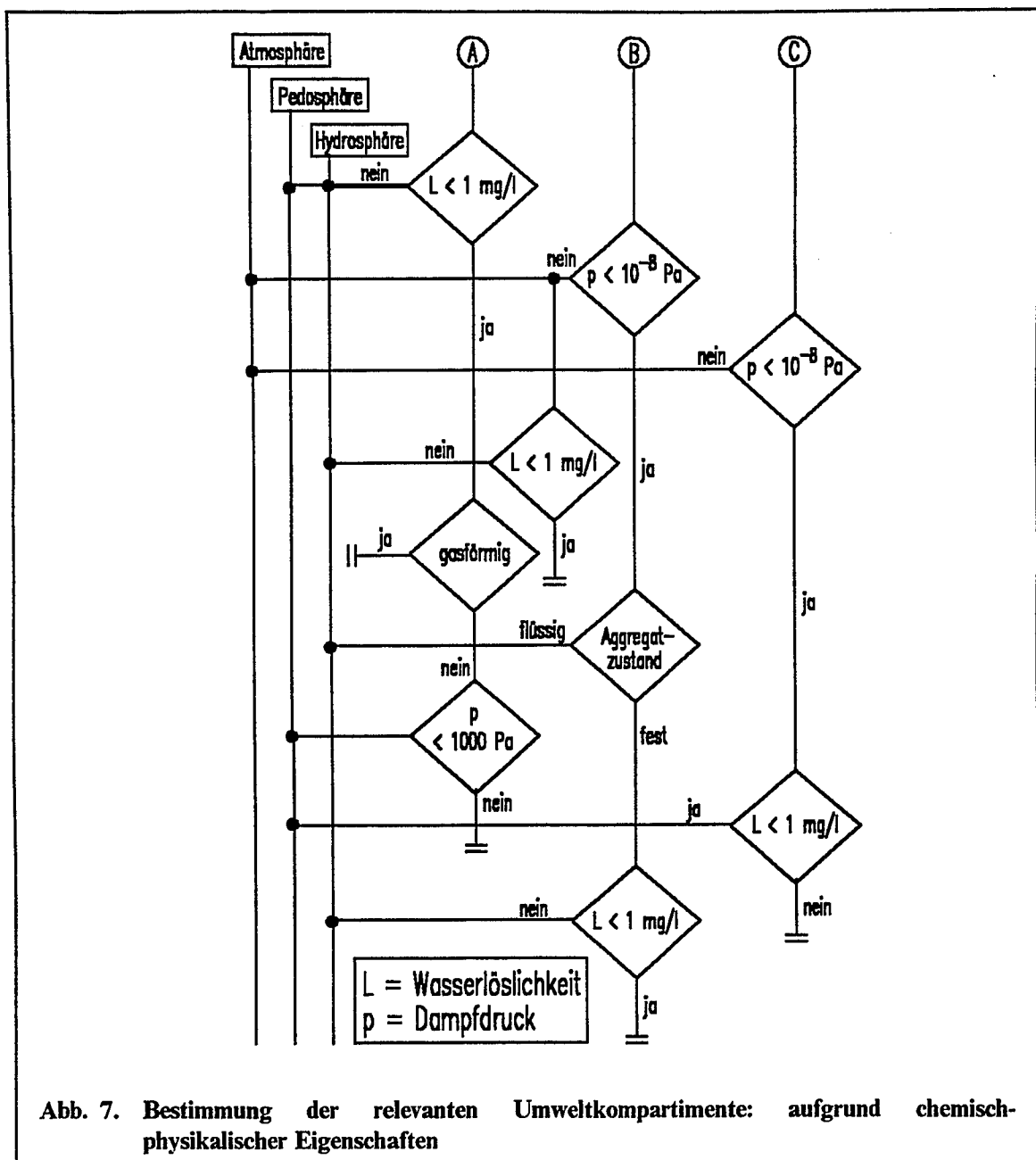


Abb. 6. Bestimmung der relevanten Umweltkompartimente: anthropogen bedingt



Im Mittelpunkt der Untersuchungen steht der Persistenzgrad in den relevanten Umweltkompartimenten.

Die zentrale Rolle der Persistenz bei der Beurteilung einer Umweltchemikalie ergibt sich aus der Definition der Umwelt als dem nicht "steuerbaren" Bereich (im Gegensatz zum "steuerbaren" Bereich der Technosphäre) und der Tatsache, daß die einmal in die Umwelt eingebrachten Chemikalien und Stoffe im Regelfall nicht rückholbar sind.

Dies bedeutet, wenn die Schadwirkung eines Stoffes erst zu einem späteren Zeitpunkt erkannt wird, daß negative Spätfolgen auf Biota und abiotische Bestandteile von Ökosystemen aufgrund ihrer Komplexizität und der vielfältigen Vernetzungen nicht mehr vermieden werden können. Besonders betroffen ist meist der Mensch, der nicht nur Teil des Ökosystems, sondern auch Endglied vieler Nahrungsketten ist. Die

Exposition des Menschen kann dann nicht oder nur mit extrem hohem Aufwand beendet werden.

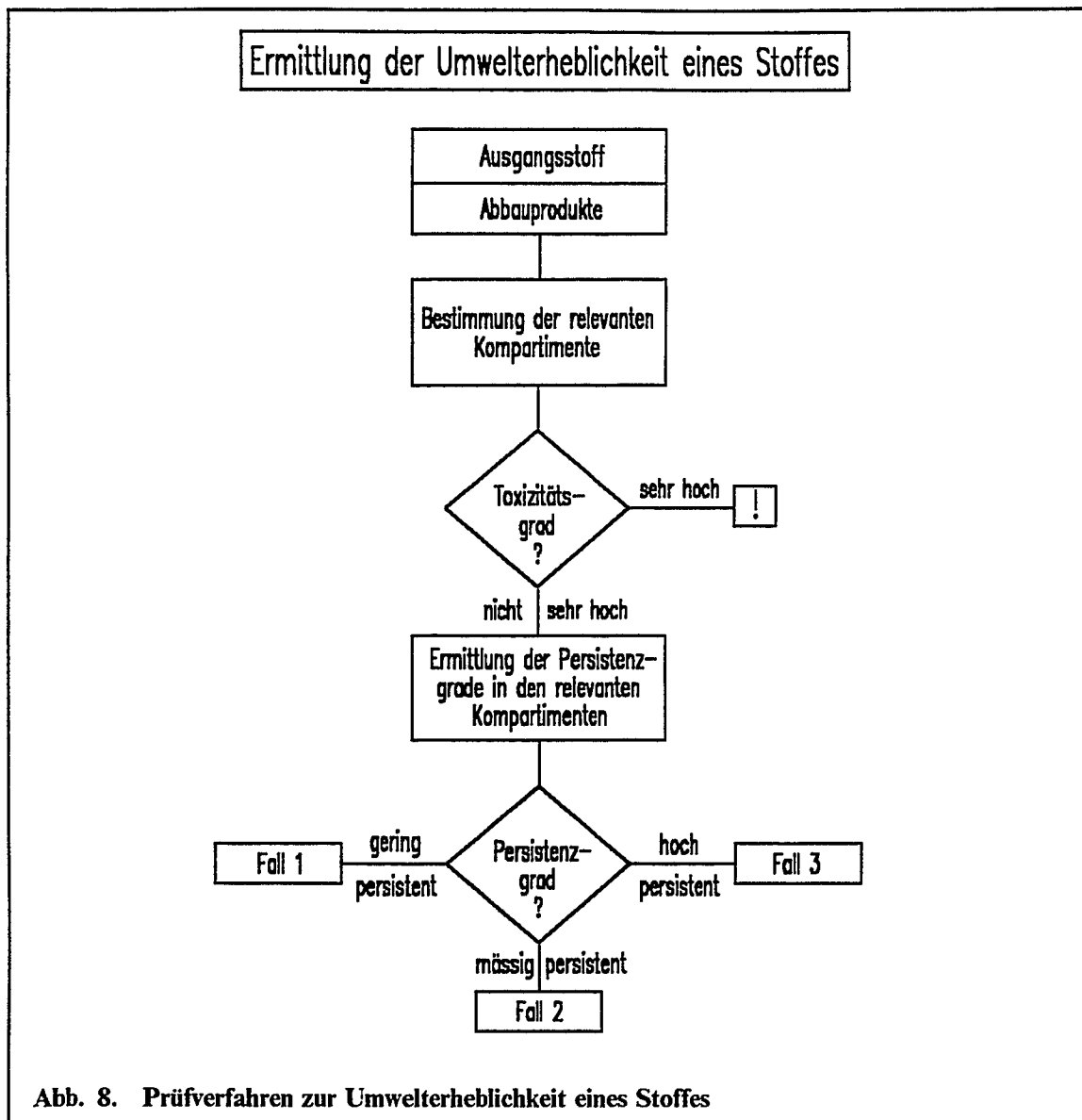
Besonderes Augenmerk ist dabei auf Stoffe zu richten, die eine große Verteilungstendenz besitzen und global verteilt werden können (vgl. /ENQUETE 88/).

Damit in engem Zusammenhang steht das Akkumulationsvermögen eines Stoffes. Ein hoch persistenter Stoff wird naturgemäß akkumulieren, bei mäßig persistenten Stoffen ist eine Akkumulation nicht auszuschließen. Dadurch können Stoffe in der Umwelt Konzentrationen erreichen, die bis zu ihrem individuellen Schwellenwert reichen. Dabei können Umweltmedien betroffen sein, die den Stoff nicht akkumulieren, wie dies z.B. bei Freisetzung aus Sedimenten der Fall ist. In biologischen Systemen ist es möglich, daß Stoffe im speichernden Glied der Nahrungskette indifferent sind, aber höhere Glieder der Nahrungskette schädigt.

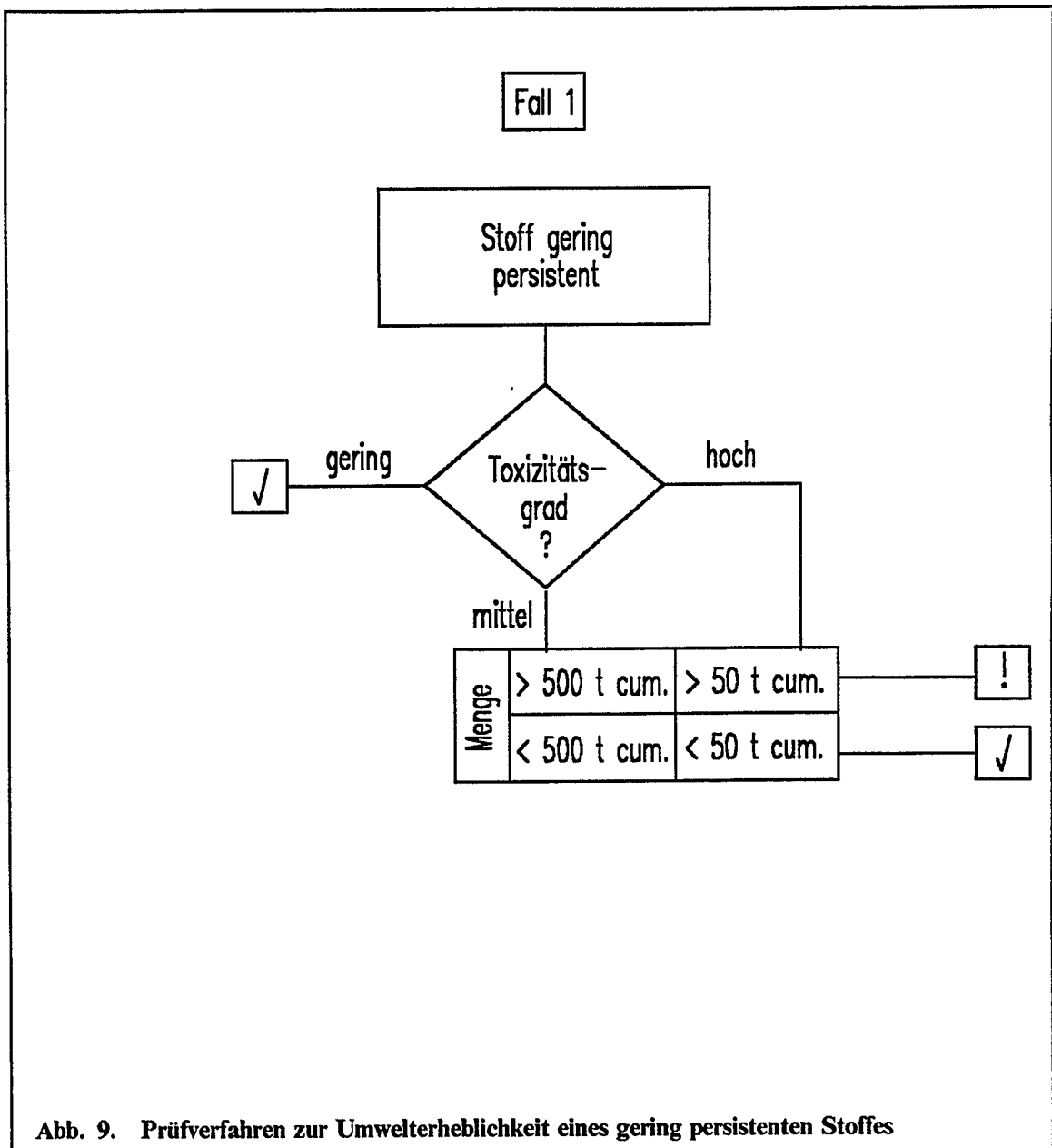
Die Toxizität und darauf basierende Grenzwerte spielen hier zunächst eine nachrangige Rolle. Wie das Beispiel der Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) zeigt, hätte als einzige Eigenschaft die gut bekannte Stabilität dieser Verbindungen und die Tatsache, daß diese Stoffe natürlicherweise in der Umwelt nicht vorkommen, aber keinesfalls deren Toxizitäten als Warnung dienen können.

Der hier dargestellte präventive und allgemeine Ansatz benötigt zur Bestimmung der einzelnen Parameter Hilfsmittel, die in /Hirtz 90/ erläutert sind und fortgeschrieben werden.

Das vollständige Ablaufschema zur Ermittlung der Umwelterheblichkeit von Stoffen wird in folgenden Abbildungen widergegeben:



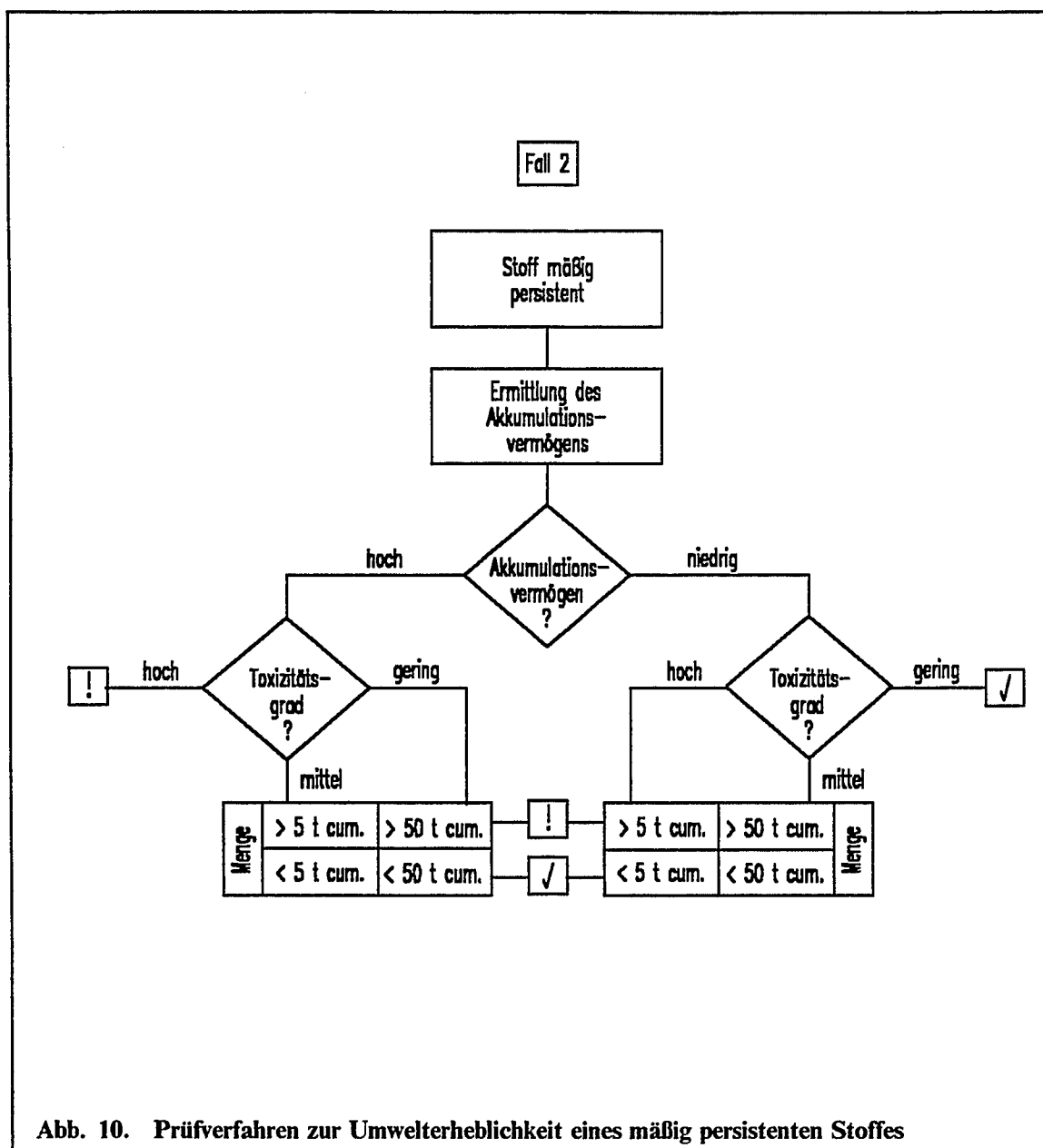
Zur Ermittlung der Umwelterheblichkeit eines Stoffes oder seiner Abbauprodukte werden die relevanten Umweltkompartimente bestimmt. Die Bestimmung erfolgt anhand des Ablaufschemas der Abb. 6 auf Seite 31 und Abb. 7 auf Seite 32. Danach erfolgt die Prüfung auf sehr hohen Toxizitätsgrad und die Ermittlung der Persistenzgrade in den relevanten Kompartimenten. Die Stoffe werden in gering, mäßig und hoch persistent (s. Abb. 9 auf Seite 35 bis Abb. 11 auf Seite 37) eingestuft.



Fall 1

Bei **geringen Persistenzgraden** ist kein umwelterhebliches Verhalten dieses Stoffes zu erwarten, wenn der Toxizitätsgrad ebenfalls gering ist. Bei mittleren und hohen Toxizitätsgraden ist eine Kontrolle der Menge vorzunehmen, wobei ein Überschreiten der Mengenangaben zur Einstufung als potentiell umwelterheblich führt und ein Unterschreiten dazu führt, daß mit ausreichender Sicherheit keine weitere Untersuchung des Stoffes nötig ist.

Die Mengen beziehen sich auf die im Zeitraum von 5 Jahren in das relevante Kompartiment eingebrachten Tonnagen und sind demnach als kumulativ zu verstehen. Zur Einteilung als potentiell umwelterheblich ist bei einem hohen Toxizitätsgrad die Menge von 50 t zu überschreiten, bei einem mittleren Toxizitätsgrad die Menge von 500 t kumulativ.

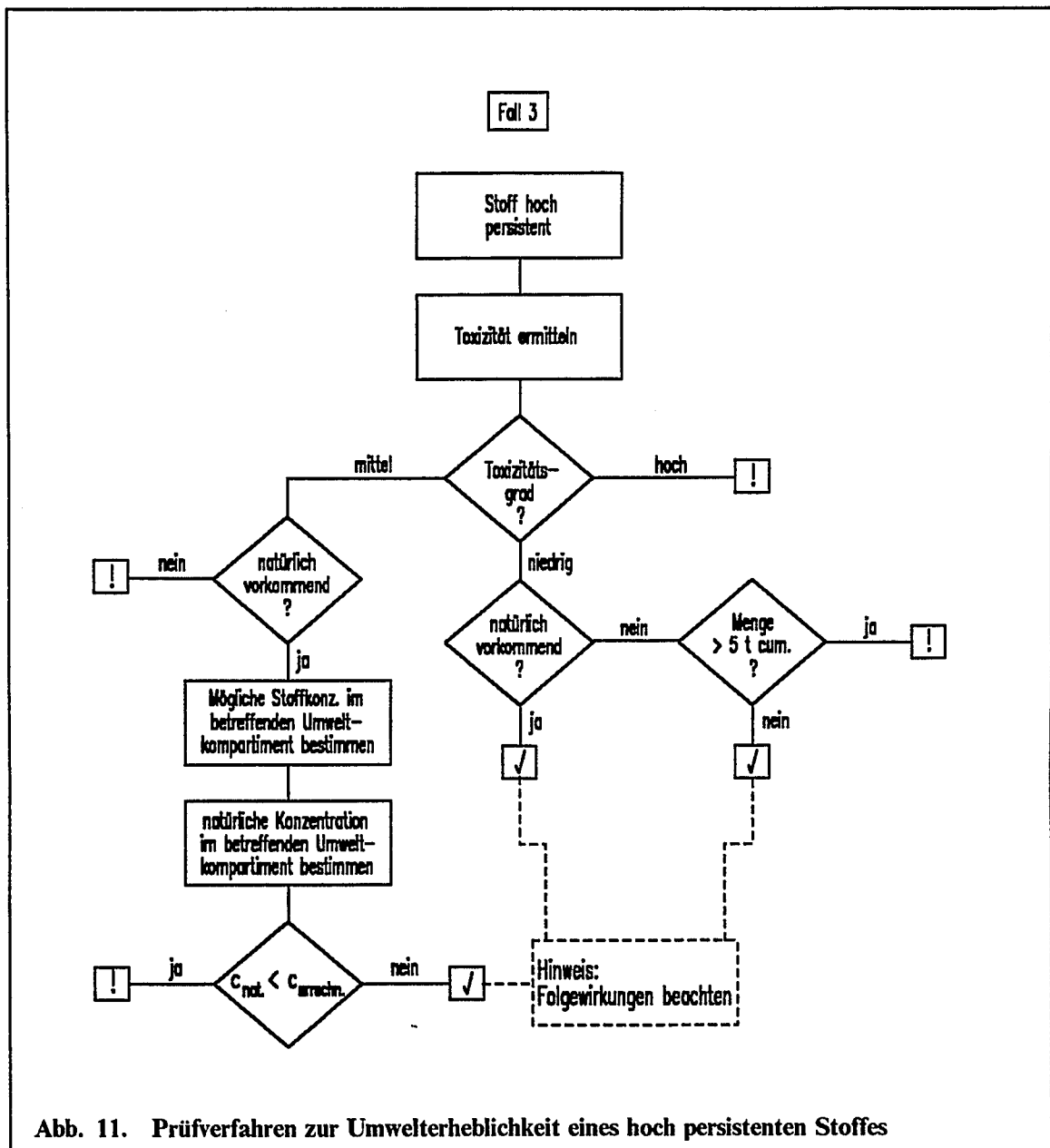


Fall 2

Ist ein Stoff **mäßig persistent** so ist für die Beurteilung auf Umwelterheblichkeit das potentielle Akkumulationsvermögen zu ermitteln. Dabei werden die Fälle niedriges und hohes Akkumulationsvermögen unterschieden.

Bei einem potentiell hohen Akkumulationsvermögen ist der Stoff bei gleichzeitigem hohen Toxizitätsgrad als umwelterheblich einzustufen. Bei einem mittleren Toxizitätsgrad wird der Stoff ab 5 t kumulativ über 5 Jahre sowie bei geringem Toxizitätsgrad ab 50 t kumulativ über 5 Jahre als potentiell umwelterheblich eingestuft. Werden diese Mengen unterschritten, sind nur die Abbauprodukte dem Schema zu unterziehen.

Bei einem niedrigen Akkumulationsvermögen ist der Stoff nicht umwelterheblich, wenn der Toxizitätsgrad gering ist. Bei einem mittleren oder hohen Toxizitätsgrad ist der Stoff umwelterheblich, wenn die Menge kumulativ über 5 Jahre 50 t bzw. 5 t überschreitet.



Fall 3

Sind ein Stoff oder dessen Abbauprodukte schwer oder nicht abbaubar, werden sie als **hochpersistent** eingestuft. Diese Stoffe werden auf ihren Toxizitätsgrad hin untersucht.

Bei einem **hohen** Toxizitätsgrad werden der Stoff oder dessen Abbauprodukte als potentiell umwelterheblich eingestuft.

Bei einem **mittleren** Toxizitätsgrad wird ein Vergleich mit dem natürlichen Vorkommen im betreffenden Umweltkompartiment durchgeführt. Kommt der Stoff nicht natürlich im Umweltkompartiment vor, wird er als potentiell umwelterheblich eingestuft.

Kommt die untersuchte Chemikalie natürlich vor, wird die mögliche Konzentration in dem betrachteten Umweltkompartiment bestimmt und mit dem natürlichen Vorkommen im jeweils relevanten Umweltkompartiment, z.B. /Merian 91, Rippen 90/ verglichen. Ist die Konzentration im Umweltkompartiment größer als die errechnete potentielle Konzentration, ist die Chemikalie nicht weiter zu untersuchen, ansonsten wird sie als umwelterheblich eingestuft.

Bei einem **niedrigen** Toxizitätsgrad wird geprüft, ob der Stoff ein natürliches Vorkommen in entsprechenden Kompartiment besitzt. Ist dies der Fall, wird der Stoff als nicht umwelterheblich eingestuft. Kommt der Stoff nicht natürlich im entsprechenden Umweltkompartiment vor, so ist die produzierte Menge (kumulativ über 5 Jahre) zu ermitteln. Liegt diese über 5 t, so wird der Stoff als potentiell umwelterheblich eingestuft. Unter 5 t ist der Stoff als nicht umwelterheblich einzuschätzen.

Da bei hoch persistenten Stoffen die erhöhte Wahrscheinlichkeit besteht, daß sie in abiotische Prozesse eingreifen (s. z.B. Kohlendioxid und Wärmehaushalt der Erde) und damit indirekt auf Ökosysteme einwirken können, müssen für den Fall 3 noch die Folgewirkungen auf chemisch - physikalische Prozesse betrachtet werden.

Für die im Verfahrensablauf festgestellten Abbauprozesse sind die **Abbauprodukte** zu ermitteln. Für die Abbauprodukte wird dasselbe Schema durchlaufen, bis eine Mineralisierung (v.a. bei organischen Stoffen) erfolgt oder eine stabile Zwischenstufe erreicht ist, so daß nach den oben genannten Kriterien eine Einstufung als nicht umwelterheblich erfolgen kann.

3.3.2 Organisatorischer Ablauf

Es wird vorgeschlagen die Umweltvorsorgeprüfung in mehrere Phasen zu gliedern. In der ersten Phase soll ein gesamter Förderschwerpunkt geprüft werden und in der zweiten Phase die konkreten Forschungsprojekte des Förderschwerpunktes. Die erste Stufe dient der Orientierung, selektiert Forschungsvorhaben mit geringer oder ohne Umweltrelevanz, benennt Projekte mit hoher Umweltrelevanz und macht Vorgaben für die spätere Untersuchung von Forschungsprojekten (z.B. Pflichtenheft).

3.3.2.1 Orientierungsphase

In dieser Phase (vgl. Abb. 12 auf Seite 43) ist für den zu betrachtenden Förderschwerpunkt zunächst zu prüfen, welche der zu fördernden Vorhaben "**erhebliche**" Wirkungen auf Mensch und Umwelt haben können und somit einer Analyse bzw. einer generalisierenden zusammenfassenden Analyse zu unterziehen wären.

Entsprechend der Innovationsphase einer Technik oder eines Produktes werden unterschiedliche Aspekte zu beurteilen sein. Für praxisferne Forschungsvorhaben ist das Untersuchungskonzept noch sehr allgemein angelegt. Hier soll zunächst nur im Grundsatz versucht werden, aufzuzeigen, welche der denkbaren technischen Entwicklungslinien zu einer Umweltent- bzw. -belastung führen können. Hierzu wird eine rein stoffbezogene Betrachtung auf der Basis von ökotoxikologischen Überlegungen für ausreichend gehalten.

Je konkreter die technischen Vorstellungen werden, umso mehr werden neben den ökotoxikologischen Überlegungen dann auch andere Bereiche eine Rolle spielen, wie z.B.

- arbeitsmedizinische und toxikologische Fragen
- Unfallrisiken
- soziale Gesichtspunkte und
- raumbezogene Fragestellungen

Zur *Festlegung des Untersuchungsrahmens* muß sowohl die Prüfung der Umwelterheblichkeit als auch der erste Teilschritt der Durchführungsphase von einem Prozeß der Konzentrierung auf wesentliche Aspekte begleitet werden, damit möglichst präzise und zielgerichtet die Aufgabenstellungen für die Detailuntersuchungen der Umweltvorsorgeprüfung erarbeitet werden können. Der Ablauf der Umweltvorsorgeprüfung sollte in die jeweiligen Entscheidungsstrukturen integriert werden, wobei z.B. beim Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) in der Orientierungsphase die bewährten Verfahrensweisen, wie Stellungnahmen durch Beiräte, Sachverständigenkreise, Hearings etc. weiter genutzt werden können. Die spezifischen Belange der Umweltvorsorgeprüfung müssen dann allerdings durch zur Verfügung gestellte Hilfsmittel (Modelle, Checklisten etc.) in die Diskussion eingebracht werden.

Als Ergebnis der Orientierungsphase wird feststehen, ob für diesen Förderbereich generell keine oder nur für Teile oder für jedes einzelne Vorhaben Umweltvorsorgeprüfungen durchzuführen sind.

Insbesondere sollte bekannt sein:

- welche Auswirkungen auf Mensch und Umwelt für die UP irrelevant sind
- welche Auswirkungen bekannt und bewertbar sind
- welche Auswirkungen im Detail noch zu untersuchen sind

Die Einschätzung der **Umwelterheblichkeit** eines Stoffes oder eines technischen Verfahrens erfolgt

- marktfern unter Berücksichtigung von Persistenz, Verteilungstendenz, Akkumulation, Abbauprozessen und der Toxizität
- marktnah anhand von technikspezifischen Prüflisten

Die Einstufung eines Stoffes oder dessen Abbauprodukte als umwelterheblich sollte als Hinweis gelten, theoretische und experimentelle Untersuchungen durchzuführen. Diese sollten umfassen:

- Einflüsse auf energetische und stoffliche Prozesse
- Persistenzgrad
- verlängerte Toxizität
- potentiell Akkumulationsvermögen
- Erfassung sensibler Bereiche
- Eintritt in die Nahrungskette
- Vorkommen in der menschlichen Nahrung
- Ersatzstoffe (vorhanden, zumutbar?)

3.3.2.2 Durchführungsphase

Es bietet sich an, den Untersuchungsansatz aus der Produktlinienanalyse (Prozeßkettenanalyse) auch für die Durchführung der Umweltvorsorgeprüfung heranzuziehen (vgl. Abb. 13 auf Seite 44).

Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, daß die erfolgreiche Marktdurchdringung einer Technik nicht nur die bis dahin im Markt befindliche Technik ersetzt, sondern auch die Industriestrukturen und die damit verbundenen Stoffumsätze nachhaltig verändern kann.

Aufgrund des fehlenden konkreten räumlichen Bezuges soll bei der Umweltvorsorgeprüfung mit Hilfe der Prozeßkettenanalyse die Ermittlung der Stoffeinträge in die Umwelt sowohl der zu substituierenden Techniken als auch der zu prüfenden neuen Technik auf der Basis eines standardisierten Modellraumes erfolgen.

Für Vorhaben, für die in der Orientierungsphase ein weiterer Prüfbedarf erkannt wurde, wird vorgeschlagen, jedem Antragsteller ein generelles Pflichtenheft vorzulegen. Nach der Einreichung des Antrages und des ausgefüllten und ausgearbeiteten Pflichtenheftes ist eine Prüfung dieser Unterlagen erforderlich. Für den Fall der positiven Einschätzung der Förderungswürdigkeit eines Forschungsvorhabens, welches als umweltrelevant eingeschätzt wird, ist der Untersuchungsrahmen für eine Umweltvorsorgeprüfung festzulegen. Für eine effektive Durchführung dieser Aufgaben bedarf es unterstützender Werkzeuge. Aufgrund der großen Bandbreite bezüglich der möglichen Umweltfolgen sollte hierbei eine EDV-Unterstützung erfolgen.

Wie in der Orientierungsphase wird für die Prüfliste bei marktnahen Vorhaben eine Liste entsprechend den Ansätzen des Umweltbundesamtes (z.B. /UBA 88-1/, /UBA 88-2/) oder des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit /BMZ 90/ vorgeschlagen. Bei marktfernen Vorhaben ist eine generalisierende stofforientierte Prüflistenstruktur angezeigt.

Aufgrund der vorhandenen Unterlagen wird eine Entscheidung über die weitere Vorgehensweise getroffen.

Dabei lassen sich für die Umweltvorsorgeuntersuchung mehrere Kategorien unterscheiden :

- Projektinterne Durchführung anhand eines spezifizierten Pflichtenheftes
- Als eigenständige Untersuchung
 - vorgeschaltet zum beantragten Forschungsvorhaben
 - parallel zum beantragten Forschungsvorhaben
- Begleitende Gutachtertätigkeit

Sofern der gesamte Förderbereich oder Teilbereiche daraus einer gemeinsamen Umweltvorsorgeuntersuchung unterzogen werden sollen, kann unterschieden werden in

- eigenständige den Forschungsvorhaben vorangehende Untersuchung
- Hearing vor und parallel zu den Forschungsvorhaben
- Begleitende Gutachtertätigkeit

Die methodischen Arbeiten befassen sich derzeit insbesondere:

- mit der Entwicklung eines Ablaufschemas zur Vorgabe der Prüfstruktur durch ein spezifiziertes Pflichtenheft (projektintern) oder einer Prüfliste
- mit der Entwicklung eines Prozeßkettenanalysemodells zur Darstellung der stofflichen und energetischen Ströme

3.3.2.3 Beurteilungsphase

Bei der Durchführung der Umweltvorsorgeuntersuchung ist es unverzichtbar eine umfassende Analyse der wichtigsten bestehenden und neuen konkurrierenden Techniken durchzuführen, indem die Stoffströme der einzelnen Alternativen über die gesamte Produktionsprozeßkette, also von der Bereitstellung der Rohstoffe über die Zwischenprodukte bis zur Entsorgung betrachtet werden.

Bei einer Umweltvorsorgeprüfung ist es wenig sinnvoll, zur Beurteilung der Umweltverträglichkeit eine weitgehende Aggregation der Einzelaspekte zu einer umfassenden Belastungsgröße vorzunehmen.

Die mangelnde Transparenz und Nachvollziehbarkeit einer derartigen Größe erschwert die Diskussion zwischen Entscheidungsträgern, Interessenverbänden und Öffentlichkeit. Die Beurteilung der Untersuchungsergebnisse soll daher nicht nach einem starren Schema vorgenommen werden, sondern von den Entscheidungsträgern selbst oder in Diskussion mit diesen vorgenommen werden (vgl. Abb. 14 auf Seite 45).

Entsprechend dieser Rahmenbedingungen und der oben skizzierten Struktur einer Prüfliste zur Umweltvorsorgeprüfung sollte sich die Auswahl und Entwicklung geeigneter Umweltqualitätsziele an den natürlicherweise vorkommenden Konzentrationen und Wirkungsschwellen orientieren.

Für die Toxizität und Ökotoxizität von Stoffen existiert für einige Stoffe ein breites Spektrum von Grenz-, Richt- und Orientierungswerten. Für viele Stoffe werden aber derartige Werte auch völlig fehlen bzw. es werden nur vereinzelte Untersuchungsergebnisse an unterschiedlichen Spezies vorliegen, wobei insbesondere noch Defizite bei der Erfassung synergistischer Wirkungszusammenhänge bestehen. Unseres Erachtens ist es in diesen Fällen gerechtfertigt sich im Sinne der Vorsorge an den Ergebnissen der sensibelsten Spezies zu orientieren.

3.3.2.4 Nachkontrollphase

Die Durchführung einer Nachkontrolle nach Beendigung des geprüften Forschungsvorhabens ist von entscheidender Bedeutung für die Belastbarkeit der Analyseergebnisse. Dabei ist zu prüfen, ob die festgelegten Zielvorgaben erreicht wurden oder ob die getroffenen Annahmen realistisch waren. Wichtig ist es hierbei auch, daß dadurch die jeweils neuesten Erkenntnisse in den Umweltvorsorgeprüfungs-Prozeß einfließen und ggf. eine erneute Umweltvorsorgeuntersuchung auslösen.

- Nachkontrolle und Öffentlichkeitsbeteiligung
Eine Fachöffentlichkeitsbeteiligung sollte jeweils zur Orientierungs-, Durchführungs- und Nachkontrollphase erfolgen, z.B. über Symposien, Expertengespräche.

- Bericht zur Umweltvorsorgeprüfung

In der abschließenden Phase des Prüfverfahrens ist es notwendig, die in der Regel umfassenden Ergebnisse in einer solchen Form aufzubereiten, daß sie für den Entscheidungsträger und die zu informierende (Fach-)Öffentlichkeit verständlich und nachvollziehbar sind.

Auch für Forschungsvorhaben, bei denen die Inhalte des Pflichtenheftes bereits für eine Beurteilung ausreichend sind, sollte in verkürzter Form eine Umweltvorsorgeerklärung erstellt werden. Gleichzeitig steht damit ein Instrument zur Verfügung, um im Sinne einer Erfolgskontrolle die Öffentlichkeit über die Forschungs- und Entwicklungsergebnisse bzgl. der Umweltbelange in sachgerechter Weise zu informieren.

Der vollständige organisatorische Ablauf der Umweltvorsorgeprüfung ist in folgenden Abbildungen zusammenfassend dargestellt:

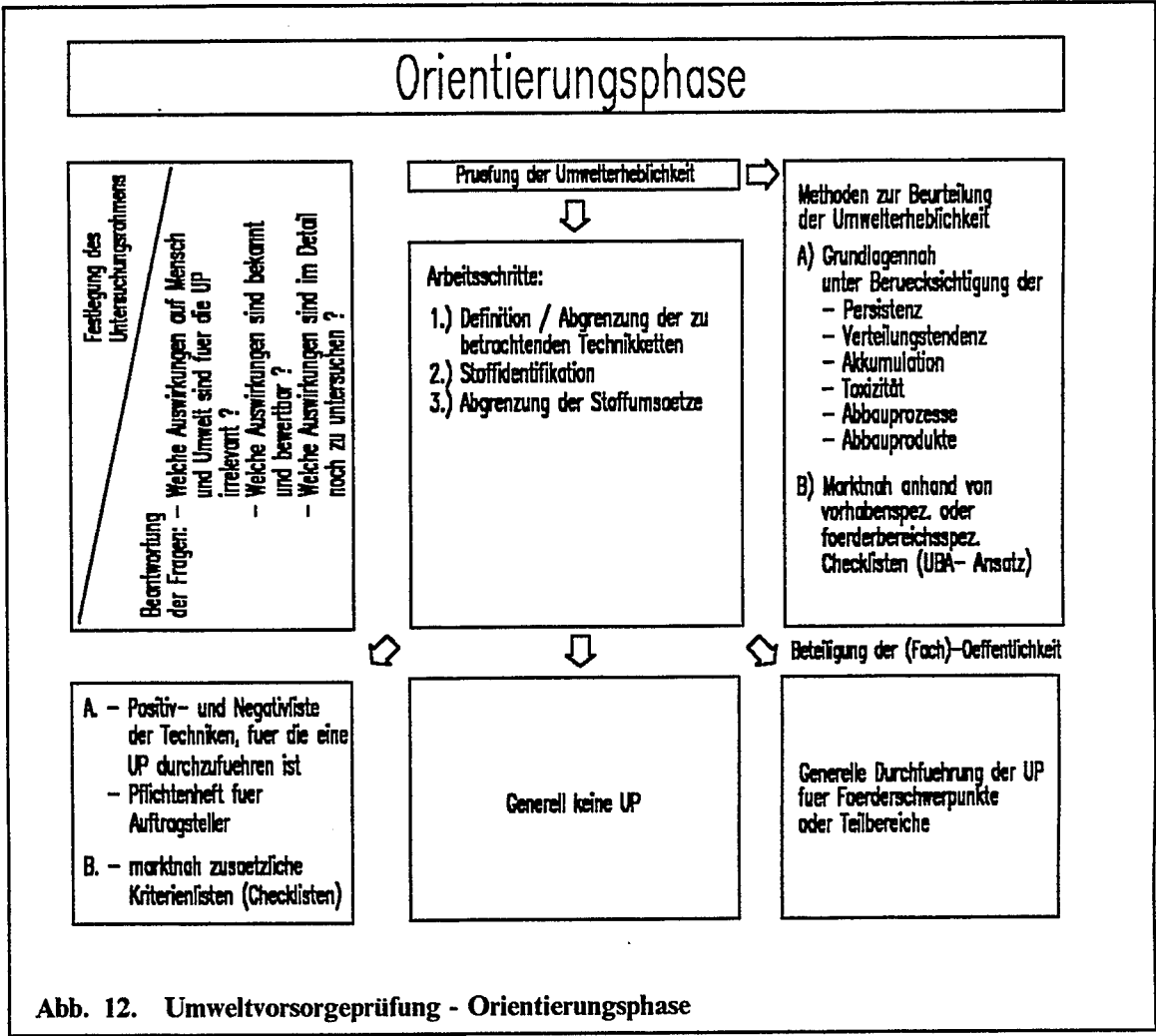
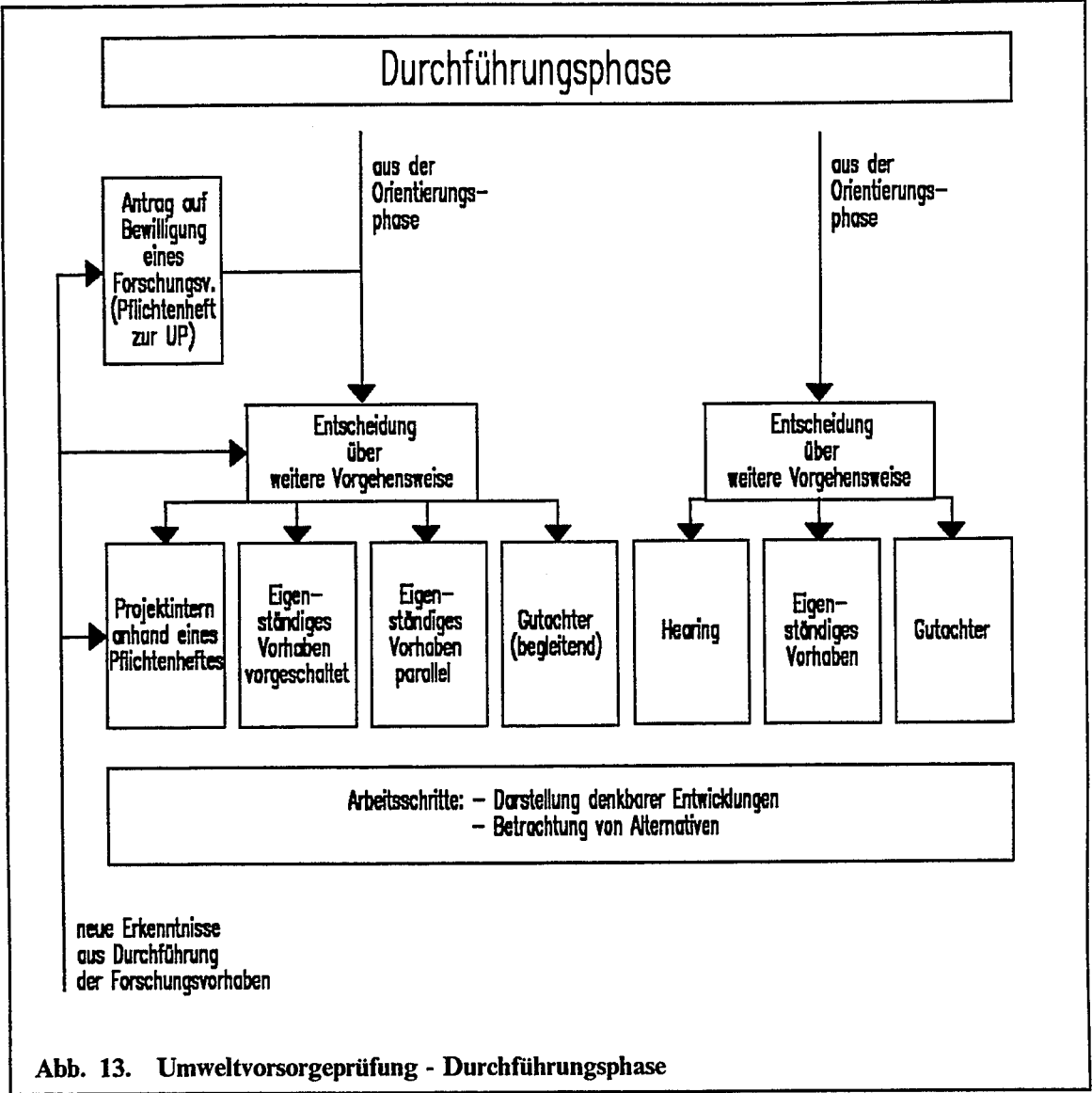


Abb. 12. Umweltvorsorgeprüfung - Orientierungsphase



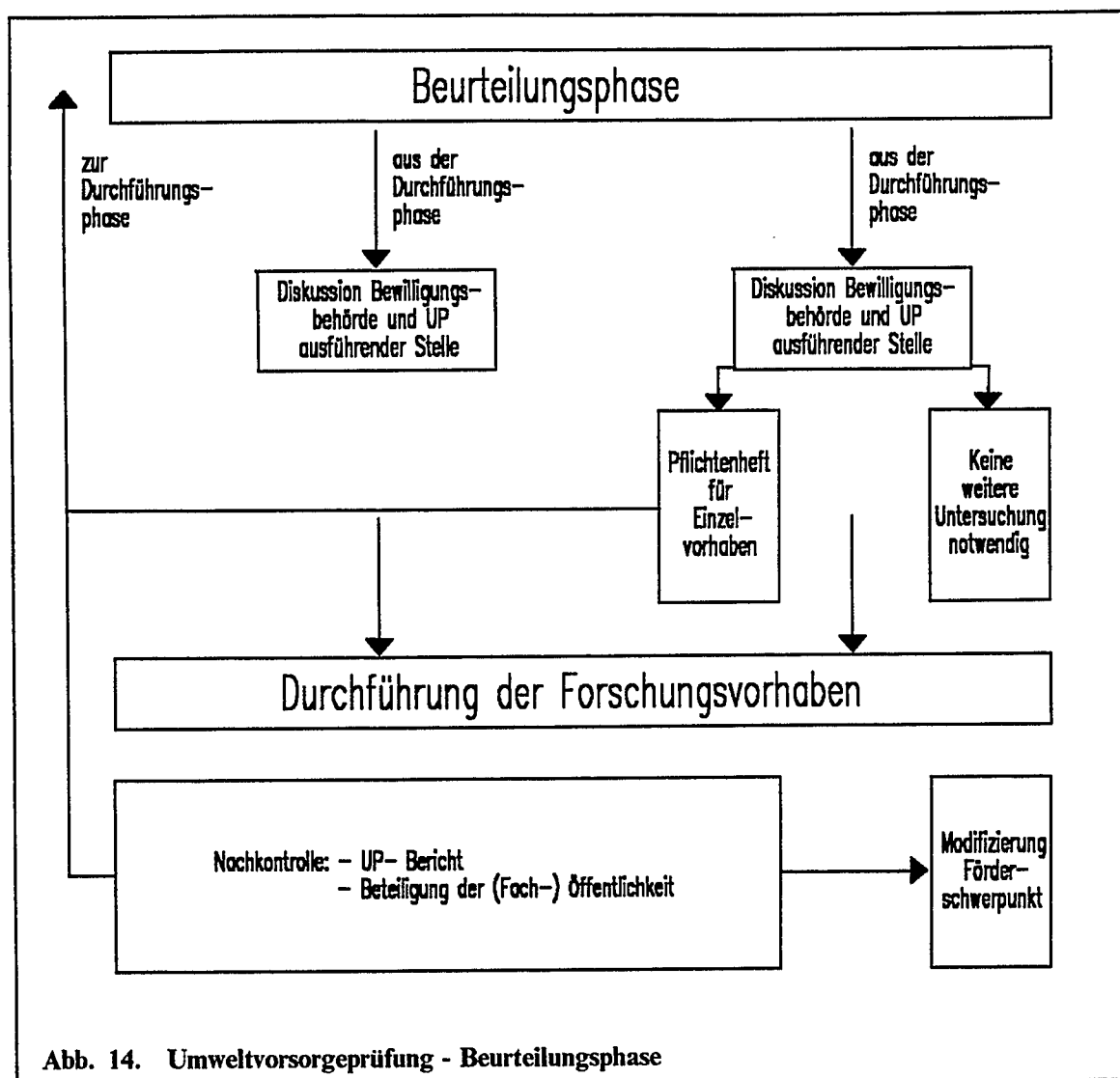


Abb. 14. Umweltvorsorgeprüfung - Beurteilungsphase

3.4 Validierung der Methodik

Die praktische Erprobung und Validierung dieser Methodik wird am Beispiel der Photovoltaik durchgeführt, da in zunehmendem Maße die marktliche Einführung dieser Technik bzw. Demonstrationsvorhaben in der Öffentlichkeit gefordert werden, über die Umweltauswirkungen bei der Herstellung der verschiedenen Solarzellentypen bislang sehr wenig bekannt ist und weil die Weiterentwicklung dieser Technik langfristig positiv beurteilt wird. Untersucht werden verschiedene Solarzellentypen auf der Basis von Silizium sowie ein Verbindungshalbleiter auf der Basis von Cadmiumtellurid.

Die wesentlichen Aspekte für die Umwelt ergeben sich durch an die Umwelt abgegebene Herstellungsabfallprodukte, durch Folgeprodukte von Bränden in Photovoltaik - Anlagen sowie Umweltgefahren durch die Deponierung von Herstellungsabfall und Endlagerung von Modulen. Im Gegensatz dazu spielen im Vergleich zu den Konkurrenztechniken die direkten Emissionen - ebenfalls ermittelt über die gesamten Prozeßketten - keine Rolle.

3.5 Literaturverzeichnis

- BMZ 90** Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit
Materialien zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen
in Vorhaben der wirtschaftlichen Zusammenarbeit
Eschborn
- Bosselmann 89** Bosselmann, K., Linden, W.
Stoffprüfung im Chemikalienrecht
Kritische Darstellung der gesetzlichen Regelungen über
stoffbezogene Prüfungen und Angaben
Schriften des Instituts für Umweltrecht Bremen (IUR)
Eberhard Blottner Verlag, Taunusstein
- BUNDESTAG 86** Deutscher Bundestag
Leitlinien der Bundesregierung zur Umweltvorsorge durch Ver-
meidung und stufenweise Verminderung von Schadstoffen (Leit-
linien Umweltvorsorge)
Drucksache 10/6028 vom 19.09.86
- ChemG 90** Chemikaliengesetz; Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen
vom 14.03.1990
BGBl. I, 13:521-547
- EG-UVP 90** EG-Richtlinie zur UVP bei Politiken, Plänen und Programmen
(Entwurf der Kommission an den Rat) :
XII/194/90-DE vom 16.08.90, Brüssel
- ENQUETE 88** ENQUETE-Kommission
"Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" 1. Zwischenbericht
Dt. Bundestag 11. Wahlperiode, Drucksache 11/3246, Bonn, 1988
- Hirtz 90** Hirtz, W., Huber, W., Kolb, G., Sturm, D.
Umweltvorsorgeprüfung bei Forschungsvorhaben - Am Beispiel
der Photovoltaik -
Interner Bericht KFA-STE-IB-5/90 der Programmgruppe Sys-
temforschung und Technologische Entwicklung, Forschungszen-
trum Jülich GmbH, Jülich
- Merian 91** Merian, E. (Hrsg.)
Metals and Their Compounds in the Environment
Occurrence, Analysis and Biological Relevance
Weinheim, New York, Basel, Cambridge; VCH
- Rippen 90** Rippen, G. (Hrsg.)
Handbuch Umweltchemikalien, 5. Erg.-Lieferg.,
ecomed, Landsberg/Lech, 1990

- UBA 88-1** Umweltbundesamt (Hrsg.)
Spahl, G., Björnsen, G. (Bearb.)
Checklisten zur Prüfung raumbedeutsamer Vorhaben
"Abwasserbehandlungsanlagen"
Forschungsbericht 101 02 076/2, UBA-FB 87-019
Texte 19/88, Berlin
- UBA 88-2** Umweltbundesamt (Hrsg.)
Schaaf, R., Wüstenhagen, B. (Bearb.)
Checklisten zur Prüfung der Umwelterheblichkeit
raumbedeutsamer Vorhaben
"Petrochemische Industrie, Chemische Industrie"
Forschungsbericht 101 02 076/7 und 5, UBA-FB 87-034
Texte 20/88, Berlin
- UBA 90** Umweltbundesamt (Hrsg.)
Bothe, M.; Gündling, L. (Bearb.)
Neuere Tendenzen des Umweltrechts im Internationalen Vergleich
Berichte 2/90, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- UVPG 90** Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten (85/337/EWG)
vom 12. Februar 1990; Bundesgesetzblatt I vom 20.2.90
- Wahl 89** Wahl, R.
Die Auswirkungen der Umsetzung der EG-Richtlinie auf die kommunale UVP.
in: Hübler, K.H., Otto-Zimmermann, K. (Hrsg.)
Die Umweltverträglichkeitsprüfung - Gesetzgebung, Sachstand, Positionen, Lösungsansätze
Eberhard Blottner Verlag, Taunusstein, 1989

4.0 Die Ökobilanzierung als Diagnose- und Bewertungsmethode

- Am Beispiel der Abfallwirtschaft -

Dr. Ing. Wolfgang Gebler, Arlesried - Erkheim

Das Ziel künftiger Umweltverträglichkeitsprüfungen wird es nicht nur sein Objekte, wie es das UVP - Gesetz vorsieht, zu bewerten, sondern auch Programme und Politiken. Hierzu gilt es geeignete Methoden zu entwickeln, welche dem Anspruch, echte nicht fehlgeleitete Entscheidungshilfen zu sein, gerecht werden.

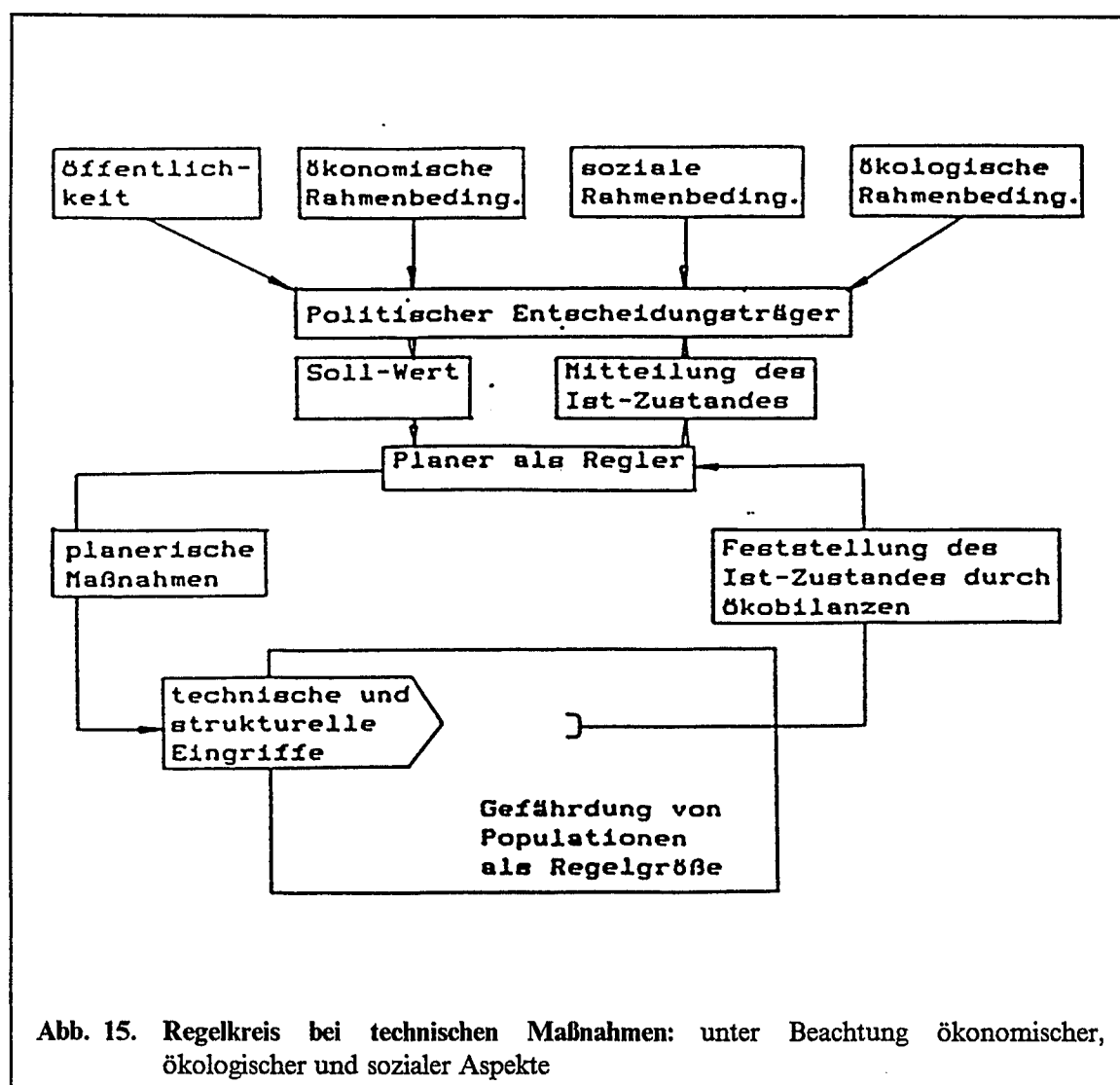


Abb. 15. Regelkreis bei technischen Maßnahmen: unter Beachtung ökonomischer, ökologischer und sozialer Aspekte

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen ist in diesem Zusammenhang an einer ökologischen Bilanzierung abfallwirtschaftlicher Programme interessiert, wobei unter ökologischer Bilanzierung eine globale ökologisch orientierte Bewertungsmethode zu verstehen ist. Ökobilanzen sollen Zahlenmaterial liefern, welches in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der Umweltverträglichkeit steht.

Die Gefährdung von Populationen als Regelgröße deutet an, daß eine ökologische Bilanzierung von ihrer Grundidee her sehr weit gefächert und eine Vielzahl von Bewertungskriterien umfassen sollte. (z.B. Landschaftverbrauch, Naturverbrauch, Mobilisierung von Schadstoffen, Energieverbrauch etc.)

Die im Folgenden vorgestellte Bewertungsmethode umfaßt von allen Problemfeldern nur den Bereich: Bedrohung von Populationen durch Schadstoffe. Es handelt sich also im Gegensatz zu bereits mehrfach durchgeführten Energiebilanzierungen um eine stoffliche Bilanzierungsmethode.

Zu berücksichtigen ist ferner, daß im Gegensatz zur gesetzlichen UVP der räumliche Bezug bei einer Programm-UVp unwesentlich ist, ganz im Gegenteil sogar unerwünscht ist, da er einer Bewertungsmethode, welche einen anthropogenen Eingriff in die Ökosphäre beschreiben soll, zuwiderläuft.

4.1 Methodenbeschreibung

Die Methode bedient sich bewußt der Aggregation verschiedener Eigenschaften von Schadstoffen. Dies soll letztlich dazu dienen, Ergebnisse übersichtlich darzustellen und politische Entscheidungsträger nicht zu überfordern. Andernfalls würde die Gefahr drohen, am Ende der Bilanzierung vom Politiker eine Gewichtung innerhalb von Schadstoffgruppen und Schadstoffeigenschaften abzuverlangen. Da Aggregationen sicher nicht unproblematisch sind, dürfen sie nur in Ausnutzung der natürlichen mathematisch naturwissenschaftlichen Beziehungen untereinander durchgeführt werden. Letztlich ist eine "eindimensionale Methode" anzustreben, bei der nur in einer Bewertungseinheit gemessen wird.

Bei einer ökologisch orientierten Schadstoffbilanzierung sollen als Verrechnungseinheiten Toxizitätsäquivalente eingesetzt werden, die wie folgt definiert werden:

$$Te_s = Txök_s \cdot c_s \quad [t_{Bio} / t_{Müll}] \quad (1)$$

Das Toxizitätsäquivalent soll auf 1 t Müll bezogen werden und ermittelt sich aus der Masse des pro Tonne Müll emittierten Schadstoffs c_s und einem Faktor $Txök_s$ (Ökotoxizitätsfaktor), welcher den betreffenden Schadstoff aufgrund seines toxikologischen und ökotoxikologischen Gefährdungspotentials gewichtet.

(t_{Bio} soll bedeuten: potentiell geschädigte Biomasse in t)

Toxizitätsäquivalente lassen sich für jeden Schadstoff in Abhängigkeit des Entsorgungssystems ermitteln.

Will man verschiedene Entsorgungssysteme mit einer Vielzahl verschiedener Emissionen vergleichen, müssen die Toxizitätsäquivalente zu einem Gesamtwert aufsummiert werden:

$$Te_{\text{tot}} = \sum_{i=1}^n Te_s \quad (2)$$

Die Ermittlung der einzelnen Emissionen erfolgt im Rahmen einer Prozeßkettenanalyse. Dabei kann es durchaus auch zu Gutschriften kommen, welche den Gesamtwert wiederum reduzieren, etwa wenn bei einem abfallwirtschaftlichen Programm Altstoffe wiederverwertet werden oder es bei einem Prozeß zu einem Energiegewinn kommt.

Als Eigenschaften, welche den Ökotoxizitätsfaktor $Tx_{\text{ök}}$, eines Schadstoffes bestimmen, kommen folgende meßbaren Größen in Frage:

- die Persistenz von Schadstoffen in den verschiedenen Umweltkompartimenten
- Kompartimentwechsel durch nasse und trockene Depositionen, Evaporation sowie durch die Volatilität
- das Bioakumulationspotential
- akut toxische, cancerogene und mutagene Wirkungen auf terrestrische und aquatische Lebewesen

Auch das Beratergremium für umweltrelevante Altstoffe und der Umweltchemikalienbericht haben diese Kriterien hervorgehoben.

Als meßbare Größen können folgende Faktoren, welche aus der Literatur zur Verfügung stehen, zugrunde gelegt werden:

Faktoren	Bezeichnung	Math. Zeichen, Einheit
akute toxische Wirkungen bei aquatischen und terrestrischen Organismen	LD 50, LC 50	Tx _s [mg/kg] [mg s/kg bio]
cancerogene und mutagene Wirkungen	LD Lo, LC Lo	Tx _s [mg/kg] [mg s/kg bio]
Biokonzentrationsfaktor	BCF	BCF [-]
Geschwindigkeitskonstanten k bzw. Halbwertszeiten τ von Abbaufunktionen sowie von Aufenthaltsfunktionen der Schadstoffe in den betreff. Umweltkompartimenten	PF	PF [-]
stöchiometrischer Faktor	λ	λ [-]

Abb. 16. Meßbare Größen zur Bestimmung des Ökotoxizitätsfaktors:
s = Schadstoff, Tx_s = Toxizitätsfaktor, Bio = Biomasse

Der Ökotoxizitätsfaktor Tx_{ök}, ergibt sich aus dem Produkt der oben genannten Faktoren:

$$Tx_{ök_s} = \lambda \cdot BCF_s \cdot PF_s / Tx_s \quad [kgBio/mgs] \quad (3)$$

Der Faktor wird umso gewichtiger sein, je größer sein Bioakkumulationspotential und seine Persistenz und je kleiner der Toxizitätsfaktor (d.h. hohe Toxizität) ist.

4.1.1 Toxizitätsfaktor Tx_s

Alle aus der Literatur vorzufindenden Werte beziehen sich auf unterschiedliche Expositionsbedingungen sowie Bezugssysteme. Zur Vereinheitlichung sind deshalb Umrechnungen auf physiologischer Basis erforderlich. Da manche Schadstoffe sowohl toxische als auch cancerogene Wirkungen aufweisen, ist es sicher sinnvoll, von der jeweils niedrigsten Dosis eines Schadstoffs auszugehen, von der eine Wirkung festgestellt wurde. Dabei liegt man mit Sicherheit auf der richtigen Seite. Ähnliches gilt für die immer wieder von den verschiedenen Experimentatoren festgestellten Empfindlichkeitsunterschiede zwischen den verschiedenen Tierarten.

Der Toxizitätsfaktor Tx_s beschreibt also einen geringsten Wert, bei dem eine letal toxische oder ähnliche Wirkung nachgewiesen wurde. Er hat die Dimension mg/kg oder anders ausgedrückt:

$$\begin{array}{lll} \text{mg s / kg Bio} & \text{s} & = \text{Schadstoff} \\ & \text{Bio} & = \text{Biomasse} \end{array}$$

4.1.2 Biokonzentrationsfaktor BCF_s

Durch diesen Faktor wird ausgedrückt, um wieviel sich ein Schadstoff in einem biologischen Gewebe im Vergleich zu einem Normallevel anreichert. Da die Akkumulation in Organismen zu einer erheblichen Verschiebung der Stoffmengen in der Umwelt führen kann, ist eine Berücksichtigung dieses Kriteriums unabdingbar.

Der Biokonzentrationsfaktor gibt das Verhältnis zweier Geschwindigkeitskonstanten an und ist daher dimensionslos.

4.1.3 Persistenzfaktor PF_s

Persistente Stoffe sind deshalb von großer Bedeutung, da sie ihre toxische Wirkung über einen langen Zeitraum im entsprechenden Umweltmedium entfalten können. Zur Ermittlung von entsprechenden Faktoren kann im Folgenden davon ausgegangen werden, daß eine toxische Wirkung auf Organismen so lange ausgeht, so lange der Schadstoff in der Umwelt präsent ist. Die Persistenzwirkung WP des Schadstoffs kann als Integral der Abbaufunktion über der Zeit aufgefaßt werden:

$$WP = \int_0^{\infty} f_1(t) dt \quad (4)$$

Die übliche Abbaufunktion stellt sich folgendermaßen dar:

$$c_t(x) = c_0(x) \cdot e^{-kt} \quad (5)$$

- c_t = Konzentration zum Zeitpunkt t
- c_0 = Konzentration zum Zeitpunkt 0
- t = Zeit
- k = Geschwindigkeitskonstante *

* k ist in diesem Fall nicht nur als reine Geschwindigkeitskonstante aufzufassen, sondern vielmehr als Konstante, die die Geschwindigkeit von Abbaureaktionen, sowie die Entfernung aus dem Umweltkompartiment (z.B. durch trockene und nasse Deposition) wiedergibt.

Der Persistenzfaktor PF, der für die Ableitung des Ökotoxizitätsfaktors erforderlich ist, soll einen repräsentativen Ausschnitt des Integrals umfassen. Als Zeitintervall kann 1 Jahr definiert werden, da sich selbst bei sehr persistenten Stoffen innerhalb eines Jahres Abbauerscheinungen feststellen lassen. Als differentiell kleinste Zeiteinheit kann die Stunde festgelegt werden.

$$PF_s = \int_0^{8760} f_1(t) dt / 8760 \quad (6)$$

wird das Integral auf 8760 h bezogen, ergibt sich ein Wert zwischen 0 und 1.

1 bedeutet, Stoff wurde nicht abgebaut

0 bedeutet Totalabbau

Der Persistenzfaktor ist dimensionslos.

4.1.4 Stöchiometrischer Faktor λ

Abbauvorgänge sind automatisch mit stofflichen Veränderungen verknüpft. Mit einer stofflichen Veränderung ist in der Regel auch eine Veränderung der Schadstoffmasse verbunden. Die Massenveränderungen müssen deshalb berücksichtigt werden, da sich die abzuleitenden Toxizitätsäquivalente auf die Masse des jeweiligen Schadstoffes beziehen.

Der stöchiometrische Faktor gibt ein Verhältnis zweier Stoffmengen an und ist daher dimensionslos.

Faßt man diese 4 Faktoren zu einem Ökotoxizitätsfaktor nach Gleichung 3 zusammen, so hat der Ökotoxizitätsfaktor $Txök$, die Dimension $kg\ Bio / mg\ s$. Er ist als kein dimensionsloses Konstrukt, sondern ein aufgrund von natürlichen Veränderungen in der Ökosphäre gewichteter Kehrwert des Toxizitätsfaktors.

In den bisherigen Überlegungen und Ableitungen von Faktoren zur Bewertung wurde nicht berücksichtigt, daß ein Schadstoff auch durch seine Abbauprodukte umweltgefährdend wirken kann. Folglich muß sich das Toxizitätsäquivalent eines Schadstoffes aus der Summe der Wirkungen vom Ausgangsstoff und Folgeprodukten (gleichbedeutend mit Summe der Ökotoxizitätsfaktoren) zusammensetzen:

$$Te_s = c_s \cdot \sum_{i=1}^n Txök_s (kg_s \cdot kg_{Bio} / t_{Müll} \cdot mg_s) \quad (7)$$

oder

$$Te_s = c_s \cdot \sum_{i=1}^n Txök_s \cdot 1000 (t_{Bio} / t_{Müll}) \quad (8)$$

Die Maßeinheit des Bewertungsmaßstabs ergibt sich aus dem Produkt der Schadstoffmenge (bezogen auf 1 t Hausmüll) $kg\ s/t\ Müll$ und der Maßeinheit des Ökotoxizitätsfaktors $kg\ Bio / mg\ s$.

4.2 Bewertungsprobleme

Der Bewertungsmodus liefert Ansätze zur Beschreibung von ökologischen, toxikologischen und ökotoxikologischen Auswirkungen auf die Umwelt. Er kann nicht, wie das bei allen Bewertungsmodellen der Fall ist, den Anspruch erheben, den kompletten komplexen Sachverhalt zu erfassen. So wird die Bewertungseffizienz in erster Linie durch die zum Teil recht bescheidenen Bewertungsgrundlagen beeinflusst.

4.2.1 Analytik

Dies gilt bereits für die Analytik. Bei keinem der in Frage kommenden Prozesse sind alle zu bewertenden Emissionen weder qualitativ, schon gar nicht quantitativ bekannt. Es können deshalb nur die bekannten Schadstoffemissionen bewertet und bilanziert werden. Man kann davon ausgehen, daß im Bereich der Abfallwirtschaft ein paar hunderttausend Stoffe analytisch erfaßt sein müßten. Tatsächlich sind es ca. 500. Dies bedeutet, daß die Gesamtbilanzierung falsch ist, wenn nicht alle Summanden bekannt sind.

Der Anspruch, Müllentsorgungsbereiche auch augenblicklich zu bewerten wird jedoch dadurch wieder realistischer, wenn davon ausgegangen wird, daß zumindest die Stoffe quantitativ analytisch erfaßt sind, die hinsichtlich ihrer Menge und ihres Schädigungspotentials besonders hervortreten. Damit sind augenblicklich zumindest mittels eines quantitativen Ansatzes qualitativ vergleichende Aussagen möglich.

4.2.2 Wirkungsanalytik

Noch problematischer verhält sich die Wirkungsanalytik. So lassen sich die meisten der analytisch erfaßten Stoffe toxikologisch beschreiben. Auch die Anreicherungsfaktoren sind relativ gut bekannt. Für relativ wenige analytisch erfaßte Schadstoffe sind jedoch Abbaukonstanten bekannt. In noch weniger Fällen sind zusätzlich zu den Geschwindigkeitskonstanten noch die Abbauprodukte bekannt. In all diesen Fällen muß augenblicklich pessimistisch angenommen werden, daß diese Stoffe nicht abbaubar sind. Somit muß hier gesagt werden, daß die Effizienz des Bewertungsverfahrens nur so gut sein kann, wie der aktuelle Stand des Wissens ist.

4.2.3 Aggregationsprobleme

Eine Aggregation verschiedener Schadstoffe unter Berücksichtigung relativer Toxizitäten scheint noch einigermaßen unproblematisch zu sein. (Vergl. Toxizitätsäquivalente bei Dioxinen).

Das gleiche gilt wohl auch für die Persistenz, da jeglicher Schadstoff nur dann seine Wirkung entfalten kann, wenn er real in der Ökosphäre existiert. Es besteht also ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen seiner Wirkung und seiner Umweltkinetik. Somit ist eine formelmäßige Korrektur der Schadstoffemissionsmenge hinsichtlich der ab- oder umgebauten Stoffmengen innerhalb eines Zeitrasters erforderlich.

Ähnliches gilt für den stöchiometrischen Faktor. Sobald chemische Reaktionen und damit Stoffumsetzungen eine Rolle spielen, ist es normal, daß Ab- oder Umbauprodukte eine andere Masse besitzen, als der Ausgangsstoff. Wenn z.B. Schwefelwasserstoff in der Atmosphäre zu Schwefeldioxid aufoxidiert wird, so hat damit automatisch die Schadstoffmasse beim Folgeprodukt SO_2 um den Faktor 1,88 zugenommen. Diese Massenveränderungen des Folgeprodukts muß selbstverständlich berücksichtigt werden, da auch die Toxizität massenabhängig ist.

Der stöchiometrische Faktor sowie der Persistenzfaktor sind damit nur Korrekturfaktoren, um die potentielle Wirkung von Schadstoffen anhand der "real existierenden" Masse abzuschätzen. Problematischer ist die Einbeziehung des Biokonzen-

trationsfaktors in das Produkt, da dieser Faktor einen Endzustand nach der Anreicherung beschreibt und damit nicht in einen unmittelbaren kinetischen Zusammenhang mit dem Reaktionsgeschehen gebracht werden kann. Möglicherweise ist es deshalb empfehlenswert, von einer augenblicklichen Einbeziehung des Biokonzentrationsfaktors in die Produktformel Abstand zu nehmen.

Trotz des letztgenannten Problems darf es nicht Sinn und Zweck einer Bewertungsmethode sein, Aggregationen, wenn sie begründbar sind, pauschal abzulehnen, da sie die Eigenschaft besitzen, Ergebnisse übersichtlich und vergleichbar darzustellen.

4.3 Anwendung des Bewertungsansatzes

Eine Ökobilanzierung nach dem eben beschriebenen Bewertungsmuster birgt eine Reihe von Vorteilen in sich trotz der oben angedeuteten Einschränkungen. Dies soll im Folgenden an ein paar Beispielen deutlich gemacht werden.

Verbindungsklasse	Te (t Bio/t Müll)			
	I	II	III	IV
NO _x	1800	1200	420	420
Schwermetalle	90	89	29	15
SO ₂ , HCl, HF	20	28	20	3
CO	11	7	7	5
Summe Dioxine, Furane	540	6		6
PAH's *	12			1
PCB's *	180			5
chlorierte Aromate *	150			4

Tab. 3. Relevanz von Schadstoffgruppen aus dem Rauchgas von Müllverbrennungsanlagen:

- I = Zugrunde liegen heute übliche Emissionswerte von Anlagen ohne Entstickung und Dedioxinierung (Stand 1990)
- II = Als Emissionswerte liegen die Grenzwerte der 17. BImSchV (01.12.1990) zugrunde
- III = Als Emissionswerte liegen die heute üblichen Garantiewerte der Hersteller zugrunde
- IV = Als Emissionswerte liegen die erwarteten Betriebswerte zugrunde

* Für diese Parameter sieht die BImSchV keine Grenzwerte vor

Derartig erstellte Relevanzreihen haben den Vorteil, die eigentlichen Problemstoffe zu erkennen und gegebenenfalls technische Maßnahmen zur Reduzierung bestimmter Emissionen einzuleiten. So bleiben trotz Entstickungsanlage die Stickoxide die Problemstoffe Nr. 1, gefolgt von den Schwermetallen. Die Aktivkohlereinigungsstufe führt dagegen dazu, daß Dioxine, Furane, PCB's und Chloraromaten im Reingas einer Müllverbrennungsanlage nicht mehr relevant sind.

Kombiniert man eben beschriebenen Bewertungsansatz mit einer Prozesskettenanalyse, bei der alle Emissionspfade innerhalb eines Programms festgehalten und identifiziert werden, so ist damit eine Programmbilanzierung möglich.

4.4 Welche Bewertungsmethode ist optimal?

Es gibt sicher keinen Bewertungsansatz, der

- für die Beschreibung aller Problemfelder geeignet ist und das ökologische Wirkungsgefüge in seiner Gesamtheit beschreibt.
- nur objektiv ist und subjektive Wertungen ausschließt.
- auf eine ausreichende Datenbasis zurückgreifen kann.
- diskussionslos von allen Beteiligten akzeptiert werden kann.

Deshalb kann es nur sinnvoll sein, zur Problembeschreibung von verschiedenen Ansätzen auszugehen und die Ergebnisse zu vergleichen. Sind die Ergebnisse gleich, nimmt damit die Akzeptanz zu, variieren dagegen die Ergebnisse, ist es nur recht und billig, nach den Ursachen zu forschen.

5.0 Möglichkeiten umweltgerechter Forschung unter den Randbedingungen marktorientierter Auftragsforschung

Dr.-Ing. Rolf Steinhilper
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart

5.1 Problemstellung

Die Großserienproduktion vieler Gebrauchs- und Investitionsgüter des Maschinenbaus hat sich in den vergangenen zwei bis drei Jahrzehnten vervielfacht. In der Folge kehren nunmehr die Produkte am Ende ihrer 10- bis 15- jährigen Gebrauchsdauer in gleichermaßen bemerkenswerten Größenordnungen zur Entsorgung aus den Märkten zurück.

Produktrecycling in großtechnischen, industriellen und handwerklichen Maßstäben gestattet es, den Weg der Produkte über Produktion, Gebrauch und Entsorgung in einem Kreislauf zu schließen und damit verantwortungsbewußt zu gestalten. Zur Bewältigung einerseits des Mengenaufkommens, andererseits auch der Vielfalt der in solchen Kreislaufprinzipien zu führende Produkte, bedarf es sowohl technisch anspruchsvoller als auch wirtschaftlich erfolgreicher Recyclingverfahren. Betrachtet man Praxis und Perspektiven des Produktrecycling in industriellen Maßstäben, so zeigen sich hier beachtliche Potentiale, um beiden Anforderungen gerecht zu werden.

5.2 Produktverantwortung umfaßt Produktion, Gebrauch und Entsorgung

Im fortwährenden Bemühen, Produktion und Produkte technisch und wirtschaftlich zu verbessern, stößt der Ingenieur auch heute noch auf den Lehrsatz: Das gesamte Leistungs- und Kostenprofil eines Produktes wird zu mehr als zwei Drittel durch seine Konstruktion bereits festgelegt. Nur unerhebliche Anteile der Produkteigenschaften können danach, etwa mittels verbesserter Herstellverfahren oder durch sachgemäßen Gebrauch, günstig beeinflußt werden.

Diese schon geläufige Erkenntnis läßt sich mittlerweile analog weiter ausdehnen: Auch die Eigenschaften eines Produkts in Bezug auf seine Entsorgung bzw. seine Eignung zum Recycling werden durch seine Konstruktion maßgeblich mitbestimmt. Damit dehnt sich die Gesamtverantwortung des Konstrukteurs ebenfalls weiter aus. Der Verantwortungsbereich des Konstrukteurs wird neben Produktion und Gebrauch schon in allernächster Zukunft auch deren Entsorgung mit einschließen und als geschlossenes Ganzes zu gestalten sein.

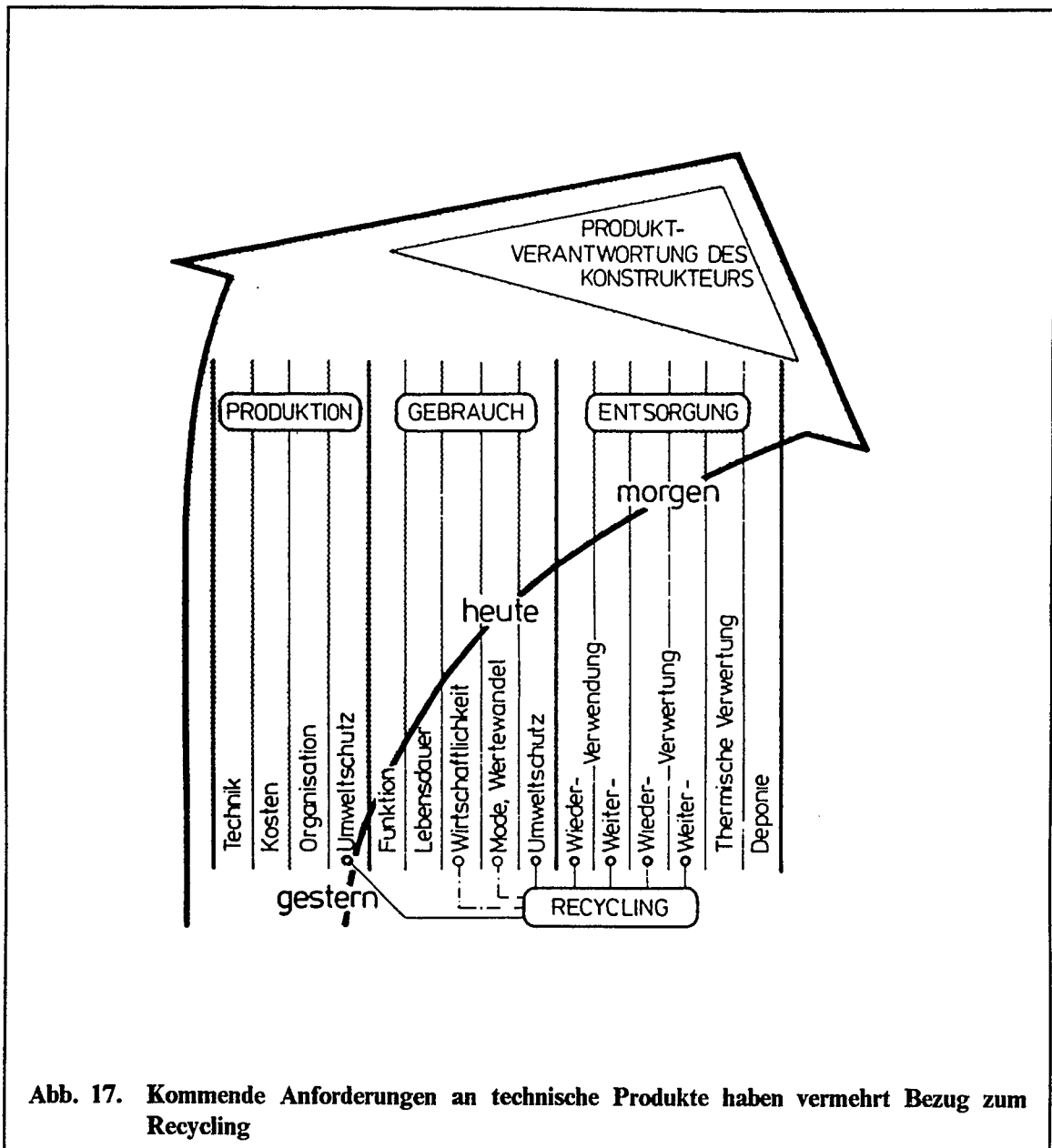


Abb. 17 zeigt die Entwicklung der konstruktiven Anforderungen an technische Produkte hinsichtlich dieser drei Produktlebenszyklusphasen. Die Anforderungen spiegeln gleichzeitig wichtige Merkmale der industriellen Entwicklung in diesem Jahrhundert wieder: Nimmt man als Beispiel technischer Produkte das Automobil und betrachtet in Abb. 17 als erstes die Anforderung >> Technik <<, so fand der Automobilkonstrukteur an der Schwelle dieses Jahrhunderts nur das Handwerk des Wagners als Produktionskapazität vor. Seine Konstruktion bzw. die ersten Automobile ähnelten eher Pferdekutschen und wurden weitgehend in kunstfertiger Handarbeit hergestellt.

Als Antwort auf die nächste Anforderung >> Kosten << führt Henry Ford 1915 das Fließband ein. Auch dies hatte Auswirkungen auf die Konstruktion der Produkte, die

mit geringeren Fertigkeiten angelernter Fließbandarbeiter in Großserienfertigung herstellbar sein mußten. Das Organisationsprinzip der Großserie beherrschte dann für mehr als 50 Jahre die industrielle Produktion. Es wurde erst in den 70er und 80er Jahren in Frage gestellt, als der Markt zunehmend mehr Varianten und Innovation forderte.

Dieses historische Wechselspiel zwischen Produktionstechnik und Produktgestaltung durch immer neue Anforderungen erhält in jüngster Zeit, vor allem durch die Notwendigkeit des Umweltschutzes, die stärksten Impulse. Dies gilt heute bereits für die beiden Lebenszyklusphasen Produktion und Gebrauch. Hier wirkten sich bisher in erster Linie neue Paragraphen aus: In Bezug auf die Produktion forderten etwa verschärfte Abwasservorschriften, das Emissionsschutz- sowie das Abfallwirtschaftsgesetz den Verzicht auf manche problematische Werkstoffe oder auf bestimmte Fertigungsverfahren. Im Bereich des Produktgebrauchs wurden strenge Grenzwerte oder Verbote zum Schadstoffgehalt (z.B. asbestfreie Produkte, neue Abgasbestimmungen) bereits wirksam und hatten Auswirkungen auf die Produktgestaltung und Produktionstechnik.

Trotz neuer Gesetze und veränderter Einstellung zu Fragen des Umweltschutzes sollte jedoch nicht übersehen werden, daß der Markt von morgen sicher noch stärkere Kräfte auf die Produktverantwortung und auf die Gestaltungsentscheidung des Konstrukteurs ausüben wird als bestimmte Paragraphen heute. Zieht man in Betracht, wie schnell derzeit die Sensibilisierung für Fragen des Umweltschutzes in Fachwelt und Öffentlichkeit voranschreitet, so wird eine verantwortungsbewußte Produktionstechnik neben Produktion und Gebrauch künftig auch die umweltbewußte Entsorgung gleichrangig miteinbeziehen.

5.3 Ordnungsgemäße Entsorgung bedeutet in erster Linie Recycling

Wer die gesamtheitliche Produktverantwortung ernst nimmt, wird bemüht sein, auch die mit industriellen Techniken geschaffenen Produkte und deren Stoff-Flüsse nicht offen enden zu lassen, sondern nach natürlichem Vorbild in Kreisläufen zu schließen. Es darf als gesichert angesehen werden, daß Recycling zu den Grundprinzipien zukünftigen Wirtschaftens zählt und in seinen verschiedenen Ausprägungen damit auch zur tragenden Säule eines ganzheitlich geschlossenen Gestaltungskonzepts technischer Produkte wird. Für dieses > > Life-Cycle-Engineering < < muß man nicht nur gangbare Recyclingwege kennen, die entsprechend Abb. 17 auf Seite 60 bereits heute in mannigfachem Bezug zu allen drei Produktlebenszyklusphasen stehen, sondern sich auch mit absehbaren zukünftigen Entwicklungen rechtzeitig auseinandersetzen.

Arbeiten zur begrifflichen Gliederung des Recycling im Maschinenbau haben bereits einen Stand erreicht, der eine zielorientierte Beschäftigung mit dem Thema und die Bildung von Schwerpunkten erleichtert. Wichtige Beiträge zur begrifflichen Klärung in allgemeingültiger Form haben die Arbeiten zur VDI-Richtlinie 2243 /1/ geleistet, an der das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung mitgearbeitet hat. Diese Richtlinie ist im Jahre 1990 bereits in einer zweiten überarbeiteten und erweiterten Fassung erschienen. Dort wird Recycling nicht nur nach Kreislaufarten gegliedert, son-

dern auch in unterschiedliche Recycling-Behandlungsprozesse eingeteilt, wobei sich der Kreis dann noch in jeweils eigenen Recyclingformen schließen kann.

5.4 Recycling nach Kreislaufarten, Behandlungsprozessen sowie Recyclingformen

Die erste Gliederungsmöglichkeit des Recycling nach Kreislaufarten orientiert sich am Lebenszyklus technischer Produkte.

Parallel zu Produktion, Gebrauch und Entsorgung von industriell gefertigten Produkten unterscheidet man die in Abb. 18 auf Seite 63 gezeigten drei zugeordneten Kreislaufarten:

- Produktionsabfallrecycling,
- Recycling während des Produktgebrauchs,
- Altstoffrecycling.

Diese ergänzen sich gegenseitig und führen zu der in der Abbildung veranschaulichten deutlichen Verringerung der Stoffflüsse. Beispiele zum Stand der Technik und zu Anwendungen des Recycling in diesen Kreislaufarten wurden in /2/ bereits ausführlich behandelt.

Neben der chronologischen Gliederung in Recycling- Kreislaufarten definiert VDI 2243 auch zwei unterschiedliche Recycling-Behandlungsprozesse:

- die Aufbereitung und
- die Aufarbeitung.

Die Aufbereitung ist der vorherrschende Behandlungsprozeß beim Produktionsabfallrecycling und beim Altstoffrecycling und dient meist zur Vorbereitung für die eigentliche metallurgische oder sonstige Verwertung. Aufbereitungsprozesse sind somit in der Regel verfahrenstechnische Prozesse und dienen der Werkstoffrückgewinnung.

Die Aufarbeitung ist der vorherrschende Behandlungsprozeß beim Recycling während des Produktgebrauchs und dient der Wahrung oder Wiederherstellung der Produktgestalt und der Produkteigenschaften für eine erneute Verwendung. Aufarbeitungsprozesse sind in der Regel fertigungstechnische Prozesse und dienen der Werkstückrückgewinnung.

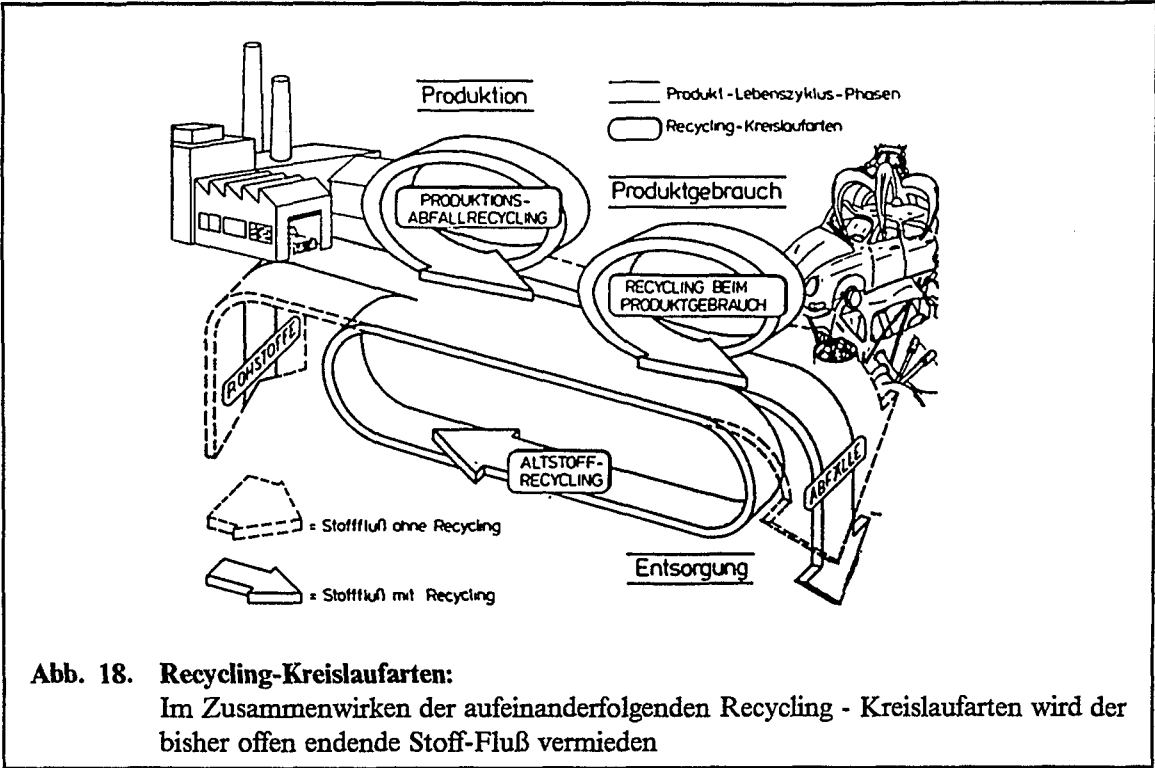


Abb. 18. Recycling-Kreislaufarten:
Im Zusammenwirken der aufeinanderfolgenden Recycling - Kreislaufarten wird der bisher offen endende Stoff-Fluß vermieden

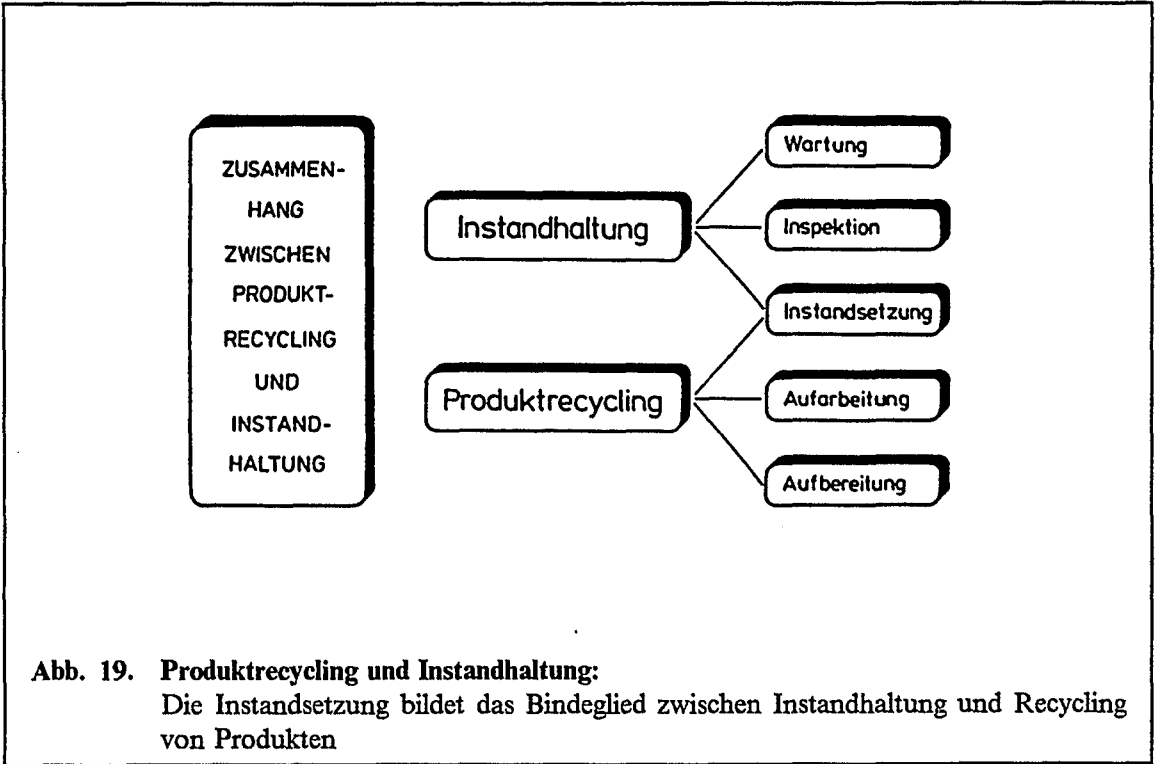


Abb. 19. Produktrecycling und Instandhaltung:
Die Instandsetzung bildet das Bindeglied zwischen Instandhaltung und Recycling von Produkten

Als dritte Einteilungsmöglichkeit des Recycling nach VDI 2243 sind in jeder Kreislaufart und nach unterschiedlichen Behandlungsprozessen verschiedene Recyclingformen vorzufinden. Grundsätzlich wird zwischen den beiden Recyclingformen Verwertung und Verwendung unterschieden und noch feiner nach Wieder- und Weiterverwertung sowie

Wieder- und Weiterverwendung unterteilt. Die Verwertung löst die Produktgestalt auf und folgt auf Aufbereitungsprozesse zur Werkstoffrückgewinnung. Die Verwendung ist durch die weitgehende Beibehaltung der Produktgestalt gekennzeichnet und folgt auf Aufarbeitungsprozesse zur Werkstückrückgewinnung.

Das Recycling von Produkten wird auch von den bekannten Maßnahmen der Instandhaltung unterstützt. Nach DIN 31051 sind dies die Wartung, die Inspektion und die Instandsetzung. Instandhaltungsmaßnahmen dienen allerdings überwiegend zur Erreichung der vorgesehenen Nutzungszeit eines Produkts, während Recycling auf zusätzliche Nutzungszyklen abzielt. Eine strenge Trennung zwischen der Aufarbeitung und Instandsetzung aufgrund der oft vergleichbaren Operationen und der Ergebnisse wird jedoch nicht immer gelingen. Dies ist auch nicht sinnvoll.

Wie Abb. 19 auf Seite 63 zeigt, sollte man daher, statt eine Abgrenzung zu betreiben, besser von einer >> Verwandtschaft << der beiden Begriffe Recycling und Instandhaltung von Produkten sprechen.

5.5 Effektives Produkt-Recycling im Zusammenwirken von Instandsetzung, Aufarbeitung und Aufbereitung

In der Praxis trifft man die unterschiedlichen Recycling- Kreislaufarten, Behandlungsprozesse, Recyclingformen und Instandhaltungsmaßnahmen selbstverständlich nie in >> Reinkultur <<, sondern stets als Koppelung unterschiedlicher Kreisläufe und Prozesse sowie als Mischform von Verwendung und Verwertung an. Dies gilt besonders zum Ende der Produktnutzung, das Ausgangspunkt sowohl unterschiedlicher Kreislaufarten als auch verschiedener Behandlungsprozesse ist: Nach dem Ausscheiden beispielsweise eines Kraftfahrzeugmotors aus seiner Nutzungsphase lassen sich nur bestimmte Bauteile für einen Austauschmotor fertigungstechnisch aufarbeiten und im Recycling während des Produktgebrauchs zurückführen - die vollständig verschlissenen Teile werden verfahrenstechnisch aufbereitet und folgen dem Altstoffrecycling. Selbst Beispiele zur Koppelung der großtechnischen Aufbereitung als Schrottverwertung mit der handwerklichen Instandsetzung hält die Praxis bereit: In der Hausgerätebranche werden vor der stofflichen Verwertung von Geräten längst ausgelaufener Modellreihen bestimmte Einzelteile den Geräten entnommen und wiederverwendet - vom Kundendienst, der damit ältere Maschinen im Markt instandsetzt und gebrauchstüchtig hält.

Auch der Ingenieur kann die unterschiedlichen Kreisläufe und auch die damit verwandte Instandhaltung nicht isoliert voneinander betrachten, sondern muß sie, in geeigneter Weise zusammengeführt, bei seinen Gestaltungsentscheidungen gleichermaßen berücksichtigen. In /3/ wurde daher als eine die genannten Felder umschließende Bezeichnung der Begriff Produktrecycling eingeführt, der auch in der industriellen Praxis immer häufiger Verwendung findet.

Die Praxis zeigt, daß sich das industrielle Produktrecycling in Serie derzeit in einer Aufwärtsentwicklung befindet. Die Beschäftigtenzahl dieses meist unterschätzten, da weitgehend ein Schattendasein führenden Wirtschaftszweiges, beläuft sich im Inland be-

reits heute auf etwa 10.000, weltweit auf etwa 200.000 Beschäftigte. Im Kfz-Bereich werden in der Bundesrepublik Deutschland neben Pkw- und Lkw-Motoren Getriebe, Anlasser, Lichtmaschinen, Wasserpumpen und Antriebswellen in Serie aufgearbeitet. Weiterhin umfaßt die Liste der Recyclingprodukte im Maschinenbau hierzulande Werkzeugmaschinen von der Handbohrmaschine bis zur NC- nachgerüsteten Universalfräsmaschine.

Werkzeugmaschinen werden im Inland von mehr als 150 Unternehmen mit wirtschaftlichen Vorteilen für Aufarbeiter und Kunden aufgearbeitet. Für die Zukunft ist ein weiteres Wachstum vorgezeichnet: Herkömmliche lohnintensive Reparaturverfahren (Einzelinstandsetzung) steuern in die Unrentabilität, da sie hinsichtlich Abläufen und Hilfsmitteln in der Vergangenheit nicht annähernd solche Verbesserungen erfuhren wie die ständig rationalisierten Verfahren zur Neuherstellung. Dagegen ist das Fertigen rationell in Serie aufgearbeiteter Produkte (Austauscherzeugnisse) nicht nur eine von den Kosten her interessante Alternative, sondern wird von manchem Anbieter als eine wichtige Zukunftschance aufgegriffen. Ökonomisch gesehen erweist sich Recycling in immer zahlreicheren Anwendungen im Gesamtergebnis als vorteilhaft und ermöglicht dem Produktrecycling ein rasches Vordringen in die Praxis.

Das zugehörige Methodenwissen wird derzeit am Fraunhofer- Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in einem vom Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft (RKW) getragenen Projekt: "Planung und Herstellung wirtschaftlich aufgearbeiteter Austauscherzeugnisse" in Zusammenarbeit mit 12 Industriepartnern weiter verfeinert und ausgebaut /4/.

5.6 Industrialisierung der Demontage - wichtigste fertigungstechnische Herausforderung des Produktrecyclings

Die Demontage ist erster Schritt jeder Instandsetzung, vor allem jedoch als vollständige Demontage erste Fertigungsstufe der fünfstufigen Aufarbeitung von Produkten in Austausch- Erzeugnisfertigungen. Die Demontage ist, wie sich immer mehr zeigt, zukünftig auch eine notwendige Vorstufe zum sortenreichen Aufbereiten bestimmter Werkstoffe, das durch Zerkleinern der Produkte in Shreddermühlen und nachfolgende Verfahrenstechniken zum Separieren der Werkstoffe nicht befriedigend gelingt. Betrachtet man die Großserienproduktion vieler Investitions- und Gebrauchsgüter des Maschinenbaus, die sich im Verlauf von nur zwei Jahrzehnten vervielfacht hat, so werden diese Erzeugnisse bei einer Lebens- oder Nutzungsdauer von durchschnittlich 10 bis 15 Jahren in heute noch nicht annähernd anzutreffenden Größenordnungen aus den Märkten zurückkehren.

Für Demontage und Recycling des zu erwartenden Mengenaufkommens technischer Erzeugnisse wird in wenigen Jahren eine stärkere Industrialisierung der dann einzusetzenden Aufbereitungs- und Aufarbeitungsverfahren zwingend notwendig sein.

Herausragende Beispiele sind Altautomobile und innovative Produkte aus der Büro- und Informationstechnik. Letztere weisen jedoch eine sehr komplexe und vielfältige Werkstoff- und Baustruktur mit hohen Kunststoffanteilen sowie auch

Schadstoffgehalten auf, die bei ihrer Rückkehr aus dem Markt eine umweltgerechte Entsorgung nur bei sachgerechter Demontage erlauben.

Bekannte Lösungen zur Demontage von Produkten in größeren Stückzahlen sind zwar meist als rationelle Linienfertigung strukturiert, sie können im übrigen jedoch hinsichtlich der Gestaltung von technischen Einrichtungen und Hilfsmitteln nicht auf >> Vorbilder << aus der Neuproduktion zurückgreifen, da sich die Aufgabe >> Demontieren << in der industriellen Herstellung neuer Erzeugnisse nicht stellt. Diese im Recycling zu lösen ist eine interessante fertigungstechnische Herausforderung. Erste Pilotprojekte für Demontagefabriken laufen daher in der Automobilbranche bereits an /5/.

Verschmutzung, Verölung und Korrosion der zu demontierenden Erzeugnisse werden jedoch stets zu hohen Belastungen des in der Demontage beschäftigten Personals führen. Um zu kostengünstigen und menschengerechten Arbeitsplätzen in der Demontage zu gelangen, muß daher die Entwicklung von Einrichtungen zur Mechanisierung und Automatisierung der Demontage vorangetrieben werden.

Auch auf den Konstrukteur kommen neue Aufgaben zu. Vielerorts wurden bereits Untersuchungen zur demontagegerechten Produktgestaltung aufgenommen /6, 7/ und dabei insbesondere Pionierarbeiten zu demontagegerechten Verbindungselementen geleistet.

5.7 Demontagegerechte Produktgestaltung - mehr als eine Umkehrung montageorientierter Prinzipien

Die noch fehlenden Voraussetzungen für eine technisch und wirtschaftlich erfolgreiche Automatisierung oder auch nur Mechanisierung der Demontage muß hauptsächlich der Konstrukteur schaffen. Zu einem gewissen Grad kann er bei der demontagegerechten Produktgestaltung auf Erfahrungen zurückgreifen, die er auf dem in den letzten Jahren intensiv bearbeiteten Feld der montagegerechten Produktgestaltung erworben hat.

Ein Rückschluß von der Automatisierbarkeit der Montage auch auf die Automatisierbarkeit der Demontage ist allerdings nur zu einem Teil zulässig.

Eine logische Umkehrung der Vorgänge, dies bedeutet im Sinne einer Automatisierung der Nutzbarkeit von Technologien und Einrichtungen zur automatisierten Montage auch für die Demontage, gilt nur für die Abläufe bei der Bildung bzw. Auflösung der Baustuktur eines Produkts, das heißt, für die Reihenfolge, in der Bauteile montiert bzw. demontiert werden. Sie gilt nicht in jedem Fall für Verfahren zum Fügen bzw. Lösen der Verbindungen zwischen Bauteilen. Es ist offensichtlich, daß insbesondere nicht lösbare Verbindungen, z.B. Schweißverbindungen, ohne weiteres automatisiert gefügt, nicht aber mit derselben technischen Einrichtung auch wieder gelöst werden können.

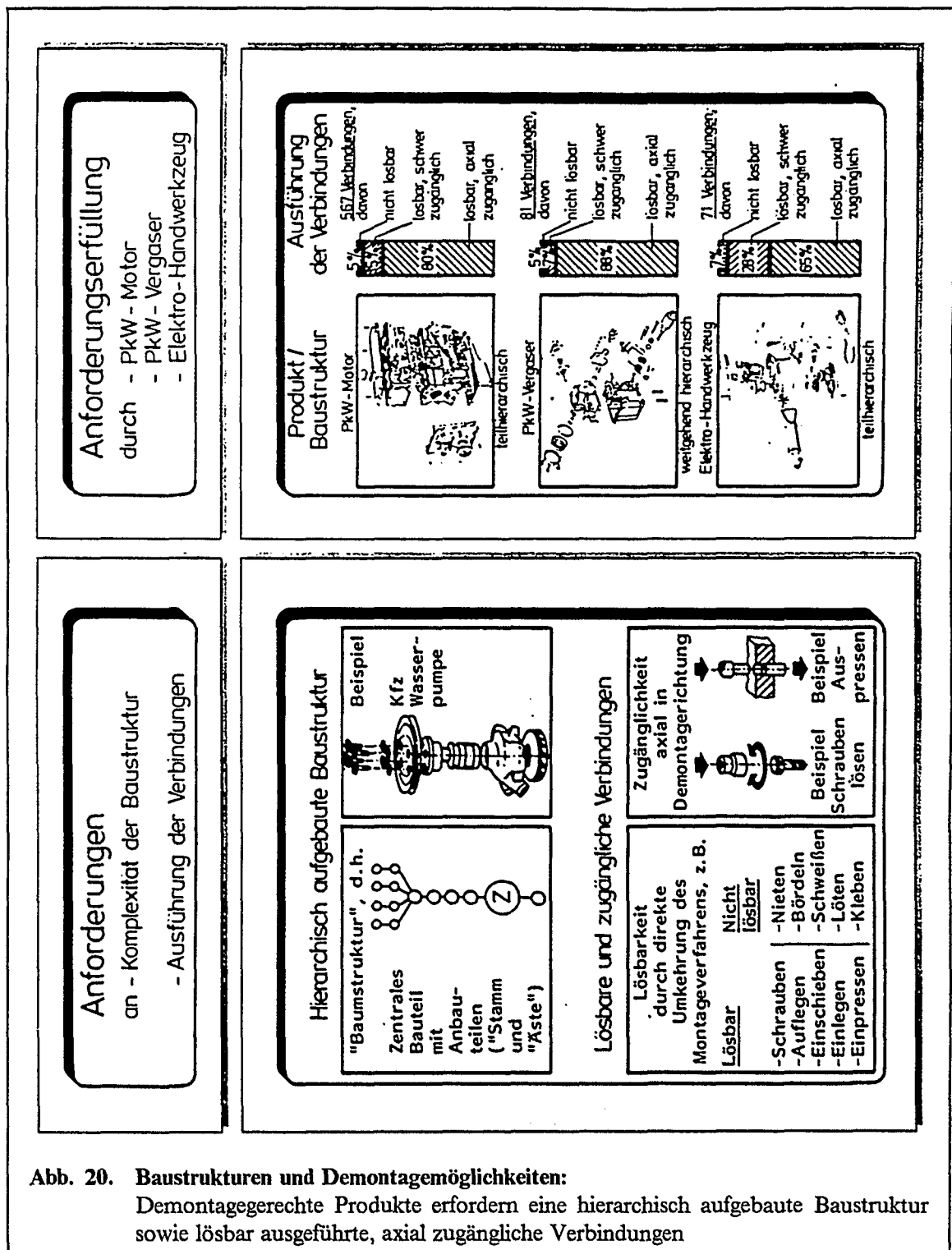


Abb. 20. Baustrukturen und Demontagemöglichkeiten:

Demontagegerechte Produkte erfordern eine hierarchisch aufgebaute Baustuktur sowie lösbar ausgeführte, axial zugängliche Verbindungen

Somit sind für eine konstruktive Begünstigung der Automatisierbarkeit der Demontage eines Produkts in erster Linie die in Abb. 20 gezeigten zwei Faktoren zu beachten:

- die für einen automatischen Ablauf der Demontage maßgebliche Komplexität der Baustuktur sowie

- die für automatisierbare Demontageverfahren maßgebliche Ausführung der Verbindungen.

Als Baustruktur besonders geeignet sind Baumstrukturen, die man auch als hierarchische Strukturen bezeichnet. Dies ergibt einen sehr einfachen Demontageablauf, da lediglich alle Bauteile nacheinander von einem Zentralbauteil zu lösen sind, ohne dieses umspannen, umgreifen oder wechseln zu müssen.

Als Verbindungen für die Automatisierung der Demontage besonders geeignet sind lösbar ausgeführte Verbindungen mit einer in Füge- bzw. Löserichtung liegenden axialen Zugänglichkeit der Verbindung für ein Demontagewerkzeug.

Wie Abb. 20 auf Seite 67 zeigt, werden diese Forderungen von verschiedenen, heute bereits in größeren Stückzahlen demontierten Erzeugnissen in unterschiedlichem Maße bereits erfüllt. Dies gilt jedoch hauptsächlich für bestimmte Baugruppen der Kraftfahrzeug- und Elektroindustrie, bei denen Schraubenverbindungen überwiegen. Bei der Mehrzahl der künftig zu rezyklierenden Produkte sind noch erhebliche konstruktive Bemühungen notwendig, um der notwendigen Industrialisierung der Demontage die notwendige Basis zu verschaffen.

5.8 Die Kostenbalance zwischen Produktion, Gebrauch und Entsorgung

Die Kosten einer umweltgerechten Entsorgung durch weitestmögliches Recycling werden für viele technische Großserienprodukte bei einem Fortschreiten der Sensibilisierung für Umweltschutz in Öffentlichkeit und Fachwelt sehr bald respektable Größenordnungen an den Produkt- Gesamtkosten erreichen.

Eines der derzeit häufig zitierten Beispiele ist das inzwischen obligatorische Recycling von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) aus Kühlgeräten. Die Kosten hierfür betragen in der Landeshauptstadt Stuttgart im Jahre 1990 bereits 124,50 DM pro Gerät. Unabhängig von der Tatsache, daß sie derzeit noch von der öffentlichen Hand getragen werden, erreichen diese Recyclingkosten damit bereits 12,5 % der Produktgesamtkosten oder über ein Drittel der Produktionskosten einfacher Geräte (Abb. 21 auf Seite 69).

KOSTENANTEILE VON PRODUKTION, GEBRAUCH UND ENTSORGUNG
AN DEN PRODUKTGESAMTKOSTEN
VERSCHIEDENER GROSSERIENPRODUKTE

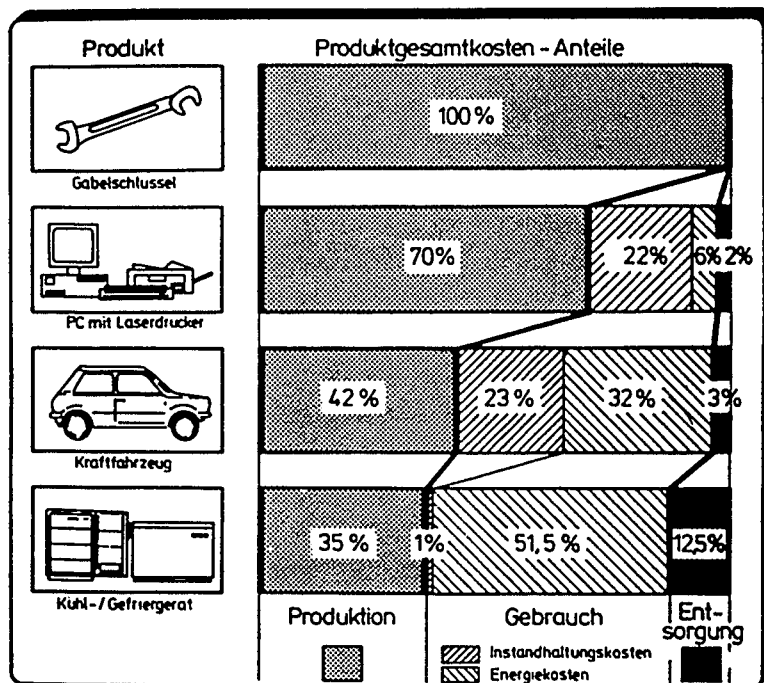


Abb. 21. Anteil der Entsorgungskosten an den Produktgesamtkosten

UNGLEICHGEWICHT DER KOSTENAUSWIRKUNGEN
VON KONSTRUKTIVEN VERÄNDERUNGEN AM PRODUKT

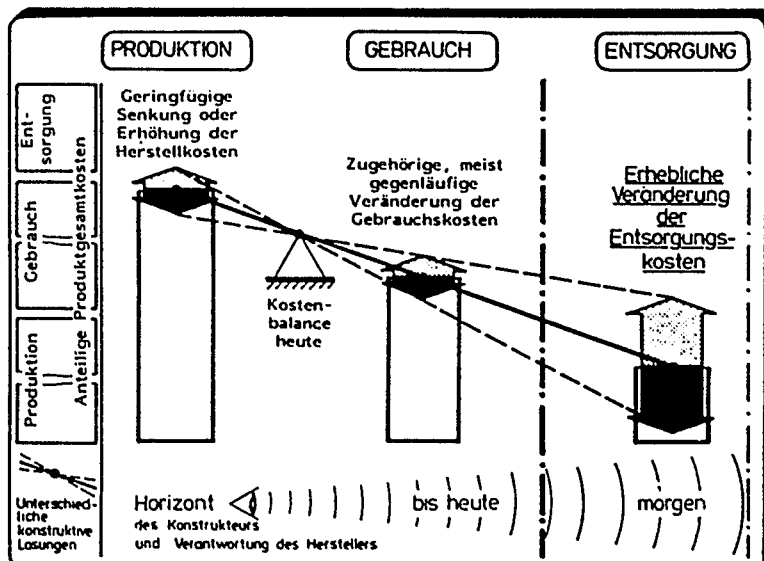


Abb. 22. Entwicklung der Kostenanteile aus Produktion, Gebrauch und Entsorgung

Weitere Beispiele sind die heute von verschiedenen EDV- Herstellern zu veranschlagenden Entsorgungskostenanteile für Personal Computer und Laserdrucker sowie ein schon in nächster Zukunft zu erwartender Entsorgungskostenanteil von zumindest 3 % bei Kraftfahrzeugen. Er wird anfallen, wenn die bereits bestehenden Probleme beim Recycling von Kraftfahrzeugen konsequent angegangen werden. Zukünftig müssen die z.T. polychlorierte Biphenyle (PCB) enthaltenden Betriebsflüssigkeiten aus Kraftfahrzeugen (Motoröl, Getriebeöl, Kühlflüssigkeit, Bremsflüssigkeit, Hydrauliköle etc.) vor dem Shreddern restlos entsorgt und gesondert rezykliert werden. Ähnliches gilt für die Demontage von Kunststoffanteilen vor dem Shreddern, für die erste Pilotuntersuchungen an verschiedenen europäischen Fahrzeugen einen Zeitbedarf zwischen 40 Minuten und mehreren Stunden je nach Fahrzeugklasse und Modelljahr erwarten lassen. Solche Recycling- und Demontageaufwände müssen zukünftig nicht nur durch konstruktive Maßnahmen verringert werden, sondern rechtfertigen auch Mehrkosten in der Produktion. Mit geringen Erhöhungen der Herstellkosten dürften dann nämlich erhebliche Verringerungen an Entsorgungskosten erzielbar sein (Abb. 22 auf Seite 69).

Herstellkostenerhöhungen werden heute bereits in Kauf genommen, um die beiden ersten Produktgesamtkosten- Bestandteile Produktions- und Gebrauchskosten möglichst gering zu halten. Geläufigstes Beispiel sind konstruktive Bemühungen zum Leichtbau etwa von Kraftfahrzeugen: Zwar steigen die Produktionskosten, doch machen Energieeinsparungen im späteren Betrieb und damit geringe Gebrauchskosten dies um ein Mehrfaches wieder wett. Es wäre deshalb kurzsichtig, vor allem auf niedrige Produktionskosten zu achten. Zukünftig muß davon ausgegangen werden, daß auch die Entsorgungskosten in die Gesamtrechnung mit einbezogen werden.

Derzeit ist es zwar noch so, daß der Hersteller Produktionskostenvorteile für sich verbuchen kann, während Gebrauchs- und Entsorgungskosten dem Anwender- bzw. letztere der Allgemeinheit entstehen. Allerdings denkt der Gesetzgeber über eine Änderung von § 14 des Abfallwirtschaftsgesetzes nach, der dem Hersteller eine Rücknahmeverpflichtung seiner Produkte und damit auch die Entsorgungskosten aufbürden würde.

5.9 Literatur

- /1/ VDI 2243 E:
Recyclingorientierte Gestaltung technischer Produkte.
- /2/ Steinhilper, R.:
Recycling in der Industrie - technisch und wirtschaftlich erfolgreicher
Umweltschutz.
FhG-Berichte 4/88, Umwelt II (1988), S. 5-9.
- /3/ Steinhilper, R.:
Produktrecycling im Maschinenbau.
Berlin u.a.: Springer, 1988. (IPA-IAO Forschung und Praxis).
- /4/ Steinhilper, R.:
Planung und Herstellung wirtschaftlich aufgearbeiteter Austauscherzeugnisse.
Bericht zum Vorprojekt. Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft RKW, Eschborn 1990.
- /5/ Weber, R.:
Mitteilung aus dem Institut für Kraftfahrwesen der Universität Hannover,
o.Prof. Dr.Ing.habil. R. Weber 1990.
- /6/ Beitz, W./Meyer, H.:
Konstruktionshilfen zur recyclingorientierten Produktgestaltung.
VDI-Z 124 (1982) 7; S. 255-267.
- /7/ Beitz, W.: Demontagefreundliche Schnappverbindungen.
VDI-Berichte 493, Düsseldorf; VDI-Verlag 1983.

6.0 Vorsorgeorientierter Umwelt- und Arbeitsschutz bei der Vermarktung von Produkten

Dr. Werner Hamann
Deutsche BP AG, Hamburg

Wer heute am Ende einer Produktentwicklung kurz vor der Markteinführung feststellt, daß es sich um einen Gefahrstoff nach Sicherheits-, Gesundheits- oder Umweltaspekten handelt, muß in den meisten Fällen von der Vermarktung Abstand nehmen, wenn er verantwortlich handeln will. Wenn man voraussetzt, daß Produkte aus Gründen des Bedarfs entwickelt werden, ist der Forscher und Entwickler gefordert, ein Ersatzprodukt zu entwickeln, das nach den vorliegenden wissenschaftlich gesicherten Erkenntnissen unbedenklicher ist. Nur in wenigen Fällen gibt es noch keine Alternativen für gefährliche Produkte bzw. werden Alternativen aus Wirtschaftlichkeitsgründen unzumutbar sein.

Die Alternative zu derartiger Fehlentwicklung ist ein Mehrstufen-Prüfprogramm für Produkte, Komponenten und Zusätze:

- Prüfung auf gesetzliche Anforderungen und interne Vorgaben
- Prüfung gemäß interner Richtlinien und Spezifikationen
- Prüfung auf denkbare und tatsächliche Gefährdungen im Langzeiteinsatz
- Prüfung möglicher Gefährdungen durch das gebrauchte Produkt.

Erst am Ende dieser Prüfkette kann die interne Freigabe mit speziellen Einsatzempfehlungen die Markteinführung des neuentwickelten Produktes ermöglichen. Zunächst sollen die einzelnen Prüfungen näher erläutert werden. Wichtig dabei ist auch, zu welchem Zeitpunkt sie stattfinden, um kostspielige technische Weiterentwicklung entweder zu unterlassen oder diese einzuleiten.

6.1 Prüfung auf gesetzliche Anforderungen und interne Vorgaben

a) In unserem Unternehmen gehört es zu den Aufgaben des Immissionschutzbeauftragten, per gesetzlichem Auftrag gemäß Bundes- Immissionsschutzgesetz - BImSchG § 54 -, bei der Entwicklung und Einführung umweltfreundlicher Verfahren und Erzeugnisse mitzuwirken, insbesondere durch Begutachtung der Verfahren und Erzeugnisse unter dem Gesichtspunkt der Umweltfreundlichkeit.

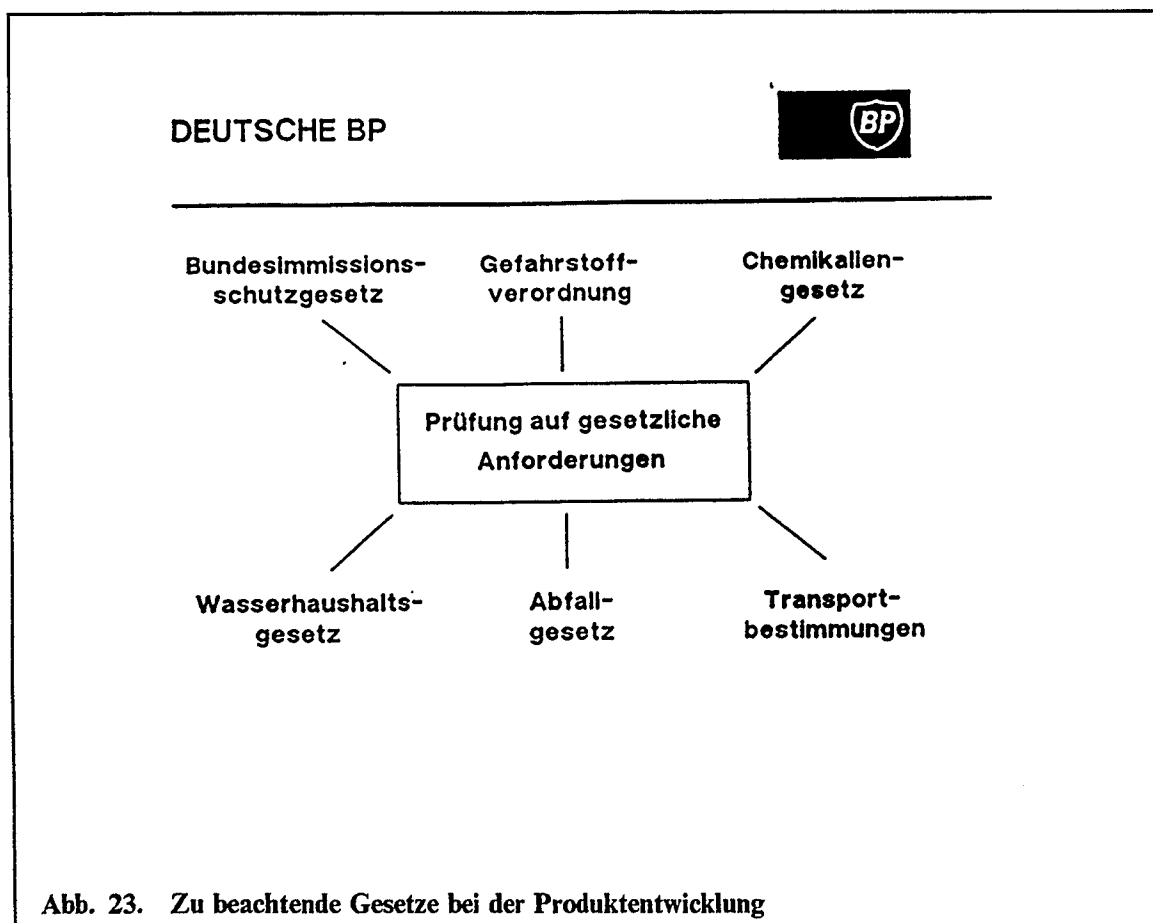
b) Die Gefahrstoffverordnung fordert vom Arbeitgeber eine Prüfung, ob Stoffe oder Zubereitungen mit einem geringeren gesundheitlichen Risiko erhältlich sind als die von ihm in Aussicht genommenen Gefahrstoffe. Ist ihm die Verwendung dieser Stoffe und

Zubereitungen zumutbar, soll er nur diese verwenden (Gefahrstoffverordnung, § 16 Ermittlungspflicht). Nach der gleichen Verordnung ist ein Verbot des Inverkehrbringens von Stoffen, Zubereitungen, Erzeugnissen mit mehr als 0,002 mg/kg TCDD erlassen.

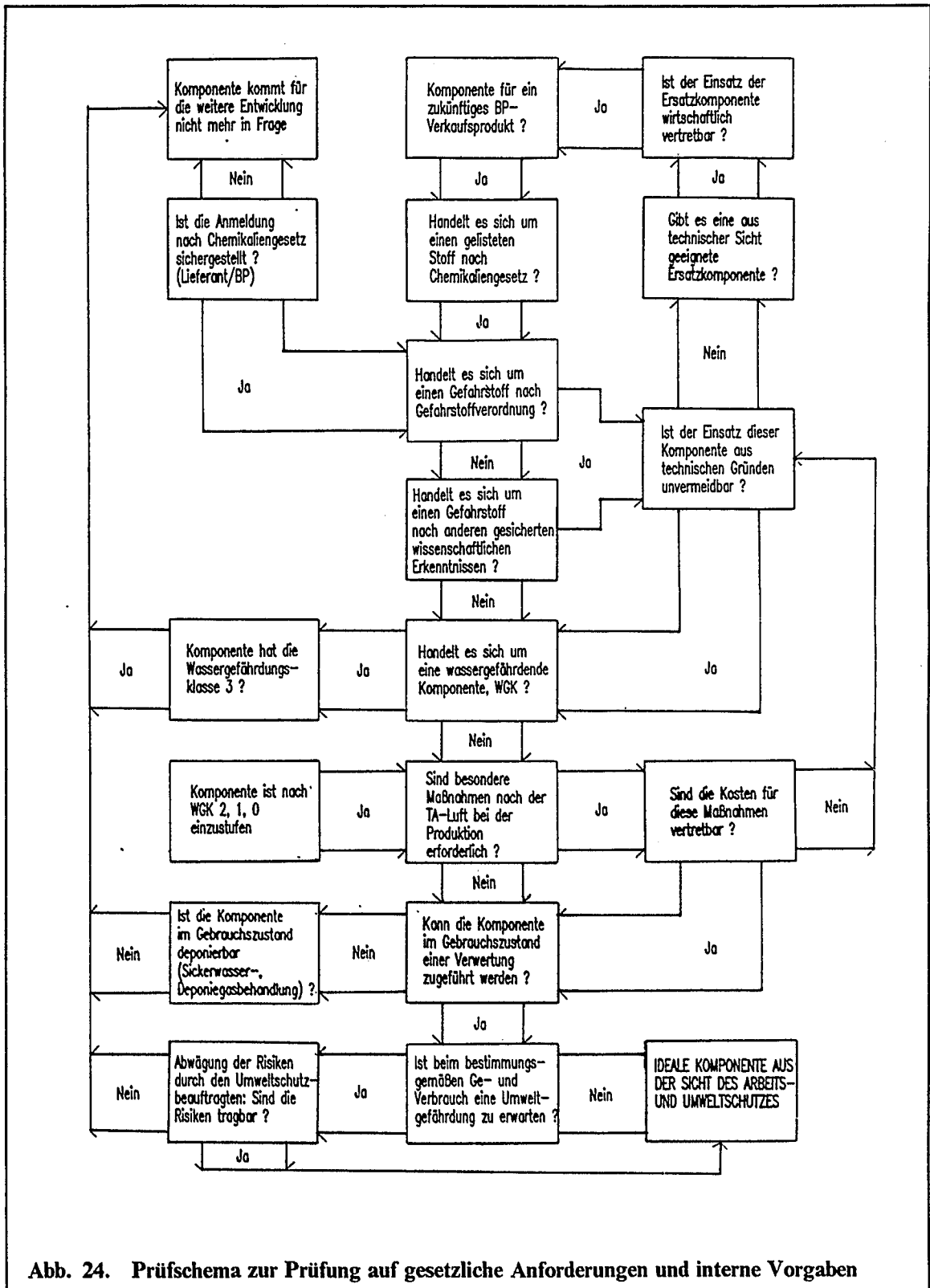
c) Im Wasserhaushaltsgesetz und dazugehörigen Verordnungen und Produkteinstufungen ist für Produkte der Wassergefährdungsklasse WGK 3 (stark wassergefährdende Stoffe) der Umgang, Umschlag und die Lagerung mit kostenintensiven Maßnahmen in den Betriebsstätten verbunden, daß derartige neue Produkte kaum mehr angeboten werden können.

d) Im Abfallgesetz ist die Abfallvermeidung und Abfallverwertung dergestalt angesprochen, daß Abfälle nach Möglichkeit zu vermeiden und - wenn sie anfallen - nach Möglichkeit zu verwerten sind. Allein diese Forderung muß sehr frühzeitig bei der Produktentwicklung berücksichtigt werden. Produkte, die im Gebrauchzustand als Sonderabfall deklariert werden müssen, haben keine Perspektive mehr, wenn es Alternativen gibt.

Allein die Prüfung auf diese beispielhaft genannten gesetzlichen Anforderungen (Abb. 23) haben in unserem Unternehmen dazu geführt, daß bereits bei der Vorstellung von neuen Produkten, Komponenten, Zusätzen für Produkte diese erste Prüfung auf gesetzliche und eigene Anforderungen durchzuführen ist.



Das folgende Ablaufschema dient den Entwicklern von Produkten als Prüfschema:

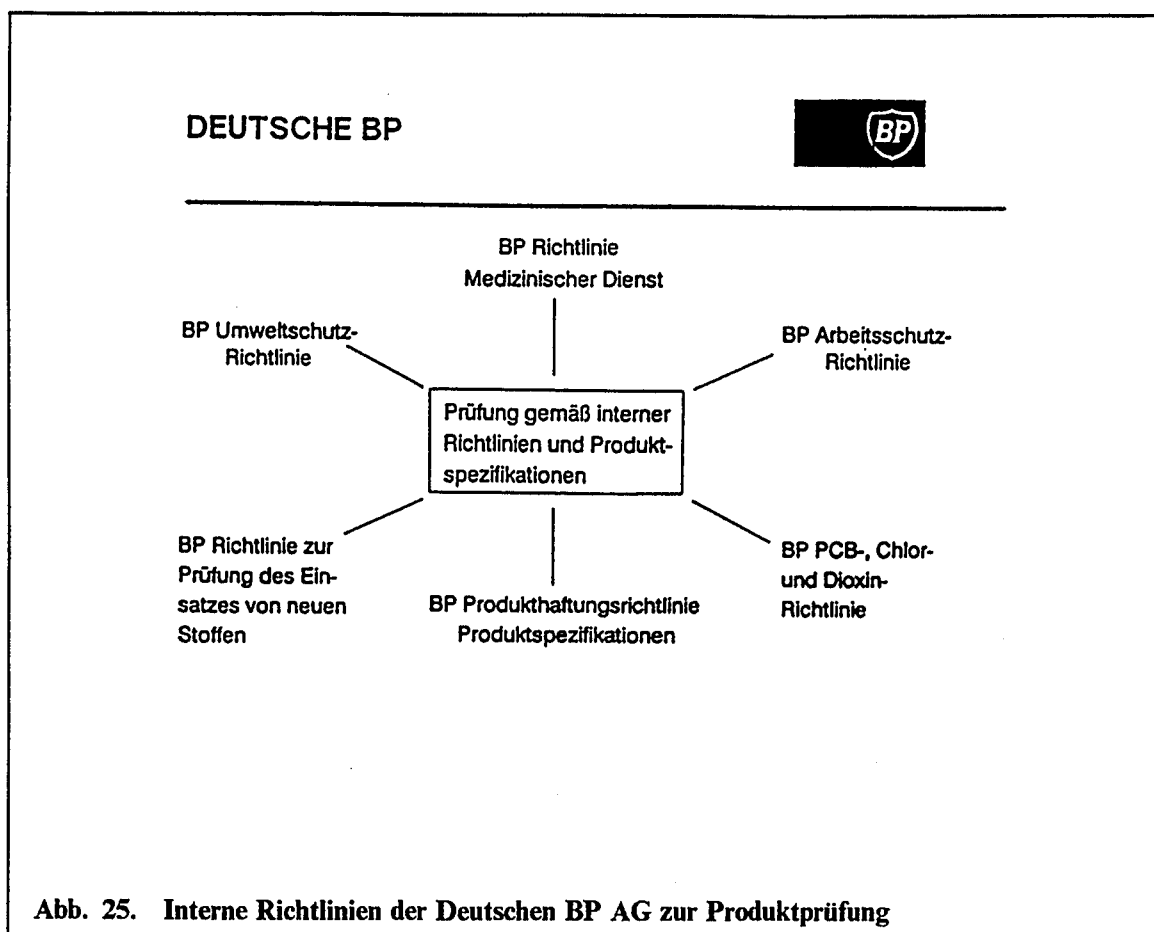


6.2 Prüfung gemäß interner Richtlinien und Produktspezifikationen

Die internen Richtlinien der Deutschen BP AG und ihrer Tochtergesellschaften (Abb. 25 auf Seite 77) gehen über den gesetzlichen Rahmen hinaus um sicherzustellen, daß zugekaufte und verkaufte Produkte keine unliebsamen Überraschungen verursachen.

- **BP Umweltschutzrichtlinie**
In dieser Richtlinie wird festgelegt, wer die Zuständigkeit für die Überprüfung von Produktzusammensetzungen hat.
"Die Überprüfung der Produktzusammensetzung im Hinblick auf die Produktsicherheit (Sicherheits-, Umwelt- und Gesundheitsaspekte) erfolgt in den Vertriebsgesellschaften nach Abstimmung mit der zentralen Koordination für Arbeitsschutz und Umweltschutz. Bei Einsatz von neuen Komponenten für Produkte ist eine Begutachtung und Empfehlung für den Einsatz bei der zentralen Koordination einzuholen."
- **BP Arbeitsschutzrichtlinie**
Die Arbeitsschutzrichtlinie erfordert in bezug auf Produkte eine Einstufung nach Gefahrenpotentialen und die Erstellung von Sicherheitshinweisblättern, die als Grundlage für die Unterweisung für den sicheren Umgang mit Produkten dienen. Diese Unterlage hat vor Aufnahme der Produktion vorzuliegen.
- **Richtlinie zur Prüfung des Einsatzes von neuen Stoffen**
Für zugekaufte Produkte müssen zu einem sehr frühen Zeitpunkt Unterlagen des Herstellers, Sicherheits-, Gesundheits- und Umweltaspekte betreffend, vorliegen. Dies kann in Form von Sicherheitsdatenblättern und darüber hinausgehenden Informationen zur Produktzusammensetzung und vorliegenden Begutachtungen des Herstellers geschehen.
- **PCB- und Chlor-Richtlinie**
In dieser Richtlinie zum Umweltschutz und zur Anlagensicherheit wurden für das Gesamtunternehmen Grenzwerte für die PCB- und Chlorfreiheit von Produkten vorgegeben. Die Umsetzung dieser Forderungen in Zukaufsverträgen ist durchzusetzen.
- **Produkthaftungs-Richtlinie, Produktspezifikationen**
Die gesetzlich erforderlichen Prüfungen von Produkteigenschaften bei allen Produktgruppen sowie die von der Koordination Umweltschutz vorgegebenen weiteren einzuhaltenden Grenzwerte und ihre Überprüfung beim Produkteinkauf, in der Produktion und Qualitätssicherung sowie beim Produktverkauf sind in einer umfangreichen Produkthaftungs-Richtlinie in Verbindung mit Produktspezifikationen festgeschrieben. Die vorzunehmende Kontrollanalytik und Kontrolldichte ist regelmäßig aufgrund der Ausfalldaten neu festzulegen. Die Anwendung dieser Richtlinien erfolgt nach Aufnahme der Zu- und Ablieferungen von Produkten.

Die Aufzählung der internen Richtlinien ist natürlich nur beispielhaft und bei weitem nicht vollständig. Die Prüfung gemäß interner Richtlinien und Produktspezifikationen ist der Prüfschritt mit dem größten Arbeitsaufwand.



6.3 Prüfung auf denkbare und tatsächliche Gefährdungen im Langzeiteinsatz

Eine Abschätzung dieser Risiken kann durch Umweltschutz- Analytik während der Endphase der Erprobung von Produkten, z.B. bei Kraftstoffen und Motorölen, erfolgen. Gegebenenfalls ist in ad hoc-Programmen bei Verdachtsmomenten ein Untersuchungsprogramm abzuwickeln (z.B. spezielles Emissionsverhalten von Kraftstoffkomponenten durch Motorenteste im Prüfstandsprogramm).

Voraussetzung für Zusatzprüfungen ist in unserem Unternehmen das Vorhalten entsprechender Projekte und Projektstunden im Umweltschutz.

6.4 Prüfung möglicher Gefährdungen durch das gebrauchte Produkt

Auch hier sind analytische Untersuchungen von gebrauchten Produkten während und nach der Erprobung zur Zusammensetzung notwendig, um eine Abschätzung der möglichen Zusatzrisiken durch entstandene Reaktionsprodukte (z.B. polycyclische Aromaten bei gebrauchten Motorenölen, Chloranreicherung usw.) vornehmen zu können.

Nicht immer können alle Gefährdungen beim Langzeiteinsatz und durch den Gebrauchzustand vor der Vermarktung mit 100 %iger Sicherheit abgeklärt sein. Die Verfolgung des Gebrauchzustandes, z.B. während des Langzeiteinsatzes, ist eine weitere Prüfung zur Gesamtumweltverträglichkeit, die durch eine zentrale Stelle (ZM) vorzunehmen ist.

Am Ende dieser vier beschriebenen Prüfungen (Assessments) erfolgt eine schriftliche Freigabe von Produkten, Komponenten, Zusätzen mit Empfehlungen für den Einsatz und die Beschreibung der Sicherheits-, Gesundheits- und Umweltaspekte für externe Zwecke.

Durch dieses Verfahren zur Überprüfung der Sicherheits- und Gesundheitsaspekte sowie der Umweltverträglichkeit soll sichergestellt werden, daß wir im Rahmen unserer Produktpalette alles getan haben, um auf deren Umweltfreundlichkeit hinzuwirken, denn

“Die Verantwortung eines Unternehmens zeigt sich nicht mehr nur in der Qualität seiner Produkte und Dienstleistungen, sondern auch in der Qualität seines Umweltbewußtseins”.

7.0 "Strategie eines umweltorientierten Unternehmenskonzeptes"

H. Rhotert

Unternehmensbevollmächtigter für Umweltschutz
IBM Deutschland GmbH, Stuttgart

- Der als Folge der Vollendung des EG Binnenmarktes 1993 projizierte Wachstumsschub in Verbindung mit den Entwicklungen in Osteuropa macht es erforderlich - für alle Unternehmen - der Aufgabe Umweltschutz erheblich mehr Aufmerksamkeit zu widmen. Nicht nur finanzielle Mittel und Technik sind gefragt, sondern vor allem Management, Know-How, Organisation und systematisches, zielorientiertes Vorgehen.
- Mehr als je gilt vor diesem Hintergrund die Feststellung "Umweltschutz ist Chefsache". Die entscheidenden Impulse müssen von oben kommen. Der Erfolg muß unternehmerisch gewollt sein.
D. H. als *Unternehmensgrundsatz* etabliert sein.
 - Strategische und operationale Zielsetzung umfassen nicht nur den unmittelbaren Umweltschutz, sondern darüber hinaus sparsame Ressourcenverwendung, Recycling, Abfallminderung.
 - Ziele müssen in die *Unternehmensplanung* integriert sein: quantitativ z. B. als angestrebte Grenzwerte für Emissionen, Einschränkung des Gebrauchs bestimmter Materialien etc., finanziell in Form von Investitionen, Kosten, Preisen.
- Verantwortlich für Erreichung der Ziele ist die *Linie*, nicht der Stab.
- Sicherstellung der Einhaltung durch entsprechende Stabsfunktionen (Umweltbeauftragter) mit Sachkompetenz vor Ort.
- Die Transparenz des Managementssystems sollte durch entsprechende Grundsätze, Richtlinien gewährleistet sein (neben dem, was der Gesetzgeber fordert - BImSchG, WHG, AbfG).
- Im täglichen Betrieb wird die Erreichung der Zielsetzung durch Planvorgaben auf unterer Ebene (Kostenstelle, Fertigungslinie, Produkt) sichergestellt (Top-down/bottom-up Prinzip). Auch hier ist das jeweils zuständige Management (Abteilungsleiter, Bereichsleiter, etc.) für die Erreichung der Planziele verantwortlich.
- In der Regel ist es mit der Vergabe von Zielen nicht getan. Werkzeuge, die bei der Zielerreichung helfen, müssen entwickelt werden.
Bei der IBM hat sich das Werkzeug der "Umweltverträglichkeitsprüfung" (EIA Environmental Impact Assessment) bewährt. Es wird für Produktionsprozesse, Produkte und Gebäude verwendet und verlangt eine genaue Analyse möglicher auf die Umwelt ausgehender Wirkungen.

Anhand des EIA können frühzeitig (also kostengünstig), d.h. noch im Entwicklungsstadium, Korrekturen vorgenommen werden, um unerwünschte Wirkungen zu minimieren bzw. auszuschalten.

Das Umweltmanagement- und Informationssystem wird komplettiert durch geeignete Meß- und Kontrollprozeduren technischer Art (Prozesskontrolle und -überwachung) und administrativer Art (Umwelt Controlling, Umwelt Auditing). Regelmäßige Informationsberichte und Meetings, jährlicher Gesamtbericht, stellen kontinuierliche Aufmerksamkeit beim Management sicher. Dabei werden Unfälle oder Abweichungen vom Soll-Zustand in *jedem* Fall sofort an die Geschäftsführung gemeldet (incident reporting).

- In das Umweltmanagement- und Kontrollsystem sind Lieferanten einbezogen, insbesondere, wenn nach IBM Spezifikation gefertigt wird und bei nach Unterlieferanten verlagerten Produktionsprozessen.

Der Einkauf ist dafür verantwortlich, möglichst umweltfreundliche Waren und Dienstleistungen zu beschaffen. Das gilt im weiteren Sinne auch für die Beschaffung von Räumlichkeiten, sei es Miete oder Eigenbau.

- Der gezielte Einsatz der Datenverarbeitung ist für ein erfolgreiches Umweltmanagement unerlässlich (Messen, Regeln, Kontrollieren, Daten erfassen und verdichten, Analysieren, Berichte, Statistiken).
- Umweltschutzinvestitionen sind nicht nur Aufwand, sondern sie bieten vielfache Möglichkeiten, Kosten zu senken (Recycling, Abfallvermeidung, Substitution). Insbesondere im Entsorgungsbereich ist mit dramatischen Kostenerhöhungen zu rechnen. Rechtzeitige Lösungen/Investitionen machen sich bezahlt.
- An die Politik muß die Forderung gestellt werden: "soviel marktorientierte Instrumente zur Durchsetzung von Umweltschutzziele wie möglich, soviel Ordnungspolitik wie nötig". Das erfordert aktive Umweltpolitik und konstruktive Mitarbeit der Unternehmen.

8.0 Zusammenfassende Darstellung der Diskussionen zu den einzelnen Vorträgen

Dipl.-Geogr. W. Hirtz Dipl.-Wirt.-Ing. W. Huber
Forschungszentrum Jülich (KFA)
Programmgruppe Systemforschung und technologische Entwicklung (STE)

8.1 Ansätze zur Umweltvorsorgeprüfung

Zu den bestehenden Ansätzen der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) bei Programmen und Plänen in der Europäischen Gemeinschaft wurde als zentrales Ergebnis ausgeführt, daß es EG - weit keine Erfahrungen im Bereich von F&E - Vorhaben gibt, die einer UVP entsprechen würden. In keinem der Mitgliedsländer ist ein geregeltes, eigenständiges UVP - Verfahren für Politiken, Pläne oder Programme vorhanden. Zur Zeit wird ein Arbeitspapier hierzu von der EG erarbeitet, die Diskussion steht aber noch am Anfang. Außerhalb der EG ist z.B. der Schweizerische Wissenschaftsrat an einer Umweltvorsorgeprüfung interessiert, da die bestehenden Instrumentarien der UVP als nicht voll ausreichend angesehen werden.

Bei den Darstellungs-, Aggregations- und Bewertungsmethoden wurden zwei Ansätze vorgestellt. Der erste Ansatz geht dabei, wie vom Sachverständigenrat für Umweltfragen gefordert, von dem Prinzip der Ökobilanzen aus, wobei in diesem stoffbezogenen Ansatz nur Faktoren erfaßt werden, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der Umweltverträglichkeit stehen. Aufgrund der Anwendung des Modells am Beispiel der Abfallwirtschaft wird deutlich, daß es dann sinnvoll eingesetzt werden kann, wenn die wichtigsten Stoffe, die in die Umwelt gelangen, untersucht sind. Desweiteren können auch synergistische Wirkungen - soweit bekannt - berücksichtigt werden. Einen quantitativen Vergleich erlaubt die Methode nur, wenn die gleichen Stoffe frei werden und die einzelnen Faktoren (z.B. Toxizitätsfaktor) bekannt sind. Ansonsten ist eine Aussage nur möglich, wenn große Unterschiede im Summenwert (als Bewertungsgrundlage) auftreten. Insbesondere im Bereich der Aggregation von Daten sowie bei der abschließenden Bewertung sind wichtige Ansätze vorhanden, die dem umweltvorsorgenden Gedanken gerecht werden und für einen Einsatz bei der Umweltvorsorgeprüfung dienen können. Zur Bewertung werden wissenschaftlich ermittelte, dem Stand des Wissens angepaßte Faktoren herangezogen.

Wie bei allen Bewertungsmodellen ist eine ausreichende Datenbasis eine notwendige Voraussetzung für einen sinnvollen Alternativenvergleich, da ansonsten nur ein unvollkommenes Gesamtbild entsteht. Bei bereits bekannten Techniken dürften diese Voraussetzungen vorhanden sein, da hier aufgrund der vorhandenen Untersuchungen zumindest für die wichtigsten Stoffe eine Beurteilung möglich ist. Dies sind in der Regel

solche, die in großer Menge emittiert werden oder von denen ein großes Gefährdungspotential ausgeht. In der Abfallwirtschaft, für das das Gebler'sche Modell entwickelt wurde, dürften die wichtigsten Stoffe (ca. 500) ausreichend untersucht sein.

Zur Bewertung werden nicht subjektiv beeinflussbare Kriterien herangezogen, sondern solche, die (öko)-toxikologisch begründbar sind. Dabei können bekannte synergistische Wirkungen in den allgemeinen Verfahrensablauf problemlos eingebaut werden. Dies stellt einen großen Vorteil gegenüber Bewertungsverfahren dar, die neben wissenschaftlich fundierten Werten auch politisch motivierte Werte (z.B. Grenzwerte, Leitwerte) verwenden.

Ein noch nicht gelöstes Problem ist die Beurteilung von Stoffen, die nicht toxisch sind, aber indirekt, wie z.B. Kohlendioxid oder die Fluorchlorkohlenwasserstoffe, auf Ökosysteme wirken.

Die Bewertung kann nie für sich alleine stehen, sondern es werden geeignete Alternativen miteinander verglichen. Da beim Vergleich unterschiedlicher Stoffe i.d.R. nicht alle Faktoren in gleicher Weise bekannt sein werden, ist die Aussagekraft eingeschränkt und nur dann möglich, wenn große Unterschiede im Summenwert (Toxizitätsäquivalente) auftreten.

Der zweite Ansatz geht bei der Aggregation der Daten von mindestens 16 Einflußgrößen aus, denen Kennziffern zugeordnet werden. Dieses minimale Kennziffernprogramm kann auf rd. 80 Einflußgrößen ausgedehnt werden. Die Wichtung der Kennziffern ist entsprechend den jeweiligen Bedingungen am vorgesehenen Standort aufgrund der spezifischen ökologischen, sozialen und strukturellen Voraussetzungen in jedem Falle separat zu ermitteln. Sie wird ausgangs von einer Expertengruppe aus Wirtschaftlern, Technologen und Ökologen vorgenommen, die Mindestanzahl für eine objektive Grundsatzentscheidung liegt bei sechs Personen (2:2:2).

Die fallspezifische Bedeutung jeder Kennziffer wird mit ihrer Wertung multipliziert. Eine Summierung liefert danach den Erreichungsgrad, d.h. in welchem Maße das vorgesehene Verfahren zur Herstellung eines Erzeugnisses dem Idealfall (100% des Kriteriums erfüllt) des sog. Bestwertverfahrens nahekommt.

Aus den bisher gesammelten Erfahrungen ist der hohe Zeitbedarf für die Datengewinnung bei der Kennzifferbestimmung sowie die Charakterisierung des Bestwertverfahrens festzuhalten. Dabei kann das aufwendige Expertengremium sowie die Grunddaten für die Aggregation und Beurteilung - für bestimmte Fälle - durch ein Beratersystem mit einer aus Experten- und Nichtexpertenwissen strukturierten Wissensbasis ersetzt werden. Bei der Aggregation von Daten und der abschließenden Bewertung werden vielfältige Einflußgrößen zu beachten sein. Dabei sind ebenfalls die spezifischen ökologischen, sozialen und strukturellen Probleme zu berücksichtigen.

Die gleichzeitige Behandlung von Kosten-Nutzen-Aspekten wurde in der Diskussion im Hinblick auf die Zielsetzung der Umweltvorsorge als kritisch angesehen; insbesondere deswegen, weil das Zustandekommen der Gewichtungsfaktoren nur schwer nachvollziehbar ist und die Gewichtungsfaktoren von den Entscheidungsträgern nicht beeinflussbar sind.

Mit dem dritten vorgestellten Ansatz soll sichergestellt werden, daß bei der Förderung von Technologieprojekten die Wirkungen auf Mensch und Umwelt möglichst frühzeitig erkannt und berücksichtigt werden. In einem ersten Schritt soll nach diesem Verfahren die Notwendigkeit und anschließend Inhalt und Prüfungstiefe einer Untersuchung festgelegt werden. Hierzu wurde ein Verfahren zur Prüfung der Umwelterheblichkeit von Stoffen entwickelt und vorgestellt.

In der Diskussion wurden folgende Punkte angesprochen:

Die Mengenangaben, ab wann eine Umweltrelevanz von Stoffen beginnt, wird aus pragmatischen Gründen dem Chemikaliengesetz angepaßt. Eine Berücksichtigung von Stoffen, die < 5 t kumulativ in die Umwelt gelangen, ist nur bei sehr hoher Toxizität nötig. Eine erste Prüfung ist zwar aufgrund des neuen Chemikaliengesetzes bereits ab 500 kg möglich, die Gefährdung und Datengrundlage zur vorsorgenden Beurteilung erscheinen jedoch bei dieser Menge - bis auf o.g. Ausnahme - gering.

Ein Problem stellt die Ermittlung der Persistenz von Stoffen dar, da die entsprechenden Daten oft fehlen. Gerade in der japanischen Umweltschutzgesetzgebung werden aber die Persistenz und der Verbleib von Stoffen in der Umwelt prioritär behandelt, so daß es nur eine Frage der Zeit ist, bis diese Daten zur Verfügung stehen. Auch beabsichtigt z.B. die Chemische Industrie, vorhandene Chemikaliendaten verstärkt der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Ebenfalls wird mit der Umsetzung der EG-Richtlinie 90/313/EWG vom 23.06.1990 über den freien Zugang zu Informationen über die Umwelt das Problem der Datenbeschaffung verringert.

Ein weiterer Denkansatz ist der, daß bei persistenten Stoffen der Bioakkumulationsfaktor schon z.T. im Persistenzfaktor enthalten ist, wodurch sich evtl. die Bewertung leicht verschiebt. Dieser Ansatz ist in der Umweltvorsorgeprüfung durch die Klassifizierung der Stoffe in gering, mäßig und hoch persistent z.T. aufgehoben. Bei der Einstufung als hoch persistent wird das Akkumulationsvermögen nicht überprüft, jedoch bei mäßig persistenten Stoffen, da diese dadurch "entlastet" werden können. Bei gering persistenten Stoffen kann auch eine Akkumulation erfolgen, dies ist aber eher auf Ausnahmen beschränkt und wird über die Akkumulation in Biota erfaßt. Eine Expositionsanalyse kann das Modell nicht leisten.

Der Zeithorizont für die Abschätzung der Folgen auf die Umwelt sollte auf einen kurzen Zeitraum von ca. 5 Jahren beschränkt bleiben, da bei den vorhandenen Unsicherheiten eine längerfristige sichere Prognose (z.B. bis ca. 20 Jahre) nur bei gleichbleibenden Voraussetzungen möglich ist. Ändern sich die Voraussetzungen, soll eine den Veränderungen angepaßte Untersuchung einsetzen.

Die Frage der Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Umweltvorsorgeprüfung wurde kontrovers diskutiert. Einerseits wird die Öffentlichkeitsbeteiligung als unverzichtbar angesehen, andererseits wird eine Behinderung der F&E- Arbeiten befürchtet, was zur Folge haben könnte, daß die Aktivitäten der Umweltvorsorgeprüfung von den F&E- Organisationseinheiten abgelehnt werden. Dieselben Befürchtungen wurden geäußert, wenn die Ergebnisse der Umweltvorsorge einer Umweltbehörde vorgelegt werden müßten. Übereinstimmend wurde festgestellt, daß eine Informationspflicht der Ergebnisse sowie eine detaillierte Begründung (Prüfungsbericht) zweckmäßig sei.

Die Ausgestaltung des Prüfablaufes zur Umweltvorsorge ist so zu gestalten, daß eine Behinderung der F&E-Arbeiten vermieden wird, z.B. durch Integration der Prüfungsaktivitäten in einem Forschungsvorhaben.

Als Beurteilungsgrundlage für abgeschätzte Stoffkonzentrationen in der Umwelt wurde angeregt, die sensibelsten Bereiche (Kompartimente, Spezies) heranzuziehen, da ein konkreter Raumbezug in der F&E-Phase noch nicht gegeben ist und damit dem Gedanken der Umweltvorsorge eher gerecht werden kann.

Bei der Beschaffung von Daten müssen auch die Stoffe bekannt sein. Die in einem Forschungsvorhaben untersuchten und beteiligten Stoffe sind trotz der Innovation meist bekannte (Schad-)stoffe, da diese auch bei veränderten Techniken eingesetzt werden und können somit einer Beurteilung unterzogen werden. Die fehlenden Stoffdaten sind jedoch aufwendig zu erheben, sofern eine Umweltrelevanz vermutet wird.

In einer abschließenden Diskussionsrunde wurde der Vorschlag unterbreitet, durch die Verwendung möglichst unterschiedlicher Methoden den Gültigkeitsbereich der damit erstellten Aussagen einzugrenzen.

8.2 Anforderung an die Umweltvorsorgeprüfung aus der Sicht des F&E-Managements

Die bis jetzt gemachten Erfahrungen vorsorgeorientierter und umweltgerechter Forschung wurden an drei Beispielen aufgezeigt. Jede Firma hat ein eigenes Verfahren entwickelt, umweltvorsorgend zu handeln, wobei Grundlage die gesetzlichen Auflagen darstellen. Darauf aufbauend werden dann weitergehende interne Richtlinien entworfen, um bestimmte Stoffgruppen oder z.B. um denkbare oder tatsächliche Gefährdungen im Langzeitbereich zu erfassen. Insbesondere Langzeitfolgen werden somit stärker als bisher berücksichtigt. Dies gilt auch für die Prüfung möglicher Folgen durch gebrauchte Produkte.

Die gesetzlichen Auflagen werden bereits frühzeitig und vorgelagert bei der Entwicklung von Stoffen oder Techniken geprüft, um kostspielige Fehlentwicklungen zu vermeiden.

Dabei werden auch die Lieferanten einbezogen, die die internen Richtlinien anwenden müssen oder Auflagen erhalten, so daß über die gesamte Produktionskette eine Kontrolle der verwendeten Materialien möglich wird. Die Vorgaben der internen Richtlinien liegen dabei teilweise bei nur 10 % des gesetzlichen Grenzwertes.

Die Anwendung von vorsorgeorientierten Richtlinien findet dort ihre Grenze, wo die Analytik nicht ausreicht. Um dennoch in dieser Richtung voranzukommen werden Analysemethoden entwickelt, die die Stoffe identifizieren und eine toxikologische Prüfung bzw. Verbesserung von Produkten ermöglichen.

Aber auch im Bereich der Vermeidung von Stoffflüssen in die Umwelt wurde deutlich, daß die technische Entwicklung in Richtung auf recyclinggerechtes Gestalten von Produkten gehen muß. Hierzu liegt zwischenzeitlich die VDI-Richtlinie 2243 : 'Recyclingorientierte Gestaltung technischer Produkte' vor. Um diese erfolgreich umzusetzen, wurden Ergänzungen zur derzeitigen Produktionsstruktur gefordert. Beispiele hierzu sind z.B. Demontagefabriken für Produkte, z.B. PKW und verstärkte Bemühungen zur Wiederverwendung, z.B. bei Spezialwerkzeugen oder beim Motorrecycling. Für Elektronikschrott konnte im Jahre 1989 in einem Versuchsbetrieb ca. 85 % der eingesetzten Materialien wiederverwertet werden. Durch entsprechende Konzeption neuer Geräte könnten bis zu 99% recycelt werden.

Bei welchem Prozentsatz das ökologische und/oder das ökonomische Optimum liegt, ist abhängig vom jeweiligen Recyclingverfahren und nur im Einzelfall durch Detailbetrachtungen zu klären.

Für Produkte oder Produktteile, die noch nicht recycelt werden können, soll nach der Demontage in die einzelnen Fraktionen eine Ablagerung auf Monodeponien erfolgen. Dadurch können die Fraktionen zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgearbeitet werden, so daß eine nachträgliche Reduzierung, z.B. der jährlich anfallenden ca. 1 Mrd. t Sondermüll (Stand 1988), erfolgen könnte und so neuer Deponieraum geschaffen wird.

Bei den einzelnen Verfahrensschritten wird versucht, das Entstehen von Emissionen durch den Austausch von umweltrelevanten Stoffen durch weniger relevante Stoffe oder die Umstellung auf emissionsarme Techniken zu verhindern oder zu mindern. Erst als letzter Schritt sollen die heute meist eingesetzten nachgeschalteten Umweltschutzmaßnahmen (z.B. Filter, Neutralisierung, Verbrennung) eingesetzt werden.

Der Verbraucher sollte bei den Prozessen der Techniksteuerung beteiligt werden. Dies kann nur über das Verbraucherverhalten geschehen, was als problematisch anzusehen ist. Deshalb wurde als Möglichkeit gesehen, den Gesetzgeber aufzufordern, die entsprechenden Direktiven zu entwickeln. Als Beispiel wurde das Chlorkohlenwasserstoff (CKW)-Verbot genannt.

Die vorgestellten Verfahren stellen für die o.g. Techniken mögliche Verfahren dar, um zu einem objektiven Vergleich der Handlungsoptionen zu gelangen. Es muß jedoch deutlich gemacht werden, wie die Aggregation der Daten erfolgt ist und ob es sich bei der abschließenden Bewertung um eine auf einen Bereich konzentrierte oder multifunktionale Bewertung handelt. Letztendlich kann durch die vorgestellten Verfahren neben der Optimierung der Arbeitsprozesse (durch Erfassung der Stoffströme) der Einfluß auf die Umwelt mit erfaßt werden.

Konsens bestand darüber, daß die Optimierung nicht an der Werkgrenze halt machen darf, sondern daß die Betrachtung sowohl auf die Vorprodukte als auch auf die Nutzung (Produkthaftpflicht) und die Entsorgung des Produktes ausgedehnt werden müsse. Diese Anforderungen würden auch durch ökonomische Faktoren (z.B. steigende Entsorgungskosten bei Sondermüll) zukünftig verstärkt ins Blickfeld treten. Als hilfreich für die Entscheidungsvorbereitung wurden Verfahrens- und Stoffvergleiche betrachtet. Gewarnt wurde vor dem Versuch, umfassende Ökobilanzen durchzuführen, wegen den damit verbundenen hohen Zeit- und Kostenaufwendungen. Die bisherigen Arbeiten haben zu Energie- und Materialeinsparungen geführt. Die unterschiedlichen Toxizitäten

der mehr oder weniger verwendeten Stoffe hatten bei der Beurteilung der Alternativen bisher nur eine untergeordnete Rolle gespielt. Neben neuen konstruktiven Anforderungen an Produkte, wie leichte Demontierbarkeit, Reparaturfreundlichkeit, Wiederverwendbarkeit stellt daher zukünftig die "richtige Stoff- bzw. Materialwahl" - oft mit dem Schlagwort Entgiftung der Produkte bezeichnet - sowohl methodisch als auch in der praktischen Umsetzung eine Herausforderung der kommenden Jahre dar.

Anhang A. Teilnehmerliste

Frau Albrecht-Lohmar	Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), Referat 426 Technikfolgenabschätzung und Zukunftsaufgaben Heinemannstr.2, 5300 Bonn 2
MinR Dr. N. Binder	Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), Referat 426 Technikfolgenabschätzung und Zukunftsaufgaben Heinemannstr.2, 5300 Bonn 2
Frau Dr. J. Braun	Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), Referat 522 Ökologische Forschung Heinemannstr.2, 5300 Bonn 2
Prof. Dr. G. Busch	Technische Universität Dresden, Institut für Umweltverfahrenstechnik und Thermische Verfahrenstechnik Mommssenstr.13, O-8027 Dresden
Prof. Dr. G. Fleischer	Technische Universität Berlin, Fachgebiet Abfallwirtschaft Straße des 17. Juni 135, 1000 Berlin 12
Dr.-Ing. W. Gebler	Arlesried, Erkheimer Str. 11, 8941 Erkheim
Dipl.-Ing. G. Hagedorn	Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) Am Blütenanger 71, 8000 München 50
Dr. W. Hamann	Deutsche BP AG Überseering 2, 2000 Hamburg 60
Dipl.-Ing. U. Hantzsch	Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) Postfach 1913, 5170 Jülich
Dipl.-Geogr. W. Hirtz	Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) Postfach 1913, 5170 Jülich
Dipl.-Wirt.Ing. W. Huber	Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) Postfach 1913, 5170 Jülich
Dipl.-Ing. J. Jörissen	Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Abteilung für Angewandte Systemanalyse (AFAS) Weberstr. 5, 7500 Karlsruhe

Dr. G. Kolb	Forschungszentrum Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) Postfach 1913, 5170 Jülich
Frau A. Looß	Büro für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages (TAB) Rheinweg 121, 5300 Bonn 1
Dr. Barbara Luber	Holinger AG St. Verenastr. 7, CH-5401 Baden, Schweiz
Dipl.-Ing. K. Redecker	Ruhrkohle Oel und Gas Gleiwitzerplatz 3, 4250 Bottrop
Herrn H. Rhotert	Umweltschutzbevollmächtigter IBM Deutschland GmbH Postfach 800880, 7000 Stuttgart 80
Prof. Dr. R. Schwarz	Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung G.m.b.H. Reichspietschufer 50, 1000 Berlin 30
Dr. R. Steinhilper	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) Nobelstr. 12, 7000 Stuttgart 80
Dr. D. Sturm	Büro für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages (TAB) Rheinweg 121, 5300 Bonn 1
Dipl.-Volksw. D. Wagner	Stadt- und Regionalplanung Büro Dr. Jansen 5000 Köln
Herrn M. Weiss	Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., Projektträgerschaft Umweltsystemforschung PT-AUG (USF) Südstr. 125, 5300 Bonn 2
Dipl.-Ing. K. Wollin	Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT), Referat 312 Erneuerbare Energien Heinemannstr.2, 5300 Bonn 2
Dr. J. Wotte	Technische Universität Dresden, Lehrstuhl für Umweltschutz Mommensenstr.13, O-8027 Dresden

Berichtsreihe
Angewandte Systemanalyse
der Programmgruppe S T E

Nr. 1

Schmitz, K., Niehaus, K., Rath-Nagel, St., Voß, A.
Die Entwicklungsmöglichkeiten der Energiewirtschaft
in der Bundesrepublik Deutschland - Untersuchung mit
Hilfe eines dynamischem Simulationsmodells,
JÜL-Spez-1, Bd. I, Nov. 1977

Schmitz, K. et al.

Die Entwicklungsmöglichkeiten der Energiewirtschaft
in der Bundesrepublik Deutschland - Untersuchung mit
Hilfe eines dynamischem Simulationsmodells,
JÜL-Spez-1, Bd. II, Nov. 1977

Nr. 2

Bohn, Th., Eich, P., Hansen, U., Jehle, B.
Künftige Stromgestehungskosten von Großkraftwerken,
JÜL-Spez-2, Nov. 1977

Nr. 3

Wibbe, H.-B.
Probleme der kurzfristigen Markteinführung eines
nuklearen Fernenergiesystems - eine Betrachtung aus
Abnehmersicht für einen räumlich begrenzten Markt,
JÜL-1486, Febr. 1978

Nr. 4

Jehle, B.
Einsatzmöglichkeiten und Einsatzbeispiele der
Kernenergie in NRW unter besonderer Berücksichtigung
ihres Beitrages zur Strukturverbesserung,
JÜL-Spez-11, Juni 1978

Nr. 5

Hensel, W.
Beitrag zur Standardisierung der Standortbestimmung
von Kernkraftwerken,
JÜL-Spez-12, Juni 1978

Nr. 6

von Lojewski, D.
Wärme-, Strom- und Synthesegasversorgung von
Ballungsräumen durch Fernenergie - aufgezeigt am
Großraum Köln,
JÜL-1516, Juni 1978

Nr. 7

Lenhardt, W.
Entwicklung des Strombedarfs in der Bundesrepublik
Deutschland und alternative Möglichkeiten seiner
Deckung,
JÜL-Spez-18, Juli 1978

Nr. 8

Kolb, G. (Redaktion) gemeinsam mit KFA/IRE,
KFA/PTH, HRB, GHT
Studie über die Wirtschaftlichkeit der Strom
erzeugung mit Hochtemperatur-Reaktoren,
JÜL-1527, Aug. 1978

Nr. 9

Meliß, M.
Möglichkeiten und Grenzen der Sonnen
energienutzung in der Bundesrepublik
Deutschland mit Hilfe von Niedertemperatur-
kollektoren - Grundlagen, Technische Systeme,
Wirtschaftlichkeit,
JÜL-Spez-25, Dez. 1978

Nr. 10

Wagner, H.J.
Der Energieaufwand zum Bau und Betrieb
ausgewählter Energieversorgungstechnologien -
eine nettoenergetische Analyse,
JÜL-1561, Dez. 1978

Nr. 11

Bartholdi, J.
Einführung der Nuklearen Fernenergie -
umweltbedeutsame Konsequenzen und deren
Bewertung,
JÜL-1573, Jan. 1979

Nr. 12

Egberts, G.
Kostenoptimale Entwicklungsperspektiven
des Raumheizungssektors im Energiesystem
der Bundesrepublik Deutschland,
JÜL-Spez-41, Juni 1979

Nr. 13

Düring, K.
Transport- und Verteilungskosten konven-
tioneller Systeme zur Wärmeversorgung der
Bundesrepublik Deutschland,
JÜL-Spez-57, Okt. 1979

Nr. 14

Leimkühler, K.
Metallische Rohstoffe - Rezyklierung - Energieeinsatz.
Untersuchung mit Hilfe eines Simulationsmodells,
JÜL-Spez-44, Juli 1979

Nr. 15

Lenhardt, W., Schwefel, H.P., Sievert, D. et al.
Ein Energieversorgungsmodell zur Langfrist-
prognose der Umwandlungskapazitäten,
JÜL-Spez-63, Dez. 1979

Nr. 16

Kollmann, H.
Die räumliche Wärmebedarfsverteilung der Haushalte
und Kleinverbraucher in der Bundesrepublik
Deutschland,
JÜL-Spez-64, Dez. 1979

Nr. 17
Orth, D.
Niedertemperatur-Wärmeversorgung unter besonderer
Berücksichtigung ausgewählter neuer Technologien,
JÜL-Spez-65, Dez. 1979

Nr. 18
Manthey, Ch. (Editor)
Energy Technology Data Handbook - Conversion
Technologies,
JÜL-Spez-70, vol. I, Jan. 1980

Nr. 19
Manthey, Ch., Tosato, G.C.
Energy Technology Data Handbook - End Use
Technologies. Insulation, Space- and Water Heating
Systems,
JÜL-Spez-70, vol. II, Oct. 1980

Nr. 20
Hildebrandt, T.
Die nächsten 50 Jahre. Analyse und Szenarien der
wirtschaftlichen Evolution,
JÜL-Spez-81, Juni 1980

Nr. 21
Finnis, M.W.
Phase II - Final Report of MARKAL Studies for the
United Kingdom,
JÜL-Spez-92, Oct. 1980

Nr. 22
Scharff, E., Walbeck, M. (Federführung)
Planstudie: Halboffene Fernenergieversorgung,
insbesondere für den Raum Frankfurt a.M.
mit Heißwasser-Fernwärmeversorgung für den Raum
Köln,
JÜL-Spez-95, Dez. 1980

Nr. 23
Costa, J.O., Gil Sordo, V.,
Blasco, M., Jara, A.
Energy Scenarios and Implementation of New
Technologies for Spain,
JÜL-Spez-110, April 1981

Nr. 24
Jaek, W.
Mögliche Entwicklung des weltweiten Ausbaus der
Kernenergie unter Berücksichtigung wirtschaftlicher,
gesellschaftlicher und politischer Aspekte,
JÜL-Spez-118, Juli 1981

Nr. 25
Schmitz, J.
Abschätzung des energiesparenden Innovations-
potentials der Industrie Steine und Erden,
JÜL-1729, Aug. 1981

Nr. 26
Bansal, N.K., Uhlemann, R., Boettcher, A.
Plastic Solar Air Heaters of a Novel Design -
Testing and Performance,
JÜL-1783, April 1982

Nr. 27
Höpfinger, E., Drepper, F., Heckler, R.,
Schwefel, H.P.
unter Mitarb. von Hermes, U., Horst, H.
Zur Einbettung der Energiewirtschaft in die
Volkswirtschaft - Vier dynamische Modelle -
JÜL-Spez-166, Juli 1982

Nr. 28
Grüter, J.W., Wolff, M.
Die Energieversorgung der Gemeinde Seedorf im
Landkreis Lüchow-Dannenberg/Niedersachsen -
Eine Endenergieanalyse,
JÜL-Spez-170, Aug. 1982

Nr. 29
Huber, W., Allhorn, H., Birnbaum, U.
Emissionen von Kohlenutzungsanlagen und
mögliche Minderungsmaßnahmen,
JÜL-1815, Nov. 1982

Nr. 30
Müller, M., Maher, K.J.,
with contributions of Rath-Nagel, St.,
Tosato, G.C.
Summary Report on Technology Characterizations.
International Energy Agency: Energy Technology
Systems Analysis Project,
JÜL-Spez-185, Dec. 1982

Nr. 31
Hildebrandt, T.
Wechselwirkungen zwischen Energiewirtschaft
und Gesamtwirtschaft,
JÜL-Spez-192, Dez. 1982

Nr. 32
Höpfinger, E., Huber, W.
EFOM 12 C CASE STUDIES - Candidate
Technologies to Relieve the EUROPEAN Energy
System, Germany,
JÜL-Spez-193, EUR 8428 EN, Jan. 1983

Nr. 33
Späte, F.
Bestimmung des thermischen Verhaltens von zwei
Thermosiphonanlagen, JÜL-Spez-194, Febr. 1983

Nr. 34

Uhlemann, R.

Performance and Cost Analysis of Pressurized and Nonpressurized Domestic Solar Water Heating Systems with Thermosyphonic Flow,
JÜL-1882, Dec. 1983

Nr. 35

Kollmann, H., Plewnia, M., Schmitz, J., Huber, W.
Stand und Entwicklungstendenzen der Raumwärmever-sorgung der Haushalte -

Bd. 1: Determinanten des Heizwärmedarfs von Gebäuden,

Bd. 2: Kosten für Energieeinsparung durch Wärmedämmung von Gebäuden und heizungstechnische Maßnahmen,

Bd. 3: Vergleich ausgewählter Heizungssysteme unter energetischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten,

JÜL-Spez-234, Dez. 1983

Nr. 36

Heckler, R., Pohlmann, M., Schwefel, H.P.
Ein Modell zur Analyse der Umwandlungskapazitäten im Energiesektor der Bundesrepublik Deutschland,
JÜL-Spez-237, Dez. 1983

Nr. 37

Aringhoff, R., Bezerra, S.,
Hymmen, H.A., Kolb, G., Pimentel, R. (Working Group KFA/STE, CAEEB/Brasilien, SETEC/Brasilien)
Program of Research and Development on the Utilization of Brazilian Coal and on Energy Systems Analysis and Planning for Brazil,
JÜL-Spez-261, June 1984

Nr. 38

Correa-Guzman, E.J.
Erweiterung des unscharfen linearen Programmierens bei Mehrfachzielset-zungen. Beschreibung und Anwendung auf Energiesystemanalysen,
JÜL-Spez-262, Juli 1984

Nr. 39

Allhorn, H.
Modellmäßige Analyse der Energie- und Massenströme einer Kohleverflüssigungsanlage zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit unter besonderer Berücksichtigung von Maßnahmen zur Emissions-minderung,
JÜL-1937, Juli 1984

Nr. 40

Romahn, B.

mit Beiträgen von Wilde, D.
Redaktion der Kurzfassung: Kolb, G.
Energiestudie für die Provinz Guangdong/ Volksrepublik China;
Kurzfassung des Bandes V: Energiever-sorgungsstrategien für die Provinz Guangdong bis zum Jahr 2000,
JÜL-Spez-264, Aug. 1984

Nr. 41

Wensierski, P.W.,
unter Mitarbeit von Scheller, W.
Analytische Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit von Solaranlagen zur Warmwasserbereitung,
JÜL-Spez-268, Aug. 1984

Nr. 42

Wensierski, P.W.
Analyse und Optimierung solarer Warmwasser- und Raumheizungssysteme von Wohnbauten mit verschiedenem Wärmeschutz,
JÜL-Spez-301, Febr. 1985

Nr. 43

Riemer, H.
Analyse der Einsatzmöglichkeiten solarthermischer Heizungssysteme zur zentralen Niedertemperatur-Wärmeversorgung in der Bundesrepublik Deutsch-land,
JÜL-Spez-307, April 1985

Nr. 44

Jobsky, Th.
Elektrizität im industriellen Energiemarkt. Eine sektorale Analyse der Gründe und Ursachen der Elektrizitätsanwendung unter Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung,
JÜL-Spez-308, April 1985

Nr. 45

Wensierski, P.W.
SOLARYS - ein interaktives Modell zur Simulation von Solarsystemen, Teil I und Teil II,
JÜL-Spez-346, Febr. 1986

Nr. 46

Giesecke Sara-Lafosse, C.R.
World Computer Model of Oil Markets: OPEC Pricing Strategy Model in the Short and Long Run,
JÜL-Spez-352, March 1986

Nr. 47

Scheller, W.
Solaranlagen zur Warmwasserbereitung. Analytische Untersuchungen von Thermosiphon- und Pumpenan-lagen unter mitteleuropäischen Klimabedingungen,
JÜL-2047, März 1986

- Nr. 48
 Sanchez Buelga, A.
 Mathematical Programming Studies of Short Run
 Oil Refinery Rents,
 JÜL-Spez-377, Nov. 1986
- Nr. 49
 Kollmann, H.
 Analyse der Auslegung, des Betriebes und der
 Beschaffung von Heizsystemen für Haushalte -
 Wärmebedarf, technische Systeme, Kosten,
 Marktentscheidung,
 JÜL-Spez-384, Dez. 1986
- Nr. 50
 Vos, H.
 Foraminiferenökologie im Rhonedelta,
 JÜL-2110, Dez. 1986
- Nr. 51
 Müller, M.
 Anpassung der Mineralölverarbeitung der
 Bundesrepublik Deutschland an die Produkten-
 nachfrage des Jahres 2000 -
 eine modellgestützte Analyse -
 JÜL-Spez-389, Febr. 1987
- Nr. 52
 Plewnia, M.
 Analyse photovoltaisch unterstützter Strom-
 versorgungssysteme am Beispiel eines
 Einfamilienhauses,
 JÜL-Spez-415, Sept. 1987
- Nr. 53
 Kolb, G. (Editor)
 International Energy Agency: Energy Technology
 Systems Analysis Project (IEA/ETSAP),
 Final Report on Annex II, July 1983 - June 1986,
 JÜL-Spez-421, Nov. 1987
- Nr. 54
 Hövelmann, A.
 Neue Entsorgungsprobleme kohlegefeuerter
 Kraftwerke,
 JÜL-2172, Dez. 1987
- Nr. 55
 Bundschuh, V., Martinsen, D., Wagner, H.J.,
 Walbeck, M. and Belyaev, L.S., Kavelin, I.Ya.,
 Kaganovich, B.M., Filippov, S.P.
 Integrated Energy System Studies in USSR and FRG
 - A Working Report -
 JÜL-Spez-508, July 1989
- Nr. 56
 Hourfar, D.
 Analyse der Einsatzmöglichkeiten und
 -bedingungen von Handhabungssystemen in
 kerntechnischen Anlagen,
 JÜL-Spez-512, Juli 1989
- Nr. 57
 Wagner, H.J.; Hansen, K.H., Schön, R.,
 Wassmann, B.
 Aufschlüsselung von Investitionskosten und
 Erstellung von Materialanalysen für vorgegebene
 Anlagen der Energieversorgung,
 JÜL-Spez-524, Oktober 1989
- Nr. 58
 Wagner, H.J.; Wassmann, B., Hansen, K.H.,
 Schön, R.
 Ermittlung von Emissionsfaktoren zur Herstellung
 von Materialien,
 JÜL-Spez-525, Oktober 1989
- Nr. 59
 Kollmann, H., Heckler, R., Huber, W., Husung, S.,
 Sturm, K.D., Wendland, F.
 Stoffströme und Emissionen durch Produktion,
 Verwendung und Entsorgung von PVC,
 JÜL-Spez-543, Juli 1990
- Nr. 60
 Jobsky, Th.
 Ermittlung von Potentialen zur industriellen
 Prozeßdampfversorgung mit nuklearen Anlagen,
 JÜL-2411, Nov. 1990
- Nr. 61
 Markewitz, P.
 Theoretische Untersuchungen zum Verhalten von
 Schwermetallen in Kohlekraftwerken,
 JÜL-2497, Juli 1991
- Nr. 62
 Birnbaum, K.U., Pauls, R.,
 Wagner, H.J., Walbeck, M.
 Berechnung sektoraler Kohlen-dioxidemissionen für
 die Bundesrepublik Deutschland,
 JÜL-2530, Okt. 1991
- Nr. 63
 Hirtz, W., Huber, W.
 Umweltvorsorgeprüfung im Forschungsbereich -
 Kolloquium 5. Juni 1991, Wissenschaftszentrum Bonn -
 JÜL-2553, Nov. 1991

Jül-2553
November 1991
ISSN 0366-0885