

Texte

27
07

ISSN
1862-4804

Emissionsminderung für prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie

Umwelt
Bundes
Amt 

Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 203 21 280
UBA-FB 001011



Emissionsminderung für prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie

von

Thomas Hillenbrand
Frank Marscheider-Weidemann
Manuel Strauch

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
(Fraunhofer ISI), Karlsruhe

Kerstin Heitmann

Ökopol - Institut für Ökologie und Politik, Hamburg

Dora Schaffrin

Ecologic - Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik,
Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.umweltbundesamt.de>
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 2.2
Dr. Joachim Heidemeier

Dessau, Juli 2007

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts Emissionsminderung für prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Hillenbrand, T.; Marscheider-Weidemann, F.; Strauch, M.; Heitmann, K.; Schaffrin, D.		8. Abschlussdatum <u>September 2006</u>
		9. Veröffentlichungsdatum
6. Durchführende Organisation (Name, Anschrift) Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe unter Mitarbeit von: Ökopol – Institut für Ökologie und Politik, Hamburg Ecologic - Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik, Berlin		10. UFOPLAN - Nr. <u>203 21 280</u>
		11. Seitenzahl
		12. Literaturangaben
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 1406, D-06813 Dessau		13. Tabellen und Diagramme
15. Zusätzliche Angaben		14. Abbildungen
16. Kurzfassung Wichtiges Ziel der im Jahr 2000 verabschiedeten Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) der Europäischen Union ist das Erreichen des guten chemischen Zustands der Oberflächengewässer. Nach Artikel 1(c) sind dazu „spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären Stoffen“ umzusetzen. Für die prioritären gefährlichen Stoffe sind Einleitungen, Emissionen und Verluste zu beenden oder schrittweise einzustellen. Ziel des Projekts war es deshalb zum einen die Emissionssituation für die 33 prioritären Stoffe zu analysieren und Vorschlägen zur Emissionsbegrenzung unter besonderer Berücksichtigung der Situation in Deutschland zu erarbeiten. Zum anderen waren die auf EU-Ebene laufenden Arbeiten fachlich zu begleiten und zu unterstützen einschließlich der rechtlichen Prüfung der Vorschläge der EU-Kommission. Zur kompakten Darstellung der Informationen und Daten für die 33 prioritären Stoffe wurden stoffspezifische Datenblätter erarbeitet. Die Relevanz der Stoffe für Deutschland wurde ausgehend von vorliegenden Monitoring-Ergebnissen, der aktuellen Verwendung und der Emissionssituation bewertet. Für die in Deutschland relevanten Stoffe wurden die wichtigen Emissionspfade im einzelnen analysiert. Darauf aufbauend wurden nationale Handlungsoptionen identifiziert und beschrieben.		
17. Schlagwörter prioritäre Stoffe, prioritäre gefährliche Stoffe, Regelungen, Monitoring, Produktion, Verwendung, Emissionen, Emissionsminderung, Schwermetalle, Pflanzenschutzmittel, Maßnahmen, Flussgebietsmanagement, Datenblätter		
18. Preis	19.	20.

1. Report No. UBA-FB	2.	3.
4. Report Title Emissions reduction for priority and priority hazardous substances of the water framework directive		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Hillenbrand, T.; Marscheider-Weidemann, F.; Strauch, M.; Heitmann, K.; Schaffrin, D.		8. Report Date <u>September 2006</u>
		9. Publication Date
6. Performing Organisation (Name, Address) Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI) Breslauer Strasse 48, D-76139 Karlsruhe, Germany with the co-operation of: Ökopol - Institute for Environmental Strategies, Hamburg Ecologic - Institute for International and European Environmental Policy, Berlin		10. UFOPLAN - Ref.No. <u>203 21 280</u>
		11. No. of Pages
		12. No of References
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Federal Environmental Agency, D-06813 Dessau		13. No. of Tables, Diag.
		14. No of Figures
15. Supplementary Notes		
16. Abstract <p>An important goal of the EU - Water Framework Directive (WFD) is to achieve a good chemical status of surface waters. According to Article 1(c) "specific measures for the progressive reduction of discharges, emissions and losses of priority substances" must be implemented. For the priority hazardous substances, discharges, emissions and losses must be stopped or phased-out. Therefore the goal of this project was, on the one hand, to analyse the emission situation of the 33 priority substances and to work out propositions to limit emissions, taking particular account of the situation in Germany. On the other hand, the goal was to technically monitor and support the ongoing work at EU-level, including a juridical examination of the EU-Commission's proposals.</p> <p>Substance-specific data sheets were compiled for the 33 priority substances in order to present the information and data in a compact form. The relevance of the substances for Germany was evaluated based on the existing monitoring data, current use and emission situation. The important emission paths were analysed in detail for those substances relevant in Germany. Subsequently, national options for action were then identified and described.</p>		
17. Keywords priority substances, priority hazardous substances, regulations, monitoring, production, use, emissions, emission reduction, heavy metals, pesticides, measures, river basin management, data sheets		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einleitung	1
2 Zielsetzung des Vorhabens	3
3 Arbeiten auf EU-Ebene	5
4 Rechtliche Aspekte	8
4.1 Ausgangslage	8
4.2 Bewertung	9
4.2.1 Entwürfe	9
4.2.2 Vorschlag	10
4.3 Handlungsoptionen	13
4.4 Stellungnahme der Bundesregierung	13
5 Datenblätter prioritäre Stoffe	14
6 Relevanz der prioritären Stoffe für Deutschland	16
6.1 Produktion, Verwendung und Emissionen in Deutschland	16
6.2 Monitoring-Ergebnisse	26
6.3 Zusammenfassende Bewertung der Emissionsanalyse und der Monitoring-Ergebnisse	30
7 Analyse der Emissionssituation relevanter Stoffe / Stoffgruppen	31
7.1 Stoffgruppe Schwermetalle	31

7.2	Stoffgruppe polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	42
7.3	Stoffgruppe Pflanzenschutzmittel	48
7.4	Tributylzinnverbindungen	52
7.5	Übersicht	56
8	Identifizierung ergänzender nationaler Handlungsoptionen.....	58
8.1	Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung: Entsiegelung, Versickerung und Behandlung von Niederschlagswasser	59
8.2	Weitergehende kommunale Abwasserbehandlung	65
8.3	Industrielle Einleitungen	72
8.4	Landwirtschaftliche Flächen	75
8.4.1	Verminderung der Einträge von Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft	75
8.4.2	Erosionsmindernde Maßnahmen	81
8.4.3	Verringerung der Belastungen in Düngemitteln.....	82
8.5	Altlasten/Altbergbau	83
8.5.1	Emissionsminderung im Altbergbau	83
8.5.2	Belastungen durch Gewässersedimente bzw. Sedimente in Häfen.....	85
8.6	Produkte.....	87
8.6.1	Übergreifende Aspekte im Bereich Produkte	87
8.6.2	Produktbezogene Maßnahmen zur Verwendung von Blei im Bauwesen.....	91
8.6.3	Produktbezogene Maßnahmen zum Einsatz von Nickel in Bremsbelägen	93
8.7	Atmosphärische Deposition bzw. Luftemissionen	94
9	Literatur	98
	Anhang: Datenblätter Nr. 1 - 33.....	108

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 7–1:	Einträge der vier Schwermetalle in die deutschen Oberflächengewässer – Anteile der wichtigsten Emissionspfade (nach Fuchs et al., 2002)	32
Abbildung 7–2:	Ergebnisse des europäischen Emissionsinventars für den Bereich der Schwermetall-Emissionen in Deutschland (EPER, 2001)	36
Abbildung 7–3:	Ergebnisse des europäischen Emissionsinventars: Anteil der Schwermetall-Emissionen in Deutschland an den europäischen Gesamtemissionen für die Bereiche Luft und Wasser direkt (EPER, 2001; zum Vergleich ist der Anteil der Bevölkerung und des Bruttoinlandsprodukts mit dargestellt)	37
Abbildung 7–4:	Entwicklung der Feinstaubemission aus Anlagen der 1. BImSchV (UBA, 2006)	44
Abbildung 7–5::	Auswertung EPER-Daten für PAK: Anteile der verschiedenen Industriezweige an den direkten Emissionen ins Wasser 2001	46
Abbildung 7–6::	EPER: Industrielle PAK in der EU und in Deutschland (EPER-Daten 2001)	46
Abbildung 8–1:	Aufbau eines Bodenfilterbeckens zur weitergehenden Regenwasserbehandlung (DWA, 2005).....	62
Abbildung 8–2:	Preisentwicklungen von Membranmodulen (Mikrofiltration/Ultrafiltration) einiger beispielhaft ausgewählter Hersteller (Hillenbrand, Hiessl, 2006)	72
Abbildung 8–3:	Branchenbezogene Auswertung des Europäischen Emissionsinventars für Deutschland	74
Abbildung 8–4:	Pestizideinsatz in Deutschland 1991 – 1999 (PAN (2002)): Quelle Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft.....	77
Abbildung 8–5:	Schwermetallemissionen im Einzugsgebiet der Erft (Christoffels, 2006).....	84
Abbildung 8–6:	Beiträge der einzelnen Emissionsquellen von Feinstaub (John et al., 2004)	95

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2–1:	Unterteilung der prioritären Stoffe nach Stoffgruppen und Kennzeichnung als prioritär gefährlich (A), zur Überprüfung als prioritär gefährlich (B), prioritär (C).....	4
Tabelle 3–1:	Auf EU-Ebene verwendetes Schema der Emissionspfade bzw. Emissionsquellen.....	7
Tabelle 5–1:	Allgemeine Gliederung der Datenblätter zu den prioritären Stoffen.....	15
Tabelle 6–1:	Übersicht über die wichtigsten Verwendungen und Emissionsquellen für die prioritären Stoffe in Deutschland.....	25
Tabelle 6–2:	Übersicht über Monitoring-Ergebnisse für die prioritären Stoffe in Deutschland (Ergebnisse der Länderabfrage 2005 nach Lehmann, Vietoris, 2006: Zahlen entsprechen Anzahl der Bundesländer).....	28
Tabelle 6–3:	Entwicklung der Qualitätsnormen (AA-EQS: Mittelwert, MAQ-EQS: Maximal-Wert) zu den prioritären Stoffen in den verschiedenen Entwürfen zur Tochterrichtlinie (jeweils Qualitätsnormen für Binnengewässer).....	29
Tabelle 6–4:	Relevanz der prioritären Stoffe für Deutschland	30
Tabelle 7–1:	Ergebnisse des europäischen Emissionsinventars für 2001: Emissionen organischer Zinnverbindungen in Europa und in Deutschland.....	54
Tabelle 7–2:	Emissionsschwerpunkte und mögliche Ansatzpunkte für Emissionsminderungsmaßnahmen.....	57
Tabelle 8–1:	Übersicht über die derzeit verfügbaren Anlagen zur dezentralen Behandlung von Dachablaufwasser (ergänzt nach Hillenbrand et al., 2005)	61
Tabelle 8–2:	Kläranlagen mit Membranfiltration in Europa zum Stand 2004 (nach Engelhardt, 2004).....	66
Tabelle 8–3:	Leistungsdaten von Membranbelebungsanlagen im Vergleich zu konventionellen Belebungsanlagen (Dohmann et al. 2002)	70
Tabelle 8–4:	Übersicht über verschiedene Kostenanteile von Membranbelebungsanlagen (DWA- Fachausschuss KA-7, 2005).....	71

Tabelle 8–5:	Kosten und Nutzen der Thematischen Strategie Pflanzenschutzmittel (EU Kommission, 2006a)	79
Tabelle 8–6:	Kosten verschiedener Baggergutbehandlungsverfahren (HTG, 2006)	86
Tabelle 8–7:	Jahresemissionen PM10 in Kilotonnen (vorläufige Zahlen, Februar 2006)	96

Abkürzungsverzeichnis

AbfKlärV	Klärschlammverordnung
AbwV	Abwasserverordnung
ADI	Acceptable daily intake
AgBB	Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten
AOX	Adsorbierbare organisch gebundene Halogene
APEO	Alkylphenoethoxylate
ATV-DVWK	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
BCF	Biokonzentrationsfaktor
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BMVEL	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BREFs	Best Available Techniques Reference Documents
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Schweiz)
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
BVT	beste verfügbare Techniken
CAS	Chemical Abstract Service
CP	Chlorparaffine
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
CSTEE	Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (Wissenschaftlicher Ausschuss für Toxikologie, Öko-Toxikologie und Umwelt)
DBP	Dibutylphthalat
DCM	Dichlormethan
DEHP	Di(2-ethylhexyl)phthalat
DIBP	Diisobutylphthalat
DiBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DIDP	Diisodecylphthalat
DINP	Diisononylphthalat
DT ₅₀ /DT ₉₀	“Disappearance time“: Zeit, die benötigt wird, bis 50 % bzw. 90 % der Substanz nicht mehr nachweisbar ist
ECPI	European Council for Plasticizers and Intermediates
EINECS	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Europäisches Altstoffverzeichnis)
EPA	Environmental Protection Agency
EPER	Europäisches Schadstoffemissionsregister
EQS	Environmental quality standard
EW	Einwohner
FAP	Free Association Paints
FSM	Flammschutzmittel
GAP	Gemeinsame Agrarpolitik
GefStoffV	Gefahrenstoffverordnung
HCB	Hexachlorbenzol
HCBD	Hexachlorbutadien
HCH	Hexachloryclohexan
HxBB	Hexabromcyclodecan
IARC	International Agency for Research on Cancer
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
IKSR	Internationale Kommission zum Schutz des Rheins

IMO	Internationale Schifffahrtsorganisation
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry (Union für reine und angewandte Chemie)
IVU-Richtlinie	Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung
JD-UQN	Jahresdurchschnitt-Umweltqualitätsnorm
K _{oc} -Wert	Verteilungskoeffizient organischer Kohlenstoff/ Wasser
K _{ow} -Wert (bzw. P _{ow})	Verteilungskoeffizient n-Octanol/ Wasser
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
MEHP	Mono(2-ethylhexyl)phthalate
MUNLV	Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
NP	Nonylphenole
NPEC	Nonylphenolethercarboxylat
NPEO	Nonylphenolethoxylate
OP	Octylphenol
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PBDE	Polybromierte Diphenylether
PBT	persistent, bioakkumulierend, toxisch
PCP	Pentachlorphenol
PEC	Predicted Environmental Concentration
pentaBDE	Pentabromodiphenylether
PflSchG	Pflanzenschutzgesetz
PNEC	Predicted No-Effect Concentration
POP	Persistent Organic Pollutants (persistente organische Schadstoffe)
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register
PSA	Phthalsäureanhydrid
PSM	Pflanzenschutzmittel
R+S Sätze	Risiko- und Sicherheitssätze
RAR	Risk Assessment Report (Bericht zur Risikobewertung)
ROHs-Richtlinie	Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten)
SCCP	Short Chained Chlorinated Paraffins (kurzkettige Chlorparaffine)
SPC	Self Polishing Copolymer
TA-Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TBBPA	Tetrabrombisphenol A
TBT	Tributylzinnverbindungen
TeBDE	Tetrabromdiphenylether
TG	Trockengewicht
TGD	Technical Guidance Document
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
TVO	Trinkwasserverordnung
UN-ECE	United Nations Economic Commission of Europe
UQN-ZHK	Umweltqualitätsnorm - zulässige Höchstkonzentration
VOC-Richtlinie	Lösemittel-Richtlinie
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

Zusammenfassung

Hintergrund

Nach den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist bis zum Jahr 2015 ein guter Zustand der Oberflächengewässer in Europa zu erreichen. Das Erreichen eines guten chemischen Zustands ist dazu Voraussetzung. In der allgemeinen Zielsetzung der Richtlinie ist aufgeführt, dass ein stärkerer Schutz und eine Verbesserung der aquatischen Umwelt angestrebt wird, in dem u. a. spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären Stoffen und durch die Beendigung oder schrittweise Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären gefährlichen Stoffen umgesetzt werden. Von der Kommission sind dazu Vorschläge für Begrenzungen zu erarbeiten. Diese sollten nach Artikel 16 bis Ende 2003 vorgelegt werden. In der WRRL ist ergänzend vorgesehen, dass von den Mitgliedsstaaten selbstständig Begrenzungen festzulegen sind, wenn bis Ende 2006 keine Einigung auf Gemeinschaftsebene erreicht wird.

Zielsetzung

Ziel des Projekts war zum einen die Analyse der Emissionssituation für die 33 prioritären Stoffe und die Erarbeitung von Vorschlägen zur Emissionsbegrenzung unter besonderer Berücksichtigung der Situation in Deutschland. Zum anderen waren die auf EU-Ebene laufenden Arbeiten fachlich zu begleiten und zu unterstützen einschließlich der rechtlichen Prüfung der Vorschläge der EU-Kommission.

Arbeiten auf EU-Ebene

Auf EU-Ebene wurde hinsichtlich möglicher Emissionsbegrenzungsmaßnahmen zuerst Emissionsquellen und Eintragspfade identifiziert und hinsichtlich ihrer Relevanz bewertet (source screening). Das dazu erarbeitete Klassifikationsschema sieht 3 Kategorien vor: Emissionsquellen bzw. -pfade der Kategorie 1 tragen zu einem möglichen Verfehlen der Ziele der WRRL bei, für die Quellen der Kategorie 2 liegen keine ausreichenden Informationen vor und der Kategorie 3 werden Emissionen zugeordnet, die nicht zu einem Verfehlen der Ziele beitragen. Bei den Arbeiten auf EU-Ebene ergaben sich erhebliche Verzögerungen gegenüber dem nach der WRRL vorgesehenen Zeitplan: erst im Sommer 2004 wurde von der Kommission ein "Draft for consultation – non-paper" bzgl. einer Richtlinie über Qualitätsstandards und Emissionskontrollen vorgelegt. Der im Vergleich dazu nochmals deutlich veränderte Richtlinienvorschlag wurde dann erst im Juli 2006 veröffentlicht.

Rechtliche Aspekte

Aus rechtlicher Sicht kam es darauf an, den Richtlinienvorschlag an den Vorgaben der WRRL und allgemeinem Gemeinschaftsrecht zu messen. Der Richtlinienvorschlag ist

in dieser Hinsicht unzureichend. Insbesondere verzichtet er entgegen den Vorgaben der WRRL auf gemeinschaftsrechtliche Regelungen zur Emissionsbegrenzung. Anstatt die Vorbedingung für eine vertiefte Harmonisierung auf Gemeinschaftsebene zu schaffen, führt er sogar zu einer Abschaffung auf Gemeinschaftsebene gegenwärtig noch bestehender Regelungen zur Emissionsbegrenzung. Dem setzt der Vorschlag allein die Verpflichtungen der Mitgliedstaaten zum Erlass von Emissionsbegrenzungsmaßnahmen auf nationaler Ebene aus bestehendem Gemeinschaftsrecht entgegen. Daneben enthält er Bestimmungen zur Kontrolle der Einhaltung dieser Verpflichtungen durch die Mitgliedstaaten. Diese bleiben allerdings einerseits hinter den zu kontrollierenden Verpflichtungen zurück, andererseits aber laufen sie mangels korrespondierender Verpflichtungen leer.

Datenblätter prioritäre Stoffe

Zur kompakten Darstellung der vorliegenden Informationen für die 33 prioritären Stoffe wurden stoffspezifische Datenblätter erarbeitet. Diese Datenblätter beinhalten Informationen zu folgenden Punkten:

- Nomenklatur und Stoffeigenschaften,
- stoffspezifische Regelungen,
- Monitoring-Ergebnisse,
- Produktion und Verwendung,
- Emissionssituation,
- Ansätze für Emissionsminderungsmaßnahmen und
- Literatur.

Relevanz der prioritären Stoffe für Deutschland

Die Relevanz der Stoffe ergibt sich zum einen aus den Monitoring-Ergebnisse, die hinsichtlich der Belastungen der deutschen Gewässer vorliegen. Während für einen Teil der Stoffe dazu detaillierte Informationen vorliegen (z.B. Schwermetalle), gibt es für andere Stoffe dagegen nur vergleichsweise wenige Untersuchungen (z.B. kurzkettenige Chloralkane, bromierte Diphenylether, Octylphenol). Deshalb wurden bei der Bewertung der Relevanz zusätzlich die verfügbaren Informationen zur Produktion, Verwendung und zur Emissionssituation ausgewertet. Die Auswertungen ergaben, dass nach dem derzeitigen Stand die vier verschiedenen Schwermetalle, die Gruppe der PAKs, die Pflanzenschutzmittel Diuron und Isoproturon sowie die Tributylzinnverbindungen für Deutschland relevant sind. Keine Relevanz besitzen danach die Pflanzenschutzmittel Chlorfenvinphos und Endosulfan, die chlorierten Zwischenverbindungen Hexachlorbutadien, Pentachlorbenzol und Trichlorbenzole, die chlorierten Lösemittel (1,2-

Dichlorethan, Dichlormethan, Trichlormethan) sowie Pentachlorphenol und Benzol. Für die übrigen Stoffe kann keine eindeutige Einstufung vorgenommen werden.

Analyse der Emissionssituation relevanter Stoffe/Stoffgruppen

Für die für Deutschland als relevant eingestuften Stoffe wurden die Emissionspfade (urbane Flächen, kommunale Kläranlagen, industrielle Einleitungen, landwirtschaftliche Flächen, Altlasten/Altbergbau, Produkte, atmosphärische Deposition) im einzelnen analysiert. Dazu wurde jeweils auf die Emissionsrelevanz (Auswertung verfügbarer Emissionsdaten), auf bereits laufende emissionsrelevante Maßnahmen sowie auf zusätzliche Ansatzpunkte für Emissionsminderungsmaßnahmen eingegangen. Die sich daraus ergebenden Emissionsschwerpunkte sowie mögliche Ansatzpunkte für Emissionsminderungsmaßnahmen sind in Tabelle 7–2 zusammengefasst.

Identifizierung ergänzender nationaler Handlungsoptionen

Vor dem Hintergrund der identifizierten Emissionsschwerpunkte und der Ansatzpunkte für Minderungsmaßnahmen für die einzelnen, in Deutschland relevanten Stoffe wurden abschließend stoffübergreifend nationale Handlungsoptionen beschrieben. Im Einzelnen wurden folgende Ansatzpunkte berücksichtigt:

- Urbane Flächen: Regenwasserbewirtschaftung (Entsiegelung, Behandlung, Versickerung von Niederschlagswasser)
- Kommunale Kläranlagen: weitergehende Abwasserbehandlung bei großen kommunalen Kläranlagen (Membranfiltration, Aktivkohlezugabe)
- Industrielle Einleitungen: weitergehende Abwasserbehandlung bei relevanten Branchen
- Landwirtschaftliche Flächen: erosionsmindernde Maßnahmen, Verringerung der Pestizid-Emissionen, Verringerung der Belastungen in Düngemitteln
- Altlasten/Altbergbau: Emissionsminderung im Altbergbau, Belastungen durch Gewässersedimente bzw. Sedimente in Häfen
- Produkte: Stoffbeschränkungen, Beschränkungen für importierte Produkte, Ersatzstoffe/Minderungsmaßnahmen im Bauwesen
- Atmosphärische Deposition bzw. Luftemissionen: Emissionsminderung in den Bereichen Verkehr, industriellen Anlagen und Hausbrand.

1 Einleitung

Wichtiges Ziel der im Jahr 2000 verabschiedeten Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie, im Folgenden: WRRL) der Europäischen Union ist das Erreichen des guten chemischen Zustands der Oberflächengewässer. Nach Artikel 1(c) sind dazu „spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären Stoffen“ (priority substances – PS) umzusetzen. Für die prioritären gefährlichen Stoffe (priority hazardous substances – PHS) sind Einleitungen, Emissionen und Verluste innerhalb von 20 Jahren nach Verabschiedung der genannten Maßnahmen auf Gemeinschaftsebene zu beenden oder schrittweise einzustellen. Die Liste der prioritären und der prioritären gefährlichen Stoffe wurde mit der Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20.11.2001 festgelegt. Sie umfasst insgesamt 33 Stoffe bzw. Stoffgruppen. 14 Stoffe wurden dabei in eine dritte Kategorie zur Überprüfung als prioritäre gefährliche Stoffe eingestuft.

Nähere Details zu den zu beschließenden spezifischen Maßnahmen sind u. a. in Artikel 16 (6) festgelegt: Danach erarbeitet die Kommission Vorschläge für Begrenzungen und „ermittelt dabei sowohl für Punktquellen als auch für diffuse Quellen unter dem Gesichtspunkt der Kostenwirksamkeit und der Verhältnismäßigkeit das angemessene Niveau und die Kombination von Produkt- und Verfahrenseinschränkungen und berücksichtigt gemeinschaftsweite einheitliche Emissionsgrenzwerte für Verfahrenseinschränkungen“. Hierbei sind nach Artikel 16 (10) insbesondere auch die Tochterrichtlinien der Richtlinie 76/464/EWG zu überprüfen. Zusätzlich legt Artikel 10 den kombinierten Ansatz für Punktquellen und diffuse Quellen fest, nach dem Einleitungen in Oberflächengewässer zu begrenzen sind. Dazu sind die besten verfügbaren Technologien, die Emissionsgrenzwerte oder - bei diffusen Auswirkungen - die beste verfügbare Umweltpraxis gemäß den relevanten EU-Richtlinien, die in der WRRL im einzelnen aufgeführt werden, zu berücksichtigen.

Der in der WRRL vorgegebene Zeitplan sieht vor, dass bis zum Jahr 2015 ein guter Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen ist (Artikel 4 (1)a)¹. Für die PHS gilt, dass der Zeitplan für die Erreichung der Ziele 20 Jahre ab dem Zeitpunkt, zu dem die Vorschläge der Kommission angenommen wurden, nicht überschreiten darf. Die Begrenzungen zur Umsetzung des kombinierten Ansatzes für Punktquellen und diffuse

¹ Nach Artikel 4 (4) kann dieser Zeitraum über den Zeitraum zweier Aktualisierungen des Bewirtschaftungsplans verlängert werden.

Quellen sind von den Mitgliedstaaten bis 2012 festzulegen und/oder durchzuführen. Die Vorschläge der Kommission nach Artikel 16 sollten bis Ende 2003 vorgelegt werden. Kommt es bis Ende 2006 nicht zu einer Einigung auf Gemeinschaftsebene, so sind von den Mitgliedsstaaten selbstständig Begrenzungen festzulegen.

Für Deutschland wurde vom Fraunhofer ISI in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IME das Vorhaben „Ermittlung der Quellen für die prioritären Stoffe nach Artikel 16 der Wasserrahmenrichtlinie und Abschätzung ihrer Eintragsmenge in die Gewässer in Deutschland“ bearbeitet (Böhm et al., 2002). Im Rahmen dieses Vorhabens wurden u. a. aktuelle Daten und Informationen zur Produktion und Verwendung der Stoffe in Deutschland erarbeitet und, soweit möglich, die Eintragsmengen in die Gewässer abgeschätzt. Es konnten außerdem wichtige Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Verringerung der Gewässerbelastungen aufgezeigt werden. Diese Arbeiten waren Ausgangspunkt der im Folgenden beschriebenen Untersuchungen.

2 Zielsetzung des Vorhabens

Innerhalb des oben beschriebenen Rahmens war es das Ziel des Vorhabens, die Emissionssituation für die 33 prioritären Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie zu analysieren und Vorschläge zur Emissionsbegrenzung zu erarbeiten. Zusätzlich waren die Arbeiten auf EU-Ebene fachlich zu begleiten und zu unterstützen.

Die Arbeiten teilten sich in folgende Arbeitsschritte auf:

- Aktualisierung und Ergänzung vorliegender Ergebnisse zu den prioritären Stoffen,
- Identifikation von Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung unter besonderer Berücksichtigung der Situation in Deutschland,
- Begleitung und Unterstützung der Arbeiten auf europäischer Ebene zur Analyse der Emissionssituation und Identifikation von Ansätzen zur Emissionsminderung,
- rechtliche Prüfung von Vorschlägen der EU-Kommission,
- Durchführung eines Abschlussfachgesprächs².

Die prioritären Stoffe sind in der Art ihrer Verwendung und Entstehung, den Freisetzungspfaden, dem Anteil des Gewässereintrages sowie in der Qualität und dem Umfang der vorliegenden Informationen sehr unterschiedlich. Zur Bearbeitung wurden deshalb, soweit sinnvoll, die Stoffe in mehrere Gruppen zusammengefasst, für die einige der genannten Aspekte (z. B. gemeinsames Anwendungsgebiet bzw. Herkunft, ähnliche Verwendung/Eintragspfade, gemeinsame Datenquellen, vergleichbare Minderungsmöglichkeiten) übereinstimmen (Tabelle 2–1).

² Die Vorträge des am 30.05.2006 durchgeführten Workshops sind unter <http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/stoffhaushalt/ws-prio-stoffe.htm> dokumentiert und verfügbar.

Tabelle 2–1: Unterteilung der prioritären Stoffe nach Stoffgruppen und Kennzeichnung als prioritär gefährlich (A), zur Überprüfung als prioritär gefährlich (B), prioritär (C)

Schwermetalle und deren Verbindungen
(A): Cadmium, Quecksilber (B): Blei (C): Nickel
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
(A): PAK (Hunderte von Einzelstoffen), mit 5 typischen Vertretern (B): Anthracen, Naphthalin (C): Fluoranthen
Chlorierte Verbindungen – Lösemittel
(C) 1,2-Dichlorethan, Dichlormethan, Trichlormethan (Chloroform)
Chlorierte Verbindungen – vorwiegend Zwischenprodukte
(A): Hexachlorbenzol, Hexachlorbutadien , Pentachlorbenzol (B): Trichlorbenzole (1, 2, 4-Trichlorbenzol)
Pestizide
(A): Hexachlorcyclohexan (γ -Isomer, Lindan) (B): Atrazin, Chlorpyrifos, Diuron, Endosulfan, Isoproturon, Simazin, Trifluralin (C): Alachlor, Chlorfenvinphos
Einzelverbindungen mit besonderer Bedeutung
(A): Bromierte Diphenylether (pentaBDE), C ₁₀₋₁₃ -Chloralkane, Nonylphenole, Tributylzinnverbindungen (B): Diethylhexylphthalat (DEHP), Octylphenole, Pentachlorphenol (C): Benzol

3 Arbeiten auf EU-Ebene

Im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie wurden für den Bereich der prioritären Stoffe wichtige Aufgaben festgelegt, die mit unterschiedlichen Fristen von Seiten der EU-Kommission anzugehen waren. Die wichtigsten Punkte sind:

- Erarbeitung eines Vorschlags zur Einstufung der zu überprüfenden prioritären Stoffe (bis 20.11.2002),
- Vorschlag zu Qualitätsnormen und Emissionsbegrenzungsmaßnahmen (bis 20.11.2003) und
- Überprüfung der ersten Liste der prioritären Stoffe (bis 20.11.2005).

Zur Unterstützung der Arbeiten wurde ein Beratungsgremium (Expert Advisory Forum on Priority Substances and Pollution Control - EAF)³ sowie zusätzliche Expertengruppen einberufen, um Mitgliedsstaaten, Fachinstitutionen sowie Industrie- und Umwelt-Organisationen in die Arbeiten einbeziehen zu können. Hinsichtlich möglicher Emissionsbegrenzungsmaßnahmen wurden zuerst Emissionsquellen und Eintragspfade identifiziert (source screening). Im Rahmen unterstützender Arbeiten wurde dazu von "Royal Haskoning" (Niederlande) ein allgemeines Schema zur systematischen Unterscheidung der unterschiedlichen Emissionsquellen und -pfade erarbeitet. Dieser in Tabelle 3–1 beschriebene Ansatz unterscheidet sich teilweise deutlich von den Ansätzen, die in Deutschland für die Berechnung der Nährstoff- und Schwermetallemissionen erarbeitet wurden (Behrendt et al., 1999; Böhm et al., 2002; Fuchs et al. 2002). Die wichtigsten Unterschiede sind dabei eine andere Aufteilung zwischen diffusen und punktuellen Emissionspfaden (Einordnung der bei der Regenwasserableitung im Misch- oder Trennsystem erfolgenden Einträge als punktueller Eintrag), bei den Emissionspfaden S6 und S7 die Differenzierung nach der eigentlichen Emissionsquelle (Materialien – Haushalte/Konsum), Berücksichtigung anderer Emissionspfade (z. B. Dränage und tiefes Grundwasser, Unfälle, Abfallbehandlung) und die detaillierte Analyse der Emissionen in die Atmosphäre als Ursache für die atmosphärische Deposition von Schadstoffen.

Aufbauend auf diesem Klassifikationsschema wurde anschließend die Relevanz der verschiedenen Eintragspfade für die 33 prioritären Stoffe bzw. Stoffgruppen bewertet. Dazu wurde zwischen folgenden 3 Kategorien unterschieden:

³ Dieses Forum soll zukünftig im Rahmen der Common Implementation Strategy (CIS) als Arbeitsgruppe mit den Inhalten Stoffauswahl, Monitoring, Qualitätsnormen, Emissionsquellen und Emissionsbegrenzung weitergeführt werden.

- **Kategorie 1:** Emissionsquelle/-pfad trägt zu einem möglichen Verfehlen der WRRL-Ziele bei;
- **Kategorie 2:** unzureichende Informationen
- **Kategorie 3:** Emissionsquelle/-pfad trägt nicht zu einem möglichen Verfehlen der WRRL-Ziele bei

Die Bewertung erfolgte in mehreren Durchläufen. Die Mitgliedsstaaten wurden in diesen Prozess eingebunden und hatten die Möglichkeit, Veränderungen bei den Bewertungen vorzuschlagen bzw. Bewertungen zu kommentieren.

Ein zusätzlicher Arbeitsschritt war die Zusammenstellung der bereits existierenden Kontroll- bzw. Emissionsminderungsmaßnahmen auf europäischer Ebene sowie ergänzende Maßnahmen, die in der Bearbeitung sind und die ebenfalls Einfluss auf die Emissionssituation bei den jeweiligen Stoffen ausüben könnten.

Im Rahmen des Vorhabens wurden diese Arbeiten begleitet und Arbeitspapiere kommentiert und ergänzt. Dabei wurden insbesondere die für Deutschland verfügbaren Informationen zur Emissionssituation der einzelnen Stoffe eingebracht.

Insgesamt ergaben sich bei den Arbeiten auf EU-Ebene im Vergleich zum entsprechend der WRRL vorgesehenen Zeitplan erhebliche Verzögerungen. Im Sommer 2004 wurde von der Kommission ein "Draft for consultation - non-paper" für eine Richtlinie über Qualitätsstandards und Emissionskontrollen im Bereich der Wasserpolitik vorgelegt, der von den Mitgliedsstaaten kommentiert wurde (vgl. Kap. 4). Die Vorlage eines endgültigen Richtlinienvorschlags wurde von der Kommission zwischenzeitlich mehrfach verschoben und erfolgte erst im Juli 2006.. In der WRRL ist festgelegt, dass von den Mitgliedsstaaten selbstständig Begrenzungen festzulegen sind, wenn es bis Ende 2006 nicht zu einer Einigung auf Gemeinschaftsebene kommt.

Tabelle 3–1: Auf EU-Ebene verwendetes Schema der Emissionspfade bzw. Emissionsquellen

Diffuse Emissionsquellen	S1	Atmosphärische Deposition
	S2	Dränage und tiefes Grundwasser
	S3	landwirtschaftliche Aktivitäten (durch Auslaugung, Erosion, direkte Dränage)
	S4	Verkehr und Infrastrukturen ohne Kanalanschluss (Schiffe, Züge, Autos, Flugzeuge)
	S5	Unfälle
	S6	Materialien/Bauten auf nicht kanalisierten Flächen
Punkt-förmige Emissionsquellen	S7	Belastungen in Abwasser/Niederschlagswasser durch Abflüsse von Materialien/Bauten auf kanalisierten Flächen (einschließlich Abfluss landwirtschaftlicher, mit dem Kanalsystem verbundener Nutzflächen)
	S8	Belastungen in Abwasser/Niederschlagswasser durch Haushalte und Konsum
	S9	Industrielle Aktivitäten
	S9.1	Kleine und mittlere Punktquellen als Direkt- oder Indirekteinleiter (Nicht-IVU-Anlagen)
	S9.2	Große Punktquellen als Direkt- oder Indirekteinleiter (IVU-Anlagen)
	S10	Abfallbehandlung
	S10.1	Deponien
	S10.2	Abfallentsorgung (> 50t/d) und Deponien (>10t/d)
	S11	Emissionen aus belasteten Böden (Altlasten)
	S11.1	Belastete Sedimente
	S11.2	Belastete Böden
	S12	Geogene Quellen
Emissionen in die Atmosphäre	A1	Aus Land- und Forstwirtschaft
	A2	Aus Verkehr und Infrastruktur
	A3	Von Gebäuden
	A4	Von Haushalten und anderem Konsumentenverbrauch
	A5	Aus Industrieanlagen (IVU-Anlagen)
	A6	Aus Industrieanlagen (Nicht-IVU-Anlagen)
	A7	Aus Müllbehandlung / -entsorgung (Deponien u. a.)
	A8	Von kontaminierten Böden (Altlasten)
	A9	Von anderen Emissionsquellen

4 Rechtliche Aspekte

4.1 Ausgangslage

Ziel des Vorhabens war es, die deutsche Seite bei den Verhandlungen im Rahmen des Rechtsetzungsverfahrens zum Erlass einer EG-Richtlinie im Bereich des Wasserrechts zu unterstützen.

Die rechtliche Notwendigkeit der Einleitung eines Rechtsetzungsverfahrens für ein gemeinschaftsrechtliches Instrument im Bereich des Wasserrechts ergibt sich aus der auf der WRRL gründenden Verpflichtung der Europäischen Kommission, Vorschläge für

- Qualitätsnormen für die Konzentration prioritärer Stoffe in Oberflächengewässer, Sedimenten oder Biota (Artikel 16 Abs. 7 WRRL) sowie
- Emissionsbegrenzungsbegrenzungsmaßnahmen für prioritäre Stoffe, die im Fall von prioritär gefährlichen Stoffen in der Beendigung oder schrittweisen Einstellung der Emissionen bis etwa zum Jahr 2025 bestehen sollen (Artikel 16 Abs. 6 und 8 S. 1 WRRL),

vorzulegen. Zugleich sollen die in den auf der Grundlage der Richtlinie 76/464/EWG des Rates vom 4. Mai 1976 betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer der Gemeinschaft verabschiedeten Einzelrichtlinien enthaltenen Umweltqualitätsnormen und Emissionsbegrenzungsmaßnahmen überprüft werden (Artikel 16 Abs. 10 WRRL). Die Verpflichtung der Europäischen Kommission zur Einleitung des Rechtsetzungsverfahrens findet ihre Ergänzung in Artikel 16 Abs. 1 WRRL. Dieser sieht die Annahme von spezifischen Maßnahmen zur Bekämpfung der Wasserverschmutzung durch das Europäische Parlament und den Rat auf Vorschlag der Europäischen Kommission vor.

Ungeachtet der Verpflichtung, erste Vorschläge bereits bis zum 15. Dezember 2003 vorzulegen (Artikel 16 Abs. 8 S. 1 WRRL i.V.m. der Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. November 2001 zur Festlegung der Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG), leitete die Europäische Kommission ein Rechtsetzungsverfahren tatsächlich erst am 17. Juli 2006 mit der Annahme des Vorschlags für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG (KOM(2006) 397) ein. Der Vorlage des Vorschlags gingen Vorschlagsentwürfe vom Juni 2004 („non-paper“), April („flying draft“) und Dezember 2005 sowie Mai 2006 voraus. Den letzten dieser Entwürfe nahm die Kommission am 17. Juli 2006 leicht geändert als Vorschlag an.

4.2 Bewertung

4.2.1 Entwürfe

Die Europäische Kommission erfüllt ihre Verpflichtungen aus Artikel 16 WRRL nur teilweise. Zwar kommt sie ihrer Verpflichtung aus Artikel 16 Abs. 7 WRRL, Qualitätsnormen für die Konzentration prioritärer Stoffe in Oberflächengewässer, Sedimenten oder Biota vorzuschlagen, nach, ihrer Verpflichtung aus Artikel 16 Abs. 6 und 8 S. 1 WRRL, Emissionsbegrenzungsmaßnahmen auf **Gemeinschaftsebene** vorzuschlagen, indes nicht. Weder das non-paper noch der flying draft oder der Entwurf aus dem Dezember 2005 beinhalten entsprechende Vorschläge. Daran ändert auch die Tatsache nichts, dass die Kommission dies in den jeweiligen Artikeln 1 der Entwürfe suggeriert.

Ungeachtet dessen ist die Aufhebung der bestehenden gemeinschaftsrechtlichen Regelungen von Emissionsbegrenzungsmaßnahmen vorgesehen. Damit wird nicht nur kein neues Regelungskonzept auf Gemeinschaftsebene, sondern sogar die Aufhebung bereits bestehender gemeinschaftsrechtlicher Regelungen und damit eine Renationalisierung eines Teils des wasserrechtlichen *aquis communautaire* vorgeschlagen.

Dennoch schlägt die Europäische Kommission nicht - jedenfalls nicht ausdrücklich - die Aufhebung von Artikel 16 Abs. 6 und 8 S. 1 WRRL vor. Rechtlich wäre dies möglich gewesen. Daher bliebe die Verpflichtung der Europäischen Kommission aus Artikel 16 Abs. 6 und 8 S. 1 WRRL auch bei Annahme ihres Vorschlags durch das Europäische Parlament und den Rat der Europäischen Union bestehen. In den Entwürfen vom April und Dezember 2005 wird denn auch langfristig eine gemeinschaftsrechtliche Regelung nicht ausgeschlossen. Dort ist vorgesehen, die Mitgliedstaaten dazu zu verpflichten, der Europäischen Kommission unter bestimmten Umständen Vorschläge für Gemeinschaftsregelungen zu unterbreiten. Eine solche Ergänzung des primärrechtlich festgelegten Rechtsetzungsverfahrens begegnet indes rechtlichen Bedenken. Insbesondere ist fraglich, ob die Verpflichtung der Mitgliedstaaten nicht dem im EG-Vertrag angelegten Gleichgewicht der am Rechtsetzungsverfahren beteiligten Akteure widerspricht. Es entstünde nämlich die Konstellation, dass die Mitgliedstaaten im Vorfeld der Einleitung eines Rechtsetzungsverfahrens weit reichende Mitwirkungspflichten träfen, ihnen aber wegen des Initiativmonopols der Europäischen Kommission nicht das Recht zustünde, ein Rechtsetzungsverfahren selbst einzuleiten. Der Entwurf aus dem Juni 2004 hatte denn auch lediglich einen Informationsaustausch über von den Mitgliedstaaten getroffene Maßnahmen vorgesehen.

Gleichzeitig werden die **Mitgliedstaaten** verpflichtet, im Wesentlichen in demselben Umfang, in dem die WRRL die Europäische Kommission dazu verpflichtet, Vorschläge

für Emissionsbegrenzungs- und -beendigungsmaßnahmen vorzulegen, im Rahmen ihrer nationalen Maßnahmenprogramme Emissionsbegrenzungs- und -beendigungsmaßnahmen vorzusehen. Die Vorschläge vom April und Dezember 2005 beschränken sich dabei auf die Wiederholung des Wortlauts von Artikel 16 WRRL.

Als **Kontrollmaßnahmen** sind Überwachungs- und Berichtspflichten vorgesehen.

4.2.2 Vorschlag

Auch der am 17. Juli 2006 von der Kommission angenommene Vorschlag enthält keine den Anforderungen von Artikel 16 Abs. 6 und 8 S. 1 WRRL entsprechenden Vorschläge für gemeinschaftsrechtliche Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung. Er stellt dies anders als die Vorgängerentwürfe indes ausdrücklich klar. Dass sie von der Regelung von Emissionsbegrenzungsmaßnahmen Abstand nimmt, begründet die Europäische Kommission unter anderem mit den bereits **bestehenden** gemeinschaftsrechtlichen Regelungen zur Emissionsbegrenzung. Diese Argumentation ist indes sowohl aus inhaltlicher als auch aus zeitlicher Sicht nicht haltbar. Inhaltlich ist die Argumentation nicht haltbar, da die von der Europäischen Kommission genannten Regelungen zur Emissionsbegrenzung nicht den qualitativen Anforderungen der WRRL entsprechen. Zeitlich ist die Argumentation insoweit nicht haltbar, als die Europäischen Kommission Regelungen zur Emissionsbegrenzung nennt, die bereits vor Inkrafttreten der WRRL existierten. Die von der Europäischen Kommission beispielhaft angeführte IVU-Richtlinie etwa enthält zwar Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung. Indes enthält sie die von der WRRL geforderten Maßnahmen zur schrittweisen Einstellung von Emissionen prioritär gefährlicher Stoffe nicht. Außerdem hatte die Europäische Kommission einen Vorschlag für eine IVU-Richtlinie bereits vor Inkrafttreten der WRRL vorgelegt. Daher kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Europäische Kommission ihre Verpflichtung aus Artikel 16 Abs. 6 und 8 S. 1 WRRL bereits erfüllt hat. Auch die anderen von der Europäischen Kommission vorgebrachten Argumente gegen die Regelung von Emissionsbegrenzungsmaßnahmen auf Gemeinschaftsebene sind nicht überzeugend. Entgegen der Ansicht der Europäischen Kommission steht der Regelung von Emissionsbegrenzungsmaßnahmen auf Gemeinschaftsebene das **Subsidiaritätsprinzip** nicht entgegen. Im Bereich handelspolitischer Maßnahmen findet das Subsidiaritätsprinzip schon keine Anwendung, da es sich um eine ausschließliche Kompetenz der Europäischen Gemeinschaft handelt. Im Übrigen können nur durch Regelungen auf Gemeinschaftsebene Wettbewerbsverzerrungen verhindert werden, die andernfalls durch mangels gemeinschaftsrechtlicher Vorgaben divergierende Maßnahmen auf Ebene der Mitgliedstaaten entstehen könnten. Dafür, dass das **Verhältnismäßigkeitsprinzip** einer Regelung nicht entgegensteht, gibt es ebenfalls gute Argumente. Insbesondere die Begründung der Europäischen Kommission zur Unverhältnismäßigkeit der

mit einer Regelung verbundenen Kosten ist angreifbar. Jedenfalls im Ergebnis entsprechen die Einschätzungen zum Subsidiaritäts- und Verhältnismäßigkeitsprinzip auch der Einschätzung des Europäischen Parlaments und des Rates der Europäischen Union im Zeitpunkt der Annahme der in Artikel 16 WRRL enthaltenen Bestimmungen.

Die Aufhebung bestehender gemeinschaftsrechtlicher Regelungen von Emissionsbegrenzungsmaßnahmen und damit eine Renationalisierung eines Teils des wasserrechtlichen *aquis communautaire* ist wie in den Entwürfen auch in dem Vorschlag vorgesehen.

Auch in dem Vorschlag schlägt die Europäische Kommission wie in den Entwürfen nicht - jedenfalls nicht ausdrücklich - die Aufhebung von Artikel 16 Abs. 6 und 8 S. 1 WRRL vor, so dass ihre Verpflichtung aus Artikel 16 Abs. 6 und 8 S. 1 WRRL auch bei Annahme ihres Vorschlags durch das Europäische Parlament und den Rat der Europäischen Union bestehen bliebe.

Anders als in den Entwürfen wird die Verpflichtung, Emissionsbegrenzungsmaßnahmen im Umfang des Artikel 16 Abs. 6 und 8 S. 1 WRRL zu treffen, nicht auf die **Mitgliedstaaten** übertragen. Es bleibt damit bei den bestehenden Pflichten der Mitgliedstaaten zur Regelung und zum Vollzug von Emissionsbegrenzungsmaßnahmen. Dabei handelt es sich um die Folgenden. Die Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) enthält die Verpflichtung die Erteilung von Anlageneinigungen unter anderem von der Einhaltung der besten verfügbaren Techniken abhängig zu machen. Artikel 11 Abs. 3 g) und h) i. V. m. Abs. 7 WRRL sieht vor, dass die Mitgliedstaaten in ihren nationalen Maßnahmenprogramme bis zum 23. Dezember 2009 auch Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung durch Punkt- und diffuse Quellen vorsehen und diese bis zum 23. Dezember 2012 vollziehen. Darüber hinaus sind die Mitgliedstaaten gemäß Artikel 16 Abs. 8 S. 2 und 3 WRRL verpflichtet, für Oberflächengewässer Emissionsbegrenzungsmaßnahmen für die Hauptquellen festzulegen, sofern es nicht zu einer rechtzeitigen Einigung darüber auf Gemeinschaftsebene kommt. Artikel 4 Abs. 1 a) iv) WRRL stellt die Verpflichtung der Mitgliedstaaten klar, die Vorschriften zur Reduktion und Beendigung von Emissionen prioritärer Stoffe zu vollziehen, die entweder von den Gemeinschaftsorganen auf der Grundlage von Artikel 16 Abs. 1 und Abs. 8 S.1 WRRL oder von den Mitgliedstaaten auf der Grundlage von Artikel 16 Abs. 8 S. 2 oder 3 WRRL getroffen worden sind. Die Bestimmungen bleiben materiell hinter den Anforderungen zurück, die Artikel 16 WRRL an die Regelung von Emissionsbegrenzungsmaßnahmen durch die Gemeinschaftsorgane stellt. Insbesondere sind die Mitgliedstaaten nicht dazu verpflichtet, Regelungen zur Einstellung von Emissionen zu treffen. Die Mitgliedstaaten tragen das Prozessrisiko für die europä-

rechtskonforme Umsetzung. Bei einer Regelung von Emissionsbegrenzungsmaßnahmen auf Gemeinschaftsebene würde das Prozessrisiko insoweit reduziert, als dass der Erlass nationaler Maßnahmen, soweit Gemeinschaftsregelungen bestehen, nicht mehr getroffen würde.

Im Übrigen enthält der Vorschlag **Kontrollbestimmungen**, die der Kontrolle der Einhaltung der Verpflichtungen der Mitgliedstaaten dienen sollen.

Nach Artikel 4 Abs. 5 des Vorschlags überprüft die Europäische Kommission, ob die Mitgliedstaaten bis 2025 ihre nach Artikel 4 Abs. 1 a) iv) WRRL bestehenden Reduktions- und Beendigungspflichten erfüllt haben. Dies ist lediglich eine Konkretisierung der allgemeinen Kontrollpflichten der Europäischen Kommission als Hüterin des Gemeinschaftsrechts, die in den Entwürfen nicht enthalten war.

Es ist darauf hinzuweisen, dass sich die in Artikel 4 Abs. 1 a) iv) WRRL in Bezug genommenen Reduktions- und Beendigungspflichten der Mitgliedstaaten auf die Verpflichtung beschränken, Vorschriften zur Reduktion und Beendigung von Emissionen prioritärer Stoffe zu vollziehen, sofern diese denn entweder von den Gemeinschaftsorganen auf der Grundlage von Artikel 16 Abs. 1 und Abs. 8 S.1 WRRL oder aber von den Mitgliedstaaten auf der Grundlage von Artikel 16 Abs. 8 S. 2 oder 3 WRRL getroffen worden sind. Legen indes weder die Gemeinschaftsorgane noch die Mitgliedstaaten Reduktions- oder Beendigungspflichten fest, wozu sie auch nicht uneingeschränkt verpflichtet sind, wird auch die Vollzugspflicht der Mitgliedstaaten aus Artikel 4 Abs. 1 a) iv) WRRL gegenstandslos und damit auch die im Vorschlag vorgesehene Kontrolle der Vollzugspflicht durch die Europäische Kommission.

Selbst wenn die Gemeinschaftsorgane oder Mitgliedstaaten Regelungen treffen und die Mitgliedstaaten damit eine Vollzugspflicht trifft, bestimmt der Vorschlag, dass diese Vollzugspflicht erst für das Jahr 2025 kontrolliert wird. Insoweit ist anzumerken, dass die Mitgliedstaaten nach Artikel 11 Abs. 7 WRRL verpflichtet sind, die in ihren nationalen Maßnahmenprogrammen enthaltenen Maßnahmen bereits bis zum 22. Dezember 2012 in die Praxis umzusetzen. Diese Verpflichtung würde durch das Abstellen auf das Jahr 2025 ausgehöhlt.

Gemäß Artikel 4 Abs. 1 bis 4 des Vorschlags sind die Mitgliedstaaten zudem zur Erstellung und Übermittlung einer Bestandsaufnahme über die Emissionen, Einleitungen und Verluste relevanter Stoffe verpflichtet, die der Europäischen Kommission die Ausübung ihrer Kontrollpflichten erleichtern soll.

4.3 Handlungsoptionen

Deutschland hat im Rahmen des Rechtsetzungsverfahrens die Möglichkeit, auf die inhaltliche Ausgestaltung der Richtlinie in den Grenzen des Artikel 251 EG Einfluss zu nehmen. Alternativ kommt die Möglichkeit in Betracht, von der Europäischen Kommission die Vorlage eines den Vorgaben der WRRL entsprechenden, gemeinschaftsrechtliche Emissionsbegrenzungsmaßnahmen enthaltenden Vorschlags nach Artikel 232 EG im Rahmen einer Untätigkeitsklage zu fordern. Unabhängig davon trifft Deutschland mit Ablauf des 22. Dezember 2006 die Verpflichtung aus Artikel 16 Abs. 8 S. 1 WRRL, für alle Oberflächengewässer, die von Einleitungen betroffen sind, Begrenzungsmaßnahmen für die Hauptquellen dieser Einleitungen festzulegen, sofern es bis dahin nicht noch zu einer Einigung auf Gemeinschaftsebene gekommen ist. Diese Verpflichtung gilt zusätzlich zur Verpflichtung nach Artikel 4 Abs. 3 g) und h) i. V. m. Abs. 7 WRRL, Emissionsbegrenzungsmaßnahme im Rahmen der nationalen Maßnahmenprogramme vorzusehen und zu vollziehen.

4.4 Stellungnahme der Bundesregierung

Die Bundesregierung hat zu dem Vorschlag Stellung genommen. Die Forschungsnehmer lieferten Unterstützung für die Ausarbeitung. In ihrer Stellungnahme befürwortet die Bundesregierung die Einführung eines gemeinschaftsweiten Konzepts von Emissionsbegrenzungsmaßnahmen. Sie spricht sich daher zum einen dafür aus, dass in den Vorschlag geeignete Bestimmungen zur Emissionsbegrenzung und -beendigung aufgenommen werden (Pflicht zur Einhaltung bester verfügbarer Techniken auch von den Betreibern von Nicht-IVU-Anlagen, Begrenzung von Emissionen diffuser Quellen gemäß der besten Umweltpraxis, Stoffregulierungen im Hinblick auf die Einstellung von Emissionen prioritär gefährlicher Stoffe, Einrichtung eines Informationsaustauschs). Zum anderen lehnt sie es ab, dass bestehende Regelungen zur Emissionsbegrenzung auf Gemeinschaftsebene aufgehoben werden, sofern dafür kein gleichwertiger Ersatz auf Gemeinschaftsebene geschaffen wird. Darüber hinaus befürwortet sie grundsätzlich die in dem Vorschlag enthaltenen Kontrollbestimmungen, fordert indes eine Kongruenz mit den Bestimmungen, deren Einhaltung kontrolliert werden soll. Im Hinblick auf die Festlegung von Umweltqualitätsnormen fordert sie Modifikationen und Konkretisierungen.

5 Datenblätter prioritäre Stoffe

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Ermittlung der Quellen für die prioritären Stoffe nach Artikel 16 der Wasserrahmenrichtlinie und Abschätzung ihrer Eintragsmenge in die Gewässer in Deutschland“ wurden detailliert alle zum Zeitpunkt 2001/2002 verfügbaren Informationen zur Produktion und Verwendung sowie zur Emissionssituation der 33 prioritären Stoffe erfasst und ausgewertet (Böhm et al., 2002). Diese Auswertungen wurden fortgeführt und die vorliegenden Ergebnisse entsprechend aktualisiert. Aufgrund der Bedeutung der prioritären Stoffe im Bereich des Gewässerschutzes sowie teilweise auch in anderen Umweltschutzbereichen wurden zwischenzeitlich zahlreiche zusätzliche Untersuchungen veröffentlicht. U. a. sind folgende Arbeiten zu nennen:

- Risikobewertungen (Risk Assessments) im Rahmen der EU-Chemikalienbewertung: Cadmium (Final draft, 2003), Octylphenol (2005), SCCP (Aktualisierung, Draft 2003 bzw. Final Draft 2005), Trichlormethan (Draft, 2003), Anthracen (Draft 2003), DEHP (Final Draft), Penta-, Octa-, DecaBDPE (Final); Teeröle (Draft);
- OSPAR-Dokumente zu gefährlichen Schadstoffen (z. B. zu Cadmium, 2004; Octylphenol, 2004; Trifluralin, 2005; Trichlorbenzol (update, 2005);
- Arbeiten auf EU-Ebene teilweise in Vorbereitung oder als Hintergrund zu neuen Regelungen: Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber der EU (KOM(2005) 20, März 2005), POP-Verordnung (2004), Richtlinie 2004/107/EG zu Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und PAKs in der Luft, Novellierung der Batterie-Richtlinie, PAK-Gehalt in Weichmacherölen und Reifen (2005), Beschränkungen für Trichlorbenzol (2005), Begrenzung der Cadmium-Gehalte in Düngemitteln, thematische Strategie zum nachhaltigen Einsatz von Pestiziden (2006);
- Bestandsaufnahmen der Bundesländer;
- Ergebnisse neuer Forschungsvorhaben: z. B. UBA-Texte 19/05: Einträge von Cu, Zn und Pb; MUNLV-NRW: Untersuchungen zum Eintrag und zur Elimination von gefährlichen Stoffen in kommunalen Kläranlagen; BUWAL: Cd-Gehalte in Zink-Produkten;
- Ergebnisse des europäischen Emissionsinventars EPER für das Jahr 2001;
- Informationen von Industrieverbänden und Unternehmen.

Zur kompakten Darstellung der aktuellen Informationen zu den prioritären Stoffen wurden die Informationen in stoffspezifische Datenblätter zusammengefasst (s. Anhang). Diese Datenblätter werden zusätzlich im Internet veröffentlicht. Die allgemeine Gliederung der Datenblätter ist in Tabelle 5–1 beschrieben.

Tabelle 5–1: Allgemeine Gliederung der Datenblätter zu den prioritären Stoffen

1	Nomenklatur und Stoffeigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> • CAS-Nummer, IUPAC-Name, EINECS-Nummer • Atomgewicht, Molekulargewicht • Aggregatzustand, Farbe • Chemisch-physikalische Stoffeigenschaften (Wasserlöslichkeit, Dichte, Dampfdruck, etc.) • Abbaubarkeit • Bioakkumulation • Toxizität/Ökotoxizität
2	Stoffspezifische Regelungen	<ul style="list-style-type: none"> • Bezogen auf Emissionen in Wasser und Gewässerqualität • Bezogen auf Emissionen in die Luft • Bezogen auf Emissionen in Böden • Bezogen auf Emissionen aus Gebrauchsgegenständen • Einstufung und Kennzeichnung
3	Monitoring-Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Analytik (Bestimmungsverfahren, Bestimmungsgrenzen) • Ergebnisse der Bestandsaufnahmen der Bundesländer und der Flussgebietsgemeinschaften • sonstige Ergebnisse Gewässer/Sediment, Abwasser, Klärschlamm • ggf. auch Daten zur Luftbelastung
4	Produktion und Verwendung	<ul style="list-style-type: none"> • Produktion in Deutschland bzw. Europa • Verwendungen in Deutschland bzw. Europa
5	Emissionssituation	<ul style="list-style-type: none"> • gewässerrelevante Emissionspfade, Emissionsmengen
6	Ansätze für Emissionsminderungsmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse der EU-Arbeiten • zusätzliche Ansätze für Maßnahmen
7	Literatur	

6 Relevanz der prioritären Stoffe für Deutschland

Die Bedeutung der 33 auf EU-Ebene als prioritär eingestuften Stoffe bzw. Stoffgruppen ist für Deutschland unterschiedlich. Die Auswahl der Stoffe erfolgte auf Grundlage der COMMPS-Methode (**C**ombined **M**onitoring-based and **M**odelling-based **P**riority **S**etting), in dessen Rahmen EU-weit verfügbare, gemessene Gewässerkonzentrationen (Monitoring-Daten) oder, soweit keine ausreichende Zahl an gemessenen Daten vorliegen, modellgestützte Daten (Modelling-Daten) ausgewertet wurden. Die Festlegung der Stoffe erfolgte mit der Entscheidung 2455/2001/EG in 2001. Die verwendeten Daten stammten überwiegend aus dem Zeitraum 1994 bis 1998.

Um eine aktuelle Bewertung der Relevanz der Stoffe für Deutschland vornehmen zu können, werden im Folgenden zwei Aspekte stoffspezifisch analysiert:

1. Bewertung der vorliegenden Informationen hinsichtlich der Produktion und Verwendung sowie der Emissionssituation in Deutschland (→ In welchem Umfang ist in Deutschland mit Emissionen für den jeweiligen Stoff zu rechnen?)
2. Auswertung aktueller Monitoring-Daten (→ Wie hoch ist die aktuelle Belastung deutscher Gewässer hinsichtlich der prioritären Stoffe?)

Insbesondere für die Stoffe, für die keine ausreichenden (z. B. aufgrund unzureichender oder unterschiedlicher Analysemethoden) oder keine eindeutigen (deutlich unterschiedliche Ergebnisse in verschiedenen Flussgebieten) Monitoring-Daten vorliegen, ist die Bewertung anhand der Ergebnisse zu Punkt 1 von besonderer Bedeutung.

6.1 Produktion, Verwendung und Emissionen in Deutschland

Für die entsprechend Tabelle 2–1 zusammengefassten Stoffgruppen werden die wichtigsten Informationen zur Verwendung, zu den emissionsrelevanten Regelungen und zur Emissionssituation zusammengefasst. Detailliertere Informationen sind in den jeweiligen Datenblättern enthalten (s. Anhang).

Schwermetalle (Hg, Cd, Pb, Ni):

- **Verwendung:**

Nickel und Blei, aber auch noch Cadmium und Quecksilber werden in Deutschland weiterhin in großen Mengen verwendet. Die in der Vergangenheit sehr breite Anwendung in unterschiedlichsten Bereichen wurde inzwischen für Cd und Hg weitgehend eingeschränkt. Für Hg ist die mengenmäßig wichtigste Anwendung die Chlor-Alkali-Elektrolyse. Daneben wird Hg noch bei der Zahnbehandlung, in Leuchtstofflampen und in Knopfzellen eingesetzt. Der wichtigste Anwendungsbereich für Cd sind Ni/Cd-

Batterien. Eine Rolle spielt außerdem sein Vorkommen als Begleitelement von Zink sowie sein Gehalt in Phosphat-Düngemittel, der durch die Cd-Verunreinigungen in den für die Gewinnung von Phosphat verwendeten Erzen verursacht wird. Die Zahl relevanter Verwendungen von Blei ist wesentlich größer: hier sind u. a. zu nennen Batterien/Akkumulatoren, Halbzeug, Legierungen; Baubereich, Kfz, Munition, Angel- und Tauchsport. Wichtigster Anwendungsbereich von Nickel ist die Stahlveredelung und die Herstellung von Nickellegierungen. Daneben wird Nickel noch für Batterien/Akkumulatoren, Katalysatoren und Pigmente verwendet.

- **Regelungen:**

Entsprechend der großen Zahl an unterschiedlichen Anwendungsbereichen gibt es eine sehr große Zahl an Regelungen, die die Verwendung (z. B. Chemikalienverbots- und Gefahrstoffverordnung, Düngemittelverordnung, Batterieverordnung, Elektro- und Elektronikgerätegesetz, EU-Altfahrzeugrichtlinie) oder die Emissionsmengen (Abwasserverordnung, Abwasserabgabengesetz, Klärschlammverordnung, Bundesimmissionsschutzverordnungen, EU-Gewässerschutzrichtlinie, etc.) beschränken.

- **Emissionssituation:**

Eine genaue Zuordnung der resultierenden Emissionen zu den verschiedenen Verwendungen ist aufgrund der starken Verknüpfung der verschiedenen Produkt-, Abwasser-, Abgas- und Abfallpfade nicht möglich. Im Rahmen der Arbeiten von Fuchs et al. (2002) und Böhm et al. (2002) konnte jedoch eine Bilanz für die relevanten Emissionspfade für insgesamt 8 Schwermetalle bestimmt werden. Die wichtigsten Emissionspfade sind demnach die hohen Emissionen von urbanen und landwirtschaftlichen Flächen sowie die kommunalen Kläranlagen. In deutlich geringerem Umfang tragen industrielle Kläranlagen sowie die atmosphärische Deposition und Altlasten zur Belastung der Oberflächengewässer in Deutschland bei (s. auch Kapitel 7.1).

- **Relevanz:**

Zusammenfassend ergibt sich für alle vier Schwermetalle hinsichtlich der Verwendung und der aktuellen Emissionssituation eine hohe Relevanz für Deutschland.

Pflanzenschutzmittel (Alachlor, Atrazin, Chlorfenvinphos, Chlorpyrifos, Diuron, Endosulfan, Hexachlorcyclohexan, Isoproturon, Simazin, Trifluralin):

- **Verwendung:**

Die Stoffe bzw. entsprechende Produkte werden zum Teil in Deutschland hergestellt und als Pflanzenschutzmittel überwiegend in der Landwirtschaft, aber auch im Bereich von Garten- und Parkanlagen verwendet. Einige Stoffe werden in geringem Umfang auch als Biozide eingesetzt.

- **Regelungen:**

EU/national im Bereich Pflanzenschutzmittel (Pestizidrichtlinie bzw. Pflanzenschutzmittelverordnung).

- nicht (mehr) zugelassen sind: Alachlor, Atrazin, Chlorfenvinphos (Aufbrauchfrist bis 31.12.2007), Endosulfan, HCH, Simazin,
- (noch) zugelassen sind: Isoproturon, Trifluralin, Diuron, Chlorpyrifos (Zulassung bis 31.12.2015 für 2 Produkte).

Im Bereich Biozide (Biozidrichtlinie) werden zurzeit auf EU-Ebene mögliche Zulassungen für Biozidanwendungen für Chlorpyrifos (im Bereich Insektizide, Akarizide und Produkte gegen andere Arthropoden)⁴ und Diuron⁵ (als Antifoulings, Topfkonservierer, Filmkonservierer und Schutzmittel für Mauerwerk) geprüft.

- **Emissionen:**

Nach vorliegenden Emissionsabschätzungen sind die wichtigsten Eintragspfade landwirtschaftliche Flächen, kommunale Kläranlagen und atmosphärische Deposition. Als wesentliche Eintragsquelle werden nicht bestimmungsgemäßer Einsatz der PSM und Hofabläufe eingeschätzt, bei denen die Pestizide bei der Reinigung der Applikationsgeräte in das kommunale Abwassernetz emittiert werden, wenn das Waschwasser nicht sachgerecht entsorgt wird (Eintrag über die Kläranlage als Punktquelle). Weiterhin wird Bodenerosion als relevante diffuse Quelle angesehen. Weitere Punktquellen z. B. aus der Herstellung von Pflanzenschutzmitteln werden dagegen für Deutschland als weniger relevant eingestuft (EAF 2003a).

- **Relevanz:**

Von den in Deutschland zugelassenen Wirkstoffen ist insbesondere Isoproturon aufgrund seiner hohen Einsatzmenge und der Anwendung auf unbewachsenen Feldern als relevant einzustufen. In Deutschland bzw. der EU zugelassen sind außerdem Diuron, Trifluralin und Chlorpyrifos. Im Monitoring der Länder, bei dem Isoproturon und Diuron als relevant identifiziert wurden, wurden allerdings teilweise auch andere prioritäre Pestizide nachgewiesen, die in Deutschland nicht mehr eingesetzt werden dürfen.

⁴ Überprüfung bis 2008

⁵ Überprüfung als Antifouling bis 2008, andere Anwendungen bis 2010

Chlorierte Zwischenprodukte (Hexachlorbenzol, Hexachlorbutadien, Pentachlorbenzol, Trichlorbenzole):**• Verwendung:**

Die Stoffe Hexachlorbutadien, Pentachlorbenzol und Hexachlorbenzol werden nach den vorliegenden Informationen in Deutschland nicht mehr hergestellt und nicht mehr verwendet. Hexachlorbenzol wurde in der Stoffliste der Anlage A des Stockholmer Übereinkommens über persistente organische Schadstoffe (POPs) aufgenommen, für die ein Produktions- und Anwendungsverbot vorgesehen ist. Dieses Verbot wurde über die EU-Verordnung 850/2004 innerhalb der Europäischen Union umgesetzt.

Trichlorbenzol wird in Europa nur von der Bayer AG in Deutschland hergestellt, welche das Produkt nur an Kunden abgibt, die vor der Lieferung in schriftlichen Verwendungsangaben bestätigen, dass sie den Stoff nur als Zwischenprodukt einsetzen. Es dient zur Herstellung von Pflanzenschutzmitteln, Pigmenten und Farben.

• Regelungen:

Die Verbindungen sind sowohl in Deutschland als auch auf EU-Ebene stark reglementiert (Pflanzenschutzanwendungsverordnung, Abwasserverordnung, 2005/59/EG zur Verwendungsbeschränkung von Trichlorbenzol). Die Produktion und Verwendung von Hexachlorbenzol ist über die EU-Verordnung 850/2004 verboten. Hexachlorbutadien ist ein POP-Kandidat unter dem POP-Protokoll der UN-ECE.

• Emissionen:

In geringem Umfang können diese chlorierten Zwischenprodukte als Nebenprodukt der Chlorchemie entstehen. Im Rahmen der Arbeiten zu den POPs wird derzeit ein Emissionsinventar für unerwünscht freigesetzte HCB-Mengen entwickelt. Außerdem bestehen aufgrund früherer Verwendungen bzw. an früheren Produktionsstandorten teilweise Altlasten bzw. belastete Flusssedimente, die zu Umwelt- und Gewässerbelastungen führen können. Für Hexachlorbenzol wird außerdem im Rahmen des Nationalen Durchführungsplan zu persistenten organischen Schadstoffen (POPs) von Deutschland berichtet, dass durch die Verwendung von Nebelmunition zu Ausbildungszwecken im militärischen Bereich jährlich etwa 1.500 kg dieses Stoffs freigesetzt werden (BMU, 2006). Diese Emissionen sollen mittelfristig durch den Einsatz alternativer Substanzen beendet werden.

Trichlorbenzol wurde früher in offenen Anwendungen eingesetzt, wie Trafoöle in Kombination mit PCB (seit 1984 in Deutschland verboten) oder als Carrier in der Textilindustrie (nach CSTE kein Einsatz mehr). Trichlorbenzol entsteht auch beim Abbau von Lindan in der Umwelt.

- **Relevanz:**

Aufgrund der bereits bestehenden weitgehenden Einschränkungen und anstehenden Maßnahmen zur Reduktion der derzeit noch bestehenden Emissionen besitzen diese Stoffe bzgl. ihrer Verwendung und ihrer Emissionen für Deutschland nur noch eine geringe und zukünftig weiter abnehmende Relevanz.

Chlorierte Lösemittel (1,2-Dichlorethan, Dichlormethan, Trichlormethan):

- **Verwendung:**

1,2-Dichlorethan, Dichlormethan und Trichlormethan werden in großen Mengen in Deutschland produziert und überwiegend als Zwischenprodukte in der Synthese eingesetzt. Weitere Anwendungen liegen im Bereich industrielle Löse- und Extraktionsmittel. Ein geringerer Teil wird als Lösemittel in nicht industriellen Bereichen eingesetzt (insbesondere Dichlormethan als Entschichtungsmittel).

- **Regelungen:**

Im Abwasserbereich werden diese Lösemittel generell über die Abwasserverordnung (AbwV) über den Summenparameter AOX erfasst und geregelt. Für Luftemissionen gelten Beschränkungen auf Basis des BImSchG wie z. B. durch die 31. BImSchV (Umsetzung der VOC-Richtlinie) oder die TA-Luft.

- **Emissionen:**

Die Verwendung als Lösemittel wird als Haupteintragsquelle eingeschätzt. Bei Trichlormethan gelangt ein Teil der als Lösemittel eingesetzten Menge über das Abwasser in die Oberflächengewässer (EU-RAR 03) sowie in die Luft. Dichlormethan wird in offenen Anwendungen ebenfalls zu einem Großteil über den Luftpfad emittiert. Die atmosphärische Deposition ist als gering einzustufen. Weiterhin sind direkte Einträge aus der Herstellung und Verwendung als Zwischenprodukte sowie aus der Abfallentsorgung zu erwarten.

- **Relevanz:**

Bzgl. der verwendeten Mengen sowie der Emissionssituation sind alle drei Stoffe für Deutschland als relevant einzustufen.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, PAK (Anthracen, Fluoranthen, Naphthalin, PAK):

- **Verwendung:**

Von den zu den PAK gehörenden mehrkernigen Aromaten werden nur Anthracen, Naphthalin und, in sehr kleiner Menge, auch Fluoranthen in Deutschland hergestellt.

Die Stoffe werden zur Herstellung von Farbstoffen und als Zwischenprodukte eingesetzt.

Die Verwendung von Kreosoten im Holzschutz ist in der Vergangenheit stark beschränkt worden und nur noch für gewerbliche und industrielle Anwendungen gestattet.

- **Regelungen:**

Die Emissionen in Gewässer werden in der AbwasserV (Anhang 46, Steinkohleverkennung) beschränkt. Bei der Richtlinie 2004/107/EG zur Luftqualität werden neben Cd, Hg und Ni auch die PAK geregelt. Die Beschränkungsrichtlinien für Teeröle (2001/90/EG) und von PAK in Weichmacherölen und Reifen (2005/69/EG) werden über die ChemikalienverbotsV in deutsches Recht überführt.

- **Emissionen:**

Es liegen bislang keine vollständigen Emissionsabschätzungen für Gewässer vor; diese sollen in einem derzeit laufenden UBA-Forschungsvorhaben erhoben werden.

Die Einträge aus der Produktion in Gewässer sind gering. Die Emissionen in die Umwelt erfolgen vor allem aus Verbrennungsprozessen (Hausbrand, Industriefeuerungen, Verkehr) und über die atmosphärischer Deposition in die Gewässer. Ein weiterer Eintrag erfolgt durch „Altlasten“ wie Kreosot-behandeltes Holz oder Teerölfarben, wie sie im Stahlwasserbau oder als Schiffsanstrich in der Vergangenheit benutzt wurden.

- **Relevanz:**

Aufgrund der hohen Einträge in die Atmosphäre mit anschließender Deposition haben die PAK eine hohe Relevanz.

Sonstige Einzelverbindungen (C₁₀₋₁₃-Chloralkane, Pentachlorphenol, Benzol, Nonyl-phenole, Octylphenole, Tributylzinnverbindungen, Bromierte Diphenylether, DEHP):

- **Verwendung:**

Kurzkettige Chloralkane (C₁₀₋₁₃-Chloralkane oder auch SCCP) wurden in der Vergangenheit u. a. als Hochdruckadditiv für Schmierstoffe in der Metallverarbeitung, als Fettlösemittel in der Lederbearbeitung, als Flammschutzmittel bspw. in Textilien und Gummi sowie als Weichmacher/Bindemittel in Farben, Dichtungsmitteln und Klebstoffen eingesetzt. Die beiden ersten Verwendungsbereiche wurden allerdings 2002 mit Wirkung ab 2004 eingeschränkt, die Verwendungsmengen insgesamt waren in den letzten Jahren auf EU-Ebene deutlich rückläufig. In Deutschland werden kurzkettige Chloralkane bereits seit 1998 nicht mehr hergestellt und nur noch in sehr geringen Mengen eingesetzt. Allerdings gelangen über importierte Produkte gewisse Mengen

weiterhin in die Anwendung. Außerdem sind in mittelkettigen Chloralkanen bis zu 1 % kurzkettige Chloralkane enthalten.

Nonylphenole dienen zur Herstellung von Klebstoffen und Lacken sowie als Ausgangsstoff für die Herstellung von Nonylphenoethoxylaten (NPEO), die als Tensid bzw. Emulgator in großen Mengen in einer Vielzahl von Bereichen eingesetzt werden. Aufgrund nationaler und EU-weiter Beschränkungen sind die Verwendungsmengen jedoch deutlich gesunken. **Octylphenol** wird in Deutschland nur noch in geringen Mengen eingesetzt. In der EU ist ein wichtiger Anwendungsbereich der Einsatz als Klebverstärker in Gummi für Reifen.

Der mit Abstand wichtigste, inzwischen allerdings stark eingeschränkte Verwendungsbereich von **Tributylzinnverbindungen** ist der Einsatz als Antifouling-Farbe für Schiffe. In der Vergangenheit wurden diese Verbindungen auch noch als Desinfektionsmittel bzw. als Biozid im Holzschutz oder auch bei Produkten wie Leder, Papier und Textilien eingesetzt. Emissionen können allerdings auch durch die in Mono- und Dibutylzinnverbindungen produktionsbedingt enthaltenen Tributylzinn-Verunreinigungen verursacht werden.

Die Verwendung von **Pentachlorphenol** (PCP) als Holzschutzmittel/Fungizid ist seit 1989 in Deutschland verboten. Die Gehalte von PCP in der Umwelt sind rückläufig. Mögliche Emissionsquellen stellen in der Vergangenheit mit PCP-behandelte oder importierte Produkte (z. B. Leder) dar.

Benzol ist in der industriellen Chemie die wichtigste Basis für die aromatischen Zwischenprodukte (Styrol, Cumol) sowie für die Gruppe der cyclo-aliphatischen Verbindungen (Cyclohexan). Benzol ist ein Bestandteil von Otto-Kraftstoffen.

Bromierte Diphenylether werden als Flammschutzmittel-Additive in Kunststoffen und Textilien eingesetzt. Während die als PHS eingestufteten Penta- und Octa-Bromdiphenylether seit 2004 verboten sind, ist die Verwendung von Deca-Bromdiphenylether weiterhin erlaubt.

Während **DEHP** noch in den 90iger Jahren den mengenmäßig wichtigsten PVC-Weichmacher in der EU darstellte (über 500 000 Tonnen pro Jahr), wird es seit der Legaleinstufung als reproduktionstoxisch, Kategorie 2, (im Jahr 2001) zunehmend durch die nicht eingestuften längerkettigen Phthalate DINP und DIDP ersetzt. Weitere, mengenmäßig geringfügigere Verwendungen liegen im Bereich Dichtungsmittel, Farben und Lacke.

- **Regelungen:**

Für einige der Stoffe bestehen nationale bzw. EU-weite Stoffbeschränkungen:

- 2002/45/EC: Anwendungsverbot für kurzkettige Chloralkane in den Bereichen Metallverarbeitung und Leder; aufgrund der Ergebnisse des aktualisierten Risk Assessments (BRE, 2005) soll die Anwendung kurzkettiger Chloralkane weiter eingeschränkt werden.
- 2000/69/EG: für Benzol (und Kohlenmonoxid) werden Luftqualitätsziele gefordert.
- 98/70/EG: regelt die Qualität von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen und schreibt eine maximale Volumenkonzentration von 1 % für Benzol fest.
- 2002/62/EC und 782/2003: Anwendungsverbot für zinnorganische Verbindungen auf Schiffen zur Umsetzung des Verbots zinnorganischer Verbindungen als Biozid in Antifouling-Anstrichen durch die Internationale Seeschiffahrtsorganisation IMO: Verbot aktiver TBT-Anstriche ab dem 1. Juli 2003, ab dem 1. Januar 2008 dürfen Schiffe mit aktiven TBT-Anstrichen EU-Häfen nicht mehr anlaufen.
- 2003/53/EC: Anwendungseinschränkungen für Nonylphenol und Nonylphenoethoxylate für verschiedene Anwendungsbereiche, u. a. Reinigungs-, Textilhilfs- und Pflanzenschutzmittel.
- 2003/11/EC: Herstellungs-, Verwendungs- und Importverbot für Pentabromdiphenylether und Octabromdiphenylether.
- 2005/84/EC: Beschränkung des Inverkehrbringens von Phthalaten in Spielzeug und Babyartikeln.

Zusätzlich bestehen über die Abwasserverordnung Emissionsbeschränkungen in verschiedenen Branchen.

- **Emissionen:**

Für die meisten dieser Stoffe liegen keine detaillierten Emissionsberechnungen vor. Abschätzungen sind schwierig, da durch (importierte) Produkte diffuse Emissionen verursacht werden (z. B. über Textilien, Elektrogeräte) und es aufgrund der langen Nutzungsdauern einzelner Produktgruppen zu einer Depotwirkung kommt, so dass bereits länger zurückliegende Nutzungen auch jetzt noch zu Emissionen führen können. Für Nonylphenol zeigen Abschätzungen von Böhm et al. (2002), dass die größten Emissionsmengen durch Einträge aus importierten Textilien in die häuslichen Abwässer verursacht werden. Emissionen von Octylphenol werden in Deutschland vermutlich überwiegend über die in NPEO-Produkten enthaltenen OPEO-Verunreinigungen verursacht. Beim Einsatz von Tributylzinnverbindungen als Antifouling-Anstrich werden sowohl während der Nutzungsphase als auch bei Reinigungs- und Wartungsarbeiten Emissionen verursacht. Damit werden erst nach dem vollständigen Ersatz bereits bestehender, TBT-haltiger Anstriche die Emissionen vollständig reduziert. Ein eigener Anhang zur Abwasserverordnung für den Bereich Werften ist derzeit in der Bearbei-

tung. Die Emissionen aufgrund von Verunreinigungen in Mono-/Dibutylzinnverbindungen sind dagegen deutlich geringer.

Kunststoffadditive wie DEHP werden insbesondere bei Kunststoffprodukten in Außenanwendungen (Dachfolien, LKW- und Zeltplanen, Unterbodenschutz) diffus in die Umwelt emittiert, indem sie unter Witterungseinfluss aus der Matrix eluiert oder vaporisiert werden bzw. bei hoher Beanspruchung der Produkte in feinen Partikeln mit großer Oberfläche in der Umwelt verteilt werden. Auch aus Innenanwendungen werden die Additive ausgetragen oder ausgewaschen (Fußbodenbeläge, Textilien) oder in die Luft emittiert (Bodenbeläge, Vinyltapeten). Eine weitere Emissionsquelle stellen nach der Gebrauchsphase die Abfälle dar.

Benzol wird als VOC sowohl in der Kraftstoffinfrastruktur als auch in der Chemischen Industrie durch Abluft emittiert.

- **Relevanz:**

- Nonylphenole besitzen aufgrund der großen Verwendungsmengen und den über Importprodukte eingetragenen Mengen für Deutschland eine hohe Relevanz. Dies gilt zumindest teilweise auch für die Octylphenole, die in den Nonylphenol-Verbindungen als Verunreinigung enthalten sein können.
- Trotz abnehmendem Anteil von DEHP am Gesamtweichmachermarkt ist die verwendete Menge aufgrund der weiten Verbreitung von Weich-PVC-Produkten nach wie vor hoch.
- Benzol hat auf Grund der großen Produktionsmenge und als Inhaltsstoff in Ottokraftstoffen eine hohe Relevanz.
- Die Relevanz der Tributylzinnverbindungen nimmt für Deutschland aufgrund der inzwischen bestehenden Verwendungsbeschränkungen deutlich ab.
- Nach dem Verbot von Penta- und Octa-Bromdiphenylether sollte die Relevanz der Emissionen über noch verwendete Produkte allmählich abnehmen. Die Relevanz der Verwendung und Emission von Dekabromdiphenylether insbesondere durch importierte Erzeugnisse ist dagegen unklar.
- Aufgrund der nur noch geringen Verwendungsmengen und den bestehenden bzw. zu erwartenden Regelungen besitzen die C₁₀₋₁₃-Chloralkane sowie Pentachlorphenol nur eine geringe Relevanz.

In Tabelle 6–1 sind die wichtigsten Informationen zur Verwendungs- und Emissionssituation für die einzelnen Stoffe zusammengefasst.

Tabelle 6–1: Übersicht über die wichtigsten Verwendungen und Emissionsquellen für die prioritären Stoffe in Deutschland

Prioritärer Stoff	wichtige Verwendungen in Deutschland	Emissionen
Blei	Akkumulatoren, Halbzeug, Legierungen; Baubereich, Kfz, Jagd-/Angel-/Tauchsport	Schwermetall-MONERIS:
Cadmium	Batterien, (Stabilisatoren, Legierungen) Begleitelement von Zn, Düngemittel	- urbane/landwirtsch. Flächen
Nickel	Stähle, Ni-Legierungen, Batterien, Beschichtungen, Katalysatoren	- komm./ind. Kläranlagen
Quecksilber	Chlor-Alkali-Elekt., Knopfzellen, Leuchtstofflampen, Zahnbehandlung (→Krematorien)	- atm. Dep., Altlasten, ...
PAK (Anthracen, Fluoranthen Naphthalin, PAK)	Entstehung von PAKs bei Verbrennungsprozessen; Kreosot (lokale Freisetzung); Teerölfarben (Schiffe, Korrosionsschutz); Anthracen, Fluoranthen, Naphthalin: Farbstoffe, Zwischenprodukt	überwiegend über atm. Deposition
1,2-Dichlorethan	Zwischenprodukt bei Vinylchlorid-Herst.	in D Einträge (Luft und Wasser) aus Herstellung von Grundchemikalien und Abfallbehandlung
Dichlormethan	industrielles Löse- und Extraktionsmittel, zu 10% als Entschichtungsmittel	Emissionen aus Anwendung als Lösemittel (Metallverarbeitung), Luft-Emissionen aus offener Anwendung (atm. Deposition wird als gering eingeschätzt)
Trichlormethan (Chloroform)	Zwischenprodukt und Lösemittel,	Emissionen aus Verwendung als Lösemittel über Abwasser und Luftpfad
Hexachlorbenzol	POP; keine Produktion, keine Verwendung	Emissionen bei der Verwendung von Nebelmunition; Altlasten/Sedimente; Nebenprodukt
Hexachlorbutadien	keine Produktion, keine Verwendung	Nebenprodukt Chlorchemie
Pentachlorbenzol	keine Produktion, keine Verwendung; (Ausgangsstoff für Quintocene; seit 1992 in D verboten)	Altlasten/Sedimente
Trichlorbenzole	Produktion; Einsatz als Zwischenprodukt	
Alachlor	in D nicht zugelassen	
Atrazin	in D nicht zugelassen	
Chlorfenvinphos	in D nicht zugelassen	
Chlorpyrifos	in 2 Produkten bis 2015 als PSM zugelassen; als Biozid zur Überprüfung	
Diuron	in D als PSM zugelassen, als Biozid zur Überprüfung	
Endosulfan (alpha-endosulfan)	in D nicht zugelassen	
Hexachlorcyclohexan (HCH)	in EU seit 2002 nicht mehr zulassungsfähig	Altlasten In D eine Punktquelle Wasser direkt (Herstellung anorg. Grundchemikalien)
Isoproturon	in D zugelassen	diffuse Einträge über Landwirtschaft, erhöht durch nicht bestimmungsgemäßen Einsatz, Punkteinträge durch Hofabläufe

Prioritärer Stoff	wichtige Verwendungen in Deutschland	Emissionen
Simazin	in D nicht zugelassen	
Trifluralin	in D zugelassen	
Benzol	hochvolumiges Zwischenprodukt, Bestandteil von Vergaserkraftstoff	atm. Deposition
Bromierte Diphenylether	Flammschutzmittel; seit 8/2004 Verbot des Inverkehrbringens für Penta- und OctaBDPE (inkl. Produkte); DecaBDPE in Produkte	diffuse Emissionen DecaBDPE durch importierte Produkte
C10-13-Chloralkane	Flammschutzmittel, Weichmacher; EU-weite Beschränkung 2002/45/EC; in D keine Produktion	diffuse Emissionen durch importierte Produkte, Depotwirkung
Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP)	Weichmacher in PVC;	Einträge aus PVC-Verarbeitung, Kläranlagen, diffuse Emissionen über Produkte und Altprodukte
Nonylphenole	Klebstoff, Lacke; NPEO als Tensid; Verwendungsbeschränkung über 2003/53/EC	Emissionen über NPEO (Tensid); importierte Textilien; über PSM
Octylphenole	in D keine Produktion mehr; nur noch geringe Verwendung	Emissionen über Verunreinigungen in NPEO
Pentachlorphenol	HSM/Fungizid; Verbot seit 1989	Altlasten, Emissionen durch importierte Produkte, Depotwirkung
Tributylzinnverbindungen (Kation)	Antifoulingfarben: Verbot über 782/2003 bzw. 2002/62/EC (Umsetzung IMO-Verbot);	direkte Emissionen bei der Anwendung als Antifouling; Werften; geringe Emissionen aufgrund von Verunreinigungen in Mono-/Dibutylzinnverbindungen

6.2 Monitoring-Ergebnisse

Für einige der prioritären Stoffe werden bereits seit vielen Jahren Untersuchungen zur Belastungssituation in den Oberflächengewässern durchgeführt. Für diese Stoffe liegen entsprechend detaillierte Monitoring für Deutschland vor (z. B. Schwermetalle, PAKs, Pflanzenschutzmittel). Andere Stoffe wurden dagegen bislang im Bereich des Gewässerschutzes nicht näher betrachtet bzw. konnten aufgrund unzureichender Analysemethoden bislang nicht ausreichend genau untersucht werden (z. B. kurzkettige Chlorparaffine, bromierte Diphenylether, Nonyl- und Octylphenol). Im Rahmen der Bestandsaufnahmen der Bundesländer zur Wasserrahmenrichtlinie wurde die vorliegende Belastungssituation für die Oberflächengewässer bewertet. Teilweise wurden dazu zusätzliche Untersuchungsprogramme initiiert. Von Seiten der LAWA erfolgte in 2005 eine Länderabfrage zu den Ergebnissen der Bestandsaufnahmen hinsichtlich der prioritären Stoffe. Zusätzlich wurde abgefragt, wie von Seiten der Bundesländer die Relevanz der prioritären Stoffe aufgrund der im Juni 2005 als Entwurf vorliegenden Qualitätsnormen eingeschätzt wird (in Tabelle 6–3 ist die Entwicklung der Qualitätsnormen in den verschiedenen Entwurfspapieren dargestellt). Die Ergebnisse der Länderabfrage

(nach Lehmann, Vietoris, 2006) sind in Tabelle 6–2 zusammengefasst. Dabei ist jeweils die Zahl der Bundesländer angegeben, die den jeweiligen Stoff als relevant (Überschreitungen von Qualitätsnormen) bzw. nicht relevant eingestuft haben. An der Länderabfrage hatten sich insgesamt 14 Bundesländer beteiligt, 12 Länder haben Angaben zur Bestandsaufnahme gemacht, 7 bzw. 9 Bundesländer zu den im Juni 2005 vorliegenden Qualitätsnormvorschlägen. Zu beachten ist außerdem, dass in den Ländern teilweise unterschiedliche Analyse- und Auswertungsverfahren sowie unterschiedliche Bewertungskriterien verwendet wurden. In der Tabelle sind außerdem Angaben zur Verfügbarkeit ausreichend empfindlicher Analyseverfahren aufgeführt.

Um die in Deutschland vorliegenden Monitoring-Ergebnisse möglichst vollständig zu berücksichtigen, wurden zusätzlich die Ergebnisse der Flussgebietsgemeinschaften bzw. -kommissionen sowie der Bericht Deutschlands zur Durchführung der Richtlinie 76/464/EWG und Tochterrichtlinien (UBA, 2005) mit ausgewertet. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 6–2 dargestellt. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde die Relevanz der prioritären Stoffe für Deutschland aufgrund der vorliegenden Monitoring-Ergebnisse insgesamt bewertet. Für die Stoffe, für die keine ausreichenden Informationen aufgrund fehlender Analyseverfahren vorliegen bzw. für die die vorliegenden Ergebnisse nicht eindeutig ausfallen, wurde ein "?" eingetragen.

Tabelle 6–2: Übersicht über Monitoring-Ergebnisse für die prioritären Stoffe in Deutschland (Ergebnisse der Länderabfrage 2005 nach Lehmann, Viectoris, 2006: Zahlen entsprechen Anzahl der Bundesländer)

	Ergebnisse Länderabfrage 2005			sonstige Monitoring-Ergebnisse ⁶	Gesamtbewertung
	unzureichende Analytik	Bestandsaufnahme ⁷	EQS – Juni 2005 ⁸		
Blei		! (10)	! (7)	! (a, b, c, d, f)	!
Cadmium		! (10)	! (5)	! (a, b, c, d, e, f)	!
Nickel		! (7)	! (6)	! (a, b, c, f)	!
Quecksilber		! (7)	! (7)	! (a, b, c)	!
Hexachlorbenzol	4	!/- (3/6)	!/- (5/3)	! (b, c)	?
Hexachlorbutadien	3	- (11)	- (5)	-	-
Pentachlorbenzol	3	- (6)	- (4)		?
Trichlorbenzole		- (8)	- (5)	-	-
PAK		! (7)	!/-	! (a, b, d, d, e)	!
- Anthracen		!/- (5/7)	- (8)	! (a)	
- Fluoranthen		! (11)	! (5)	! (c, d)	
- Naphthalin		!/- (3/9)	- (5)	! (a)	
C10-13-Chloralkane	14	k. A.	k. A.		?
Pentachlorphenol		- (11)	- (5)		-
Benzol		- (10)	- (7)	-	-
Nonylphenol	4	- (5)	- (6)		?
Octylphenol	3	- (5)	!/- (4/3)		?
Tributylzinnverbindungen	7	! (5)	k. A.	! (b, c, d, e)	!
Alachlor	4	!/- (3/3)	- (7)		?
Atrazin		!/- (5/5)	- (6)	! (a, b, c)	?
Chlorfenvinphos	3	- (4)	- (7)		-
Chlorpyrifos	4	!/- (3/3)	- (4)	! (c, d)	?
Diuron		! (6)	! (6)	! (a, b, d)	!
Endosulfan		- (7)	- (5)		-
Hexachlorcyclohexan		!/- (3/7)	- (6)	! (b,d)	?
Isoproturon		! (7)	! (5)	! (a, b, f)	!
Simazin		!/- (4/5)	- (7)	! (a, d)	?
Trifluralin		!/- (2/3)	- (6)		?
1,2-Dichlorethan		- (10)	- (7)	-	-
Dichlormethan		- (10)	- (8)	-	-
Trichlormethan		- (11)	- (9)	-	-
Bromierte Diphenylether	7	k. A.	k. A.		?
DEHP	5	k. A.	k. A.		?

!: relevant; ?: unklar; -: nicht relevant; k. A.: keine Aussage möglich

⁶ a: UBA, 2005; b: IKSR, Rhein; c: IKSE/ FGE Elbe; d: FGE Ems; e: FGE Oder; f: FGE Donau

⁷ Angaben von 12 Bundesländern

⁸ Angaben von 7 bzw. 9 Bundesländern; Angaben zu Schwermetallen unter Vorbehalt (Gesamtwasserprobe); Angaben zu PAK unterschiedlich je nach Einzelsubstanz

Tabelle 6–3: Entwicklung der Qualitätsnormen (AA-EQS: Mittelwert, MAQ-EQS: Maximal-Wert) zu den prioritären Stoffen in den verschiedenen Entwürfen zur Tochterrichtlinie (jeweils Qualitätsnormen für Binnengewässer)

Ifd. Nr	Substanz	2004		Juni 2005		Dez. 2005		Juni 2006	
		AA-EQS	MAQ-EQS	AA-EQS	MAQ-EQS	AA-EQS	MAQ-EQS	AA-EQS	MAQ-EQS
(1)	Alachlor	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3	0,7	0,3	0,7
(2)	Anthracen	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,4
(3)	Atrazin	0,6	2,9	0,6	2	0,6	2	0,6	2
(4)	Benzol	1,7	49	10	50	10	50	10	50
(5)	Pentabromdiphenylether	0,0005	1,4	0,0005	1,4	0,0005	0,006	0,0005	n.a.
(6)	Cadmium	0,2	1,5	0,2	1,5	0,2	1,5	0,08-0,25*	0,45-1,5*
(7)	C10-C13-Chloralkane	0,4	1,4	0,4	1,4	0,4	1,4	0,4	1,4
(8)	Chlorfenvinphos	0,06	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3
(9)	Chlorpyrifos	0,03	0,1	0,03	0,1	0,03	0,1	0,03	0,1
(10)	1,2-Dichlorethan	10	1180	10	120	10	120	10	n.a.
(11)	Dichlormethan	20	1900	20	240	20	240	20	n.a.
(12)	DEHP	1,3	-	1,3	15,6	1,3	-	1,3	n.a.
(13)	Diuron	0,2	1,8	0,2	1,8	0,2	1,8	0,2	1,8
(14)	Endosulfan	0,005	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01
(15)	Fluoranthren	0,09	0,9	0,1	1	0,1	1	0,1	1
(16)	Hexachlorbenzol	0,0004	0,05	0,0004	0,05	0,0002	0,002	0,01	0,05
(17)	Hexachlorbutadien	0,003	0,6	0,003	0,6	0,003	0,04	0,1	0,6
(18)	g-HCH (Lindan)	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04
(19)	Isoproturon	0,3	1,3	0,3	1,3	0,3	1,0	0,3	1,0
(20)	Blei	0,4	2	2,1	2,8	2,1	2,8	7,2	n.a.
(21)	Quecksilber	-	0,07	0,05	0,07	0,05	0,07	0,05	0,07
(22)	Naphthalin	2,4	80	2,4	28,8	2,4	28,8	2,4	n.a.
(23)	Nickel	1,7	-	1,7	20,4	3,8	13,6	20	n.a.
(24)	Nonylphenol	0,3	2,1	0,3	2	0,3	2	0,3	2
(25)	Octylphenol	0,06	0,13	0,06	0,13	0,12	0,13	0,1	n.a.
(26)	Pentachlorbenzol	0,003	1	0,007	1	0,007	0,08	0,007	n.a.
(27)	Pentachlorphenol	0,2	1	0,2	1	0,4	1	0,4	1
(28)	PAK			0,1				n.a.	n.a.
	Benzo(a)pyren	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	0,05	0,1
	Benzo(b)fluoranthren	0,03	0,1	0,03	0,1	0,03		0,03	n.a.
	Benzo(k)fluoranthren		0,1		0,1				
	Benzo(ghi)perylene		0,1		0,1				
	Ideno(1.2.3-cd)pyren	0,016	0,1	0,02	0,1	0,002		0,002	n.a.
(29)	Simazin	0,7	3,4	1	4	1	4	1	4
(30)	Tributylzinnverbindungen	0,0001	0,002	0,0002	0,002	0,0002	0,0015	0,0002	0,0015
(31)	Trichlorbenzole	0,4	50	0,4	48	0,4	4,8	0,4	n.a.
(32)	Trichlormethan	12	270	12	144	2,5	30	2,5	n.a.
(33)	Trifluralin	0,03	1	0,03	0,9	0,03	0,4	0,03	n.a.

*abhängig von Wasserhärte
n.a.: not applicable

= erhöhte Anforderungen

= verringerte Anforderungen

6.3 Zusammenfassende Bewertung der Emissionsanalyse und der Monitoring-Ergebnisse

Anhand der vorliegenden Informationen zur Verwendung und zur Emissionssituation auf der einen und zu den Ergebnissen des Monitorings auf der anderen Seite ergibt sich das in Tabelle 6–4 dargestellte Bild.

Tabelle 6–4: Relevanz der prioritären Stoffe für Deutschland

Bezeichnung	Einstufung	Anwendung in D	Emissionen in D	Ergebnisse Monitoring	Relevanz
Schwermetalle					
Blei	p	!	!	!	!
Cadmium	pg	!	!	!	!
Nickel	p	!	!	!	!
Quecksilber	pg	!	!	!	!
PAKs					
PAK's (Anthracen, Fluoranthen, Naphthalin, PAK)	p/pg	!	!	z. T.: !	!
chlorierte Verbindungen – Lösemittel					
1,2-Dichlorethan	p	!	!	-	-
Dichlormethan	p	!	!	-	-
Trichlormethan	p	!	!	-	-
chlorierte Verbindungen – Zwischenprodukte					
Hexachlorbenzol	pg	-	?	?	?
Hexachlorbutadien	pg	-	-	-	-
Pentachlorbenzol	pg	-	-	?	-
Trichlorbenzole	p	-	-	-	-
Pestizide					
Alachlor	p	-	-	?	?
Atrazin	p	-	-	?	?
Chlorfenvinphos	p	-	-	-	-
Chlorpyrifos	p	!	!	?	?
Diuron	p	!	!	!	!
Endosulfan	pg	-	-	-	-
Hexachlorcyclohexan	pg	-	?	?	?
Isoproturon	p	!	!	!	!
Simazin	p	-	-	?	?
Trifluralin	p	!	!	?	?
Einzelverbindungen					
Benzol	p	!	!	-	-
Bromierte Diphenylether	pg	(-)	?	?	?
C10-13-Chloralkane	pg	-	?	?	?
DEHP	p	!	!	?	?
Nonylphenole	pg	!	!	?	?
Octylphenole	p	(-)	!	?	?
Pentachlorphenol	p	-	-	-	-
Tributylzinnverbindungen	pg	!	!	!	!

p: prioritär; pg: prioritär gefährlich (Stand Entwurf Juli 2006); !: relevant; ?: unklar; -: nicht relevant

7 Analyse der Emissionssituation relevanter Stoffe / Stoffgruppen

Für die in Kapitel 6.3 für Deutschland als relevant bewerteten Stoffe bzw. Stoffgruppen wird im Folgenden der Bedarf für zusätzliche Emissionsminderungsmaßnahmen untersucht und ggf. mögliche, weitergehende Ansatzpunkte identifiziert. Dabei wird zwischen den wichtigsten Emissionsquellen bzw. Emissionspfaden unterschieden. Soweit möglich wird die Relevanz der Emissionspfade hinsichtlich der Gesamtbelastungen mit diesem Schadstoff bzw. dieser Schadstoffgruppe bewertet. Für die relevanten Emissionspfade/-quellen werden wichtige, bereits laufende Maßnahmen, die die Emissionssituation zukünftig verändern könnten, aufgezeigt. Folgende Emissionspfade bzw. -quellen werden betrachtet:

- urbane Flächen,
- kommunale Kläranlagen,
- industrielle Einleitungen,
- landwirtschaftliche Flächen,
- Altlasten bzw. Altbergbau,
- Produkte sowie
- atmosphärische Deposition einschließlich Luftemissionen.

7.1 Stoffgruppe Schwermetalle

Wie bereits in Kapitel 6.1 beschrieben, spielen für die Schwermetall-Belastungen der Oberflächengewässer eine Vielzahl unterschiedlicher Emissionsquellen eine Rolle (häusliche und industrielle Abwässer, Luftemissionen mit atmosphärischer Deposition, Einträge über Produkte, etc.). Für diese Stoffgruppe besitzen deshalb alle o.g. Emissionspfade Bedeutung und werden deshalb im Folgenden berücksichtigt.

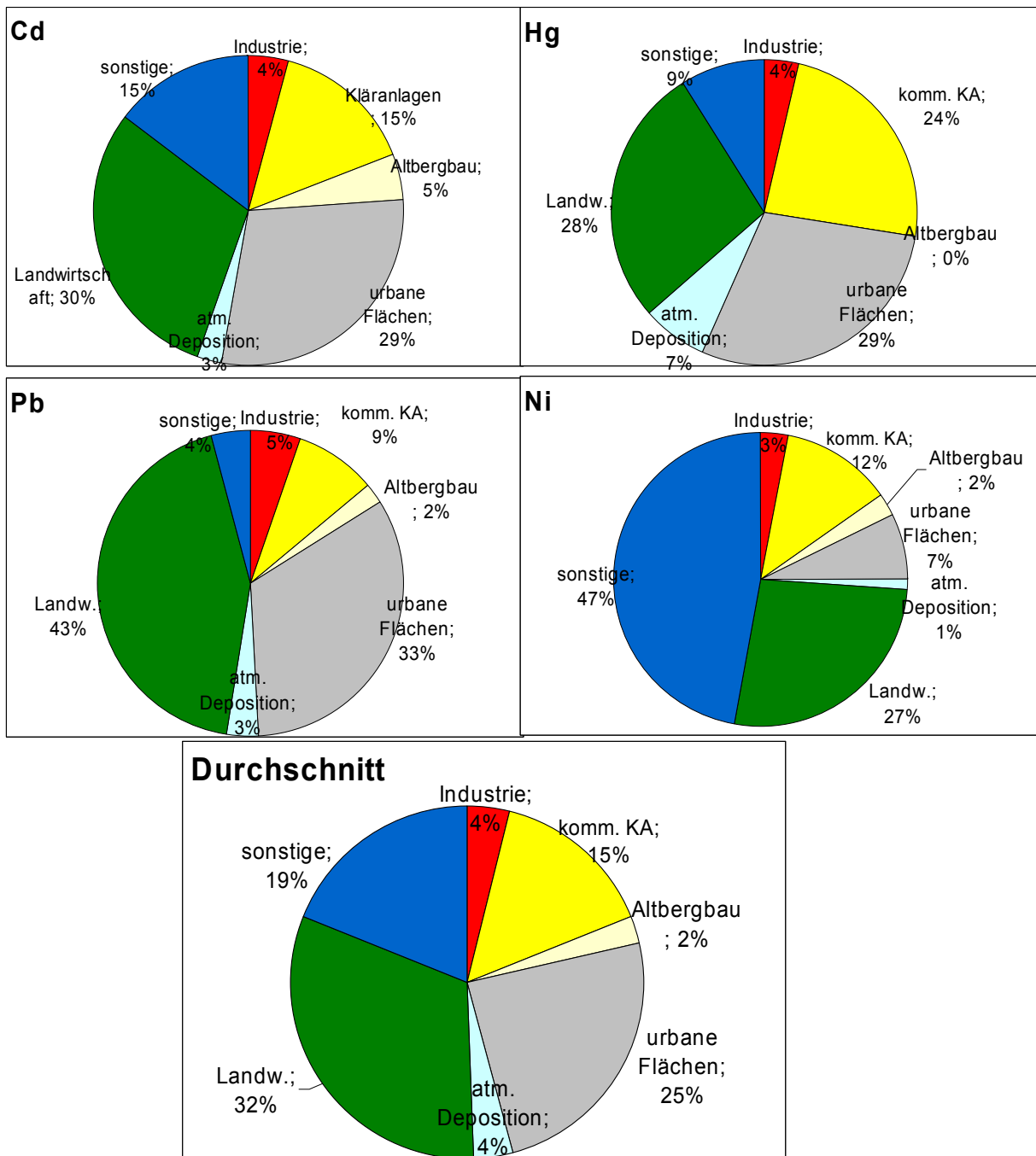
Emissionspfad urbane Flächen

- **Emissionsrelevanz:**

Die Ergebnisse der Arbeiten auf EU-Ebene zur Bewertung der Relevanz der verschiedenen Emissionspfade (s. Kapitel 1) ergaben für die vier Schwermetalle für diesen Bereich (zu betrachten sind hier die Emissionspfade S7 und S8) eine Einstufung in die Kategorie 1 (Bereich trägt zu einem möglichen Verfehlen der WRRL-Ziele bei) bzw. für Hg in Kategorie 2 (unzureichende Informationen). Die Bilanzierung der Einträge der Schwermetalle in die deutschen Oberflächengewässer ergaben das in Abbildung 7–1 dargestellte Bild (vgl. Fuchs et al., 2002, Böhm et al., 2001). Danach spielt der Ein-

tragspfad "urbane Flächen" für alle vier Schwermetalle eine besondere Bedeutung, im Durchschnitt werden 25 % der Einträge in die Gewässer über diesen Pfad verursacht.

Abbildung 7–1: Einträge der vier Schwermetalle in die deutschen Oberflächengewässer – Anteile der wichtigsten Emissionspfade (nach Fuchs et al., 2002)



- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Auf internationaler bzw. nationaler Ebene sind in diesem Bereich derzeit keine Maßnahmen in der Umsetzung.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Technische Möglichkeiten zur Verringerung der Emissionen aus diesem Bereich stehen zur Verfügung. Unter der Überschrift Regenwasserbewirtschaftung zählen dazu sowohl Maßnahmen zur Entsiegelung von Flächen und Versickerung von Regenwasser (Vermeidung von Niederschlagswasser) als auch Maßnahmen zur verbesserten Behandlung des Niederschlagswassers (vgl. Hillenbrand, Böhm, 2004; Hillenbrand et al., 2005). Zur Behandlung wurden in den letzten Jahren neuere Techniken entwickelt und erprobt, die sowohl eine dezentrale als auch eine (semi-)zentrale Behandlung ermöglichen (dezentrale Filteranlagen, Bodenfilter, etc.). Über diese Maßnahmen kann eine weitgehende Elimination von Schwermetallen erreicht werden. Zusätzlich können weitere positive Effekte erzielt werden: Rückhalt anderer Schadstoffe wie z. B. PAKs sowie partikuläre Stoffe, verstärkte Grundwasserneubildung oder auch Verringerung der Hochwassergefahr. Auf nationaler Ebene laufen derzeit vorbereitende Arbeiten für einen neuen Anhang zur Abwasserverordnung für den Bereich "Niederschlagswasser", der für Neubaugebiete Vorgaben zur Regenwasserbewirtschaftung enthalten soll.

Emissionspfad kommunale Kläranlagen

- **Emissionsrelevanz:**

Bzgl. der Einstufung auf EU-Ebene sind hier ebenfalls die Emissionspfade S7 und S8 relevant, die für die vier Schwermetalle mit 1 (Ausnahme Hg mit 2) eingestuft wurden. Für Deutschland ergibt sich im Durchschnitt ein Anteil von 15 % für diesen Eintragspfad (s. Abbildung 7–1).

- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Die Umsetzung der EU-Trinkwasserrichtlinie 98/83/EC bzw. der in 2001 novellierten Trinkwasserverordnung erfordert den Ersatz von Bleirohren in der Trinkwasserversorgung, da ansonsten der Blei-Grenzwert nicht eingehalten werden kann. Durch eine Verringerung der Bleikonzentrationen im Trinkwasser können auch die über den Emissionspfad "kommunale Kläranlagen" in die Gewässer eingeleiteten Bleifrachten verringert werden. In Deutschland werden von Seiten der Wasserversorger bereits seit vielen Jahren Anstrengungen unternommen, die noch vorhandenen alten Bleiinstallationen zu ersetzen. Deshalb ist davon auszugehen, dass bzgl. der resultierenden Bleieinträge in die Gewässer für Deutschland nur noch ein geringes Minderungspotenzial besteht.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Bei einer biologischen Abwasserbehandlung können Schwermetalle in erheblichem Umfang aus dem Abwasser eliminiert und an den Klärschlamm gebunden werden. Nach Fuchs et al. (2002) liegen die mittleren Wirkungsgrade für eine Anlage mit mechanischer Stufe und Belebungsstufe bei 60 % (Cd), 75 % (Hg), 84 % (Pb) und 43 % (Ni), für eine Anlage mit zusätzlicher P-Elimination bei 73 % (Cd), 79 % (Hg), 88 % (Pb) und 63 % (Ni). Die Rest-Gehalte an Schwermetallen im gereinigten Abwasser liegen teilweise in gelöster und teilweise in an Partikeln adsorbierter Form vor. Neue Verfahren wie z. B. die Membranfiltration oder die Aktivkohlefiltration ermöglichen es, die im Ablauf noch enthaltenen partikulären Stoffe vollständig abzutrennen. Dadurch können auch die Emissionen an Schwermetallen weiter verringert werden. Genauere Untersuchungen zu den möglichen Steigerungen der Wirkungsgrade liegen allerdings bislang nicht vor. Zusätzliche Effekte dieser Verfahren sind die Elimination weiterer Schadstoffe wie z. B. organische Spurenstoffe und die Hygienisierung des Abwassers.

Emissionspfad industrielle Einleitungen

- **Emissionsrelevanz:**

Während auf EU-Ebene dieser Eintragspfad als relevant ("1") bewertet wurde, zeigen die Ergebnisse in Abbildung 7–1, dass für Deutschland die Bedeutung mit im Durchschnitt 4 % nur noch vergleichsweise gering ist. Hintergrund ist, dass in Deutschland bereits seit mehreren Jahrzehnten intensive Anstrengungen zur Verringerung der Emissionen von Industriebetrieben erfolgten (zum Vergleich: der Anteil der industriellen Direkteinleiter lag 1985 für die vier hier zu betrachtenden Schwermetalle noch bei einem Durchschnittswert von 35 %).

- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Wichtigste laufende Maßnahme im Bereich industrieller Emissionen ist die Umsetzung der IVU-Richtlinie 96/61/EG. Danach unterliegen bestimmte industrielle und landwirtschaftliche Tätigkeiten einer behördlichen Genehmigungspflicht. Die Erteilung einer Genehmigung ist dabei an die Einhaltung der besten verfügbaren Techniken (BVT oder BAT) gebunden. Neue Anlagen und Anlagen, an denen wesentliche Änderungen vorgenommen werden, sind danach seit dem 30. Oktober 1999 dazu verpflichtet, die Voraussetzungen der Genehmigungen einzuhalten. Bestehende Anlagen müssen die Anforderungen ab dem 30. Oktober 2007 erfüllen. Der Umsetzungsgrad ist in verschiedenen Mitgliedsstaaten sehr unterschiedlich: Insgesamt wurde erst etwa 40 % der bestehenden Anlagen eine Genehmigung gemäß den IVU-Verfahren erteilt (Europäische Kommission, 2006). Für Deutschland liegt dieser Prozentsatz aber mit Stand Juni 2005 bereits bei 83 % (EC, 2006).

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Artikel 16 (2) der IVU-Richtlinie sieht einen EU-weiten Informationsaustausch über die Besten Verfügbaren Techniken (BVT) in den einzelnen Branchen vor. Die Ergebnisse des Informationsaustauschs werden in sog. BVT-Merkblättern niedergeschrieben, die von der Europäischen Kommission veröffentlicht werden und bei der Festlegung von Genehmigungsaufgaben zu berücksichtigen sind. Die BVT-Merkblätter (engl.: Best Available Techniques Reference Documents, kurz: BREFs) enthalten dabei u. a. branchenspezifische Beschreibungen der Abwasserbehandlungstechniken und ggf. auch Angaben zu den mit den einzelnen Techniken im Abwasser zu erreichenden Schadstoffkonzentrationen. Bei der Erarbeitung der BREFs wurde allerdings bislang nur teilweise auf die verschiedenen prioritären Stoffe eingegangen. Am häufigsten gibt es noch Angaben zu Schwermetallen, andere Schadstoffe werden dagegen nur sehr selten erwähnt. Der BVT-Informationsaustausch ist ein kontinuierlicher und dynamischer Prozess. Nach der IVU-Richtlinie sind die Ergebnisse des Informationsaustausches alle 3 Jahre zu veröffentlichen. An den ersten Überarbeitungen wird derzeit gearbeitet. Ein Ansatzpunkt für die Verringerung der Emissionen über industrielle Anlagen ist deshalb eine bessere Integration der Emissionsanforderungen für die prioritären Stoffe bei der Überarbeitung der BREFs. Dies gilt sowohl für den Bereich der Wasser- als auch der Luftemissionen.

Neben den Anlagen, die der IVU-Richtlinie unterliegen, sind zusätzlich auch die Nicht-IVU-Anlagen zu berücksichtigen. Dies gilt vor allem für Anlagen aus Branchen, die nicht der IVU-Richtlinie unterliegen wie z. B. im Bereich der Zahnbehandlung, in dem aufgrund der Verwendung von Amalgam Quecksilberemissionen entstehen. Möglich wäre hier eine Erweiterung der IVU-Richtlinie für die Branchen, die hinsichtlich der Emissionen an prioritären Stoffen eine EU-weite Relevanz besitzen oder zumindest die Initiierung eines Informationsprozesses vergleichbar der BREF-Erarbeitung für IVU-Anlagen.

Nationale Ansatzpunkte für eine weitere Verringerung der Emissionen aus dem Bereich der industriellen Direkt- und Indirekteinleitungen könnte eine Fortschreibung der in den Anhängen zur Abwasserverordnung festgelegten branchenspezifischen Anforderungen sein. Diese Anforderungen wurden im Allgemeinen Ende der Achtziger bis Anfang der Neunziger Jahre erarbeitet. Die zwischenzeitliche Fortentwicklung sowohl im Bereich der nachgeschalteten Abwasserreinigungstechniken als auch bei prozessintegrierten Techniken bspw. aufgrund der Fortschritte der Membrantechnologie würde ggf. eine Absenkung der Emissionsgrenzwerte ermöglichen. Abbildung 7–2 zeigt dabei die Bedeutung der verschiedenen Branchen anhand einer Auswertung der Ergebnisse des europäischen Emissionsinventars EPER für das Jahr 2001. Danach stammt der überwiegende Anteil der Schwermetall-Emissionen aus dem Bereich der organischen

und anorganischen Grundchemikalien. Wie oben bereits erwähnt, ist allerdings der nur noch geringe Anteil der Emissionen aus diesem Bereich an den Gesamtemissionen zu berücksichtigen, der durch die in der Vergangenheit erfolgten Anstrengungen erreicht wurde. Dies zeigt sich auch im Vergleich der industriellen Emissionen in Deutschland zu den Gesamtemissionen innerhalb der EU, die anhand der EPER-Ergebnisse berechnet wurden (s. Abbildung 7–3). Danach liegt der Anteil der direkten Emissionen in die Gewässer (höchster Wert für Blei mit 13 %) deutlich unter dem als Vergleichswert herangezogenen Anteil der Bevölkerung (21,7 %) bzw. des Bruttoinlandsprodukts (23,4 %).

Abbildung 7–2: Ergebnisse des europäischen Emissionsinventars für den Bereich der Schwermetall-Emissionen in Deutschland (EPER, 2001)

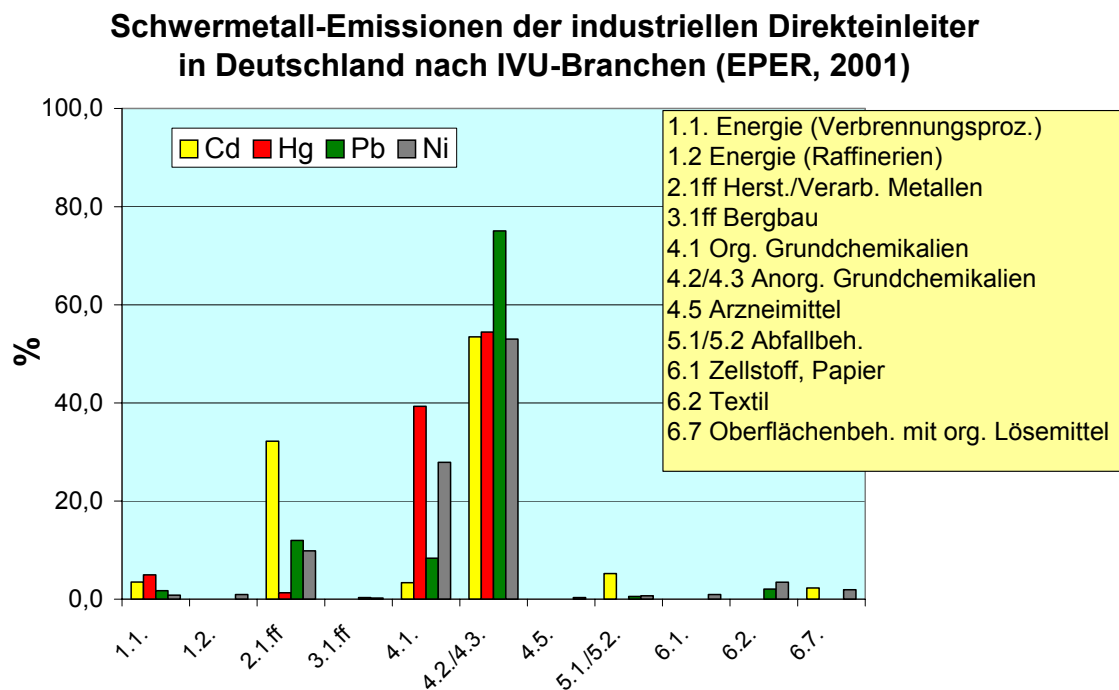
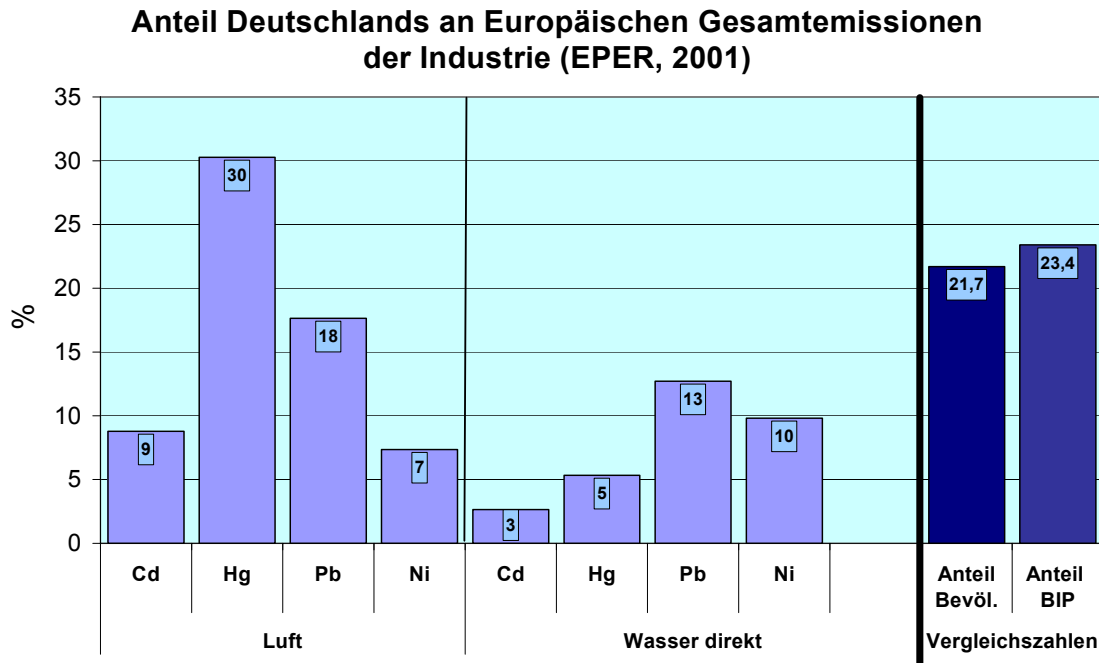


Abbildung 7–3: Ergebnisse des europäischen Emissionsinventars: Anteil der Schwermetall-Emissionen in Deutschland an den europäischen Gesamtemissionen für die Bereiche Luft und Wasser direkt (EPER, 2001; zum Vergleich ist der Anteil der Bevölkerung und des Bruttoinlandsprodukts mit dargestellt)⁹



Emissionspfad landwirtschaftliche Flächen

- **Emissionsrelevanz:**

Der Eintragspfad "landwirtschaftliche Aktivitäten" (S3) wurden im Rahmen der EU-Arbeiten für alle vier Schwermetalle als relevant (Kategorie 1) eingestuft. Die Ergebnisse des Emissionsinventars für Deutschland ergeben im Durchschnitt über die 4 Stoffe einen Anteil von 32 % (s. Abbildung 7–1). Aus diesem Bereich stammen somit die höchsten Emissionen. Bei den Berechnungen wird dabei unterschieden zwischen den Einträgen über Erosion, Dränagen und Oberflächenabfluss, wobei die Einträge über Erosion deutlich überwiegen (s. Fuchs et al., 2002).

⁹ Der hohe Anteil bei den Hg-Luftemissionen ist vermutlich auf unvollständige Meldungen einzelner Mitgliedsstaaten bzgl. Hg-Emissionen aus Feuerungs- und Müllverbrennungsanlagen zurückzuführen.

- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Für diesen Emissionspfad sind die Bestrebungen sowohl auf EU-Ebene als auch auf nationaler Ebene zur Verschärfung der Anforderungen an die Qualität von landwirtschaftlich verwertetem Klärschlamm von Bedeutung. In diesem Rahmen wird erwartet, dass die bestehenden Schwermetall-Grenzwerte abgesenkt werden. Speziell für Cadmium wird diskutiert, den in mineralischen Düngemittel zulässigen Cadmium-Gehalt stärker zu begrenzen: nach einem bereits in 2003 vorgelegten Vorschlag der EU-Kommission zuerst auf 60 mg/kg innerhalb von 5 Jahren mit einem Absinken des Grenzwerts auf 20 mg/kg in 15 Jahren. Bislang konnte allerdings auf EU-Ebene keine Einigung für eine entsprechende Regelung erreicht werden. In Deutschland ist laut Änderung der Düngemittelverordnung vom September 2004 (BGBl. I Nr. 57, S. 2767) ein Cadmium-Grenzwert von 50 mg Cd/kg P₂O₅ für Düngemittel ab 5 % P₂O₅ gültig. Bzgl. der über landwirtschaftlichen Flächen in die Gewässer eingetragenen Schwermetallfrachten ist zu beachten, dass diese Maßnahmen zur Begrenzung der Konzentrationen in Düngemitteln nur indirekt und verzögert wirken (über die mittelfristige Verringerung der Schwermetallgehalte in der oberen Bodenschicht) und das Minderungspotenzial, das sich anteilig aus den über die entsprechenden Düngemittel in den Boden ergibt, insgesamt begrenzt ist.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Entsprechend den Ergebnissen der Emissionsberechnungen ist der wichtigste Ansatz zur Verringerung der Schwermetalleinträge die Durchführung erosionsmindernder Maßnahmen auf entsprechend gefährdenden Flächen. Wichtige Maßnahmen sind bspw. die Mulch- bzw. Untersaat, die Anpassung der Fruchtfolge, eine konservierende Bodenbearbeitung und die Minimierung der mechanischen Bodenbearbeitung. Aufgrund der zusätzlichen Schadstoffgehalte im Oberboden (z. B. Pflanzenschutzmittelrückstände, Phosphor, weitere Schwermetalle) können mit diesen Techniken weitere positive Zusatzeffekte erzielt werden. Aus Sicht der Landwirtschaft wichtigster Effekt ist außerdem der Rückhalt an fruchtbarem Bodenmaterial.

Emissionspfad Altlasten/Altbergbau

- **Emissionsrelevanz:**

Unter dem Emissionspfad S11(belastete Böden, Altlasten) wurden bei den Arbeiten auf EU-Ebene zum einen belastete Sedimente in den Gewässern als auch belastete Böden verstanden. Die Bewertung ergab für Blei und Nickel eine Einstufung in "1", für Cadmium und Quecksilber in "2". Im Rahmen der Erhebungen für Deutschland konnten die Emissionen über belasteten Sedimenten und Böden nicht berechnet werden.

Erfasst wurden jedoch die Emissionen aus dem Bereich des Altbergbaus. Die Ergebnisse im Jahr 2002 ergaben einen durchschnittlichen Anteil von 2 % (s. Abbildung 7–1). Die Datenlage ist bislang jedoch noch sehr unvollständig, da zahlreiche Einleitungsstellen behördlich nicht erfasst sind bzw. keine Messergebnisse für die Einleitungen vorliegen. Im Rahmen eines Fachgesprächs wurden die bisherigen Erkenntnisse für diesen Bereich zusammengetragen (UBA, 2006), die zeigen, dass für einzelne Gewässer bzw. Flussgebiete die Einträge aus dem Altbergbau die dominierende Emissionsquelle darstellen können. Daraus ergibt sich zumindest unter regionalen Gesichtspunkten eine hohe Relevanz für diesen Eintragspfad.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Bei der Minderung der Emissionen aus dem Bereich Altbergbau ergibt sich das grundlegende Problem von i. d. R. sehr großen Wassermengen und niedrigen Schadstoffkonzentrationen. Trotzdem konnten hier Reinigungsverfahren entwickelt werden, die bspw. speziell für die Elimination von Uran eingesetzt werden. Möglich sind aktive und passive Systeme, die an die entsprechenden Abwässer und Reinigungsanforderungen angepasst werden müssen. Abhängig vom gewählten System und der Grubenwasserqualität können die erreichbaren Eliminationsleistungen hoch sein (Morin et al., 2006).

Emissionspfad Produkte:

- **Emissionsrelevanz:**

Durch Produkte verursachte Gewässereinträge wurden sowohl im Rahmen der Arbeiten auf EU-Ebene als auch bei der Inventarisierung der Einträge für Deutschland nicht separat erhoben. Allerdings wurden auf EU-Ebene verschiedene Produkte identifiziert, die für einzelne als relevant eingestufte Emissionspfade (z. B. S3: landwirtschaftliche Aktivitäten, S4: Verkehr, S7 und S8: kommunales Abwasser und Niederschlagswasser) von besonderer Bedeutung sind (z. B. Bleischrot, Angelbleigewichte, Reifen bzgl. Nickel-Einträge). Von Hillenbrand et al. (2005) wurden außerdem für die Schwermetalle Blei, Kupfer und Zink die durch verschiedene Verwendungsbereiche verursachten Gewässer- und Bodenbelastungen bilanziert. Danach können einzelnen Stoffanwendungen deutliche Emissionen zugeordnet werden (z. B. Verwendungen im Fahrzeug- oder Baubereich).

- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Über die EU-Altfahrzeugverordnung (2000/53/EC) wird u. a. der Einsatz bleifreier Bremsbeläge und Auswuchtgewichte für alle nach dem 1. Juli 2003 typengenehmigte Fahrzeuge gefordert. Die Umstellung im Fahrzeugbestand wird allerdings noch einige Jahre in Anspruch nehmen. Für Quecksilber wurde auf EU-Ebene eine Strategie zur Verringerung der Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit erarbeitet

(Mitteilung der Kommission „Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber“, KOM(2005) 20 - Amtsblatt C 52 vom 2. März 2005). In diesem Rahmen wurde zwischenzeitlich ein Kommissionsvorschlag zum Verbot von Hg-haltigen Mess- und Kontrollinstrumenten (u. a. Thermometer) vorgelegt. Weitere Maßnahmen zur Reduktion der Hg-Emissionen, zum Verbot der Hg-Exports, zur Förderung internationaler Maßnahmen, etc. sollen folgen. Der wichtigste Anwendungsbereich für Cadmium sind Batterien. Die zuletzt in 1998 angepasste Batterierichtlinie 91/157/EWG wird derzeit überarbeitet. Vorgesehen ist die Festlegung von Sammelraten (25% bis 2012, 45% bis 2016) und ein Verbot von Batterien mit einem Quecksilber-Gehalt über 0,005% bzw. einem Cadmium-Gehalt über 0,002 %. Ausnahmen dieses Verbots sind jedoch die Bereiche Alarmsysteme, medizinische Ausrüstung und Elektrowerkzeuge, dem mit Abstand wichtigsten Anwendungsbereich von Ni/Cd-Akkus. Die Richtlinie soll in 2006 in Kraft treten und ist innerhalb von 2 Jahren von den Mitgliedsstaaten umzusetzen.

• **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Maßnahmen zur Verringerung von produktbezogenen Emissionen müssen bei den einzelnen Anwendungsbereichen ansetzen. Anwendungsverbote oder -beschränkungen basieren dabei weitgehend auf europäischem Recht, dass von den Mitgliedsstaaten umzusetzen ist. Daneben können "weichere" Maßnahmen wie z. B. Informationsmaßnahmen oder freiwillige Vereinbarungen auch auf nationaler Ebene umgesetzt werden. Für die zu den prioritären Schadstoffen zählenden Schwermetalle sind verschiedene Verwendungsbereiche relevant, z. B.:

- Ersatz von Blei im Bauwesen (ggf. zusammen mit anderen Schwermetallen),
- Ersatz von Blei im Jagd-, Angel- und Tauchsport (Bleimunition, Anglerblei, Taucherblei),
- Einsatz schwermetallfreier Bremsbeläge.

Für die prioritären gefährlichen Schwermetalle Quecksilber und Cadmium ergibt sich folgende zusätzliche Problematik: Aufgrund ihrer hohen Toxizität wurden die Verwendungen dieser Schwermetalle in den letzten Jahren stark eingeschränkt und die noch eingesetzten Verwendungsmengen konnten deutlich reduziert werden. Auf der anderen Seite fallen beide Stoffe sowohl bei Recyclingaktivitäten an als auch bei der Aufbereitung von Zink (Cadmium) bzw. bei der Schließung von Chloralkalialanlagen nach dem Amalgamverfahren (Quecksilber). Diese frei werdenden Mengen können zu einem Rückgang der Marktpreise und international zu unkontrollierten und mit erhöhten Emissionen verbundenen Anwendungen führen. Von der Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" wurde bereits 1994 vorgeschlagen, Cadmium als Abfall zu deklarieren und zu deponieren und damit aus dem Wirtschaftskreislauf auszuschleusen (Enquete, 1994).

Emissionspfad atmosphärische Deposition/Luftemissionen:**• Emissionsrelevanz:**

Einträge in die Gewässer über atmosphärische Deposition wurden für alle vier Schwermetalle auf europäischer Ebene mit "1" als relevant eingestuft. Mit "1" wurden dabei auch die Luftemissionen der Industrie klassifiziert, die zur Belastung der Luft und damit indirekt zur atmosphärischen Deposition beitragen. Für Deutschland ergaben die Berechnungen einen durchschnittlichen Anteil der direkten Einträge durch atmosphärische Deposition auf die Oberflächen der Gewässer von 4 %. Zusätzlich sind jedoch die indirekten Beiträge der Belastungen aus der Luft über die Abschwemmungen von urbanen und landwirtschaftlichen Flächen zu berücksichtigen. Damit ergibt sich insgesamt eine große Bedeutung dieses Eintragspfads.

• wichtige laufende Maßnahmen:

Die Richtlinie 2004/107/EG legt Zielwerte für die Luftqualität für Cadmium und Nickel (zusätzlich auch noch für PAKs und As) fest, zu deren Einhaltung von den Mitgliedsstaaten alle kosteneffizienten Maßnahmen umzusetzen sind. Für Quecksilber wird kein Immissionszielwert festgelegt, sondern auf die Quecksilber-Strategie der EU verwiesen. Zusätzlich sind Messungen der Luftkonzentrationen und der Deposition durchzuführen. In welchem Umfang diese Richtlinie zu einer Verringerung der Luftbelastungen und damit zur Reduktion der atmosphärischen Depositionsmengen führen wird, ist derzeit noch nicht abzusehen.

Eine weitere wichtige Maßnahme, die derzeit umgesetzt wird, ist die IVU-Richtlinie 96/61/EG (siehe auch Ausführungen zum "Emissionspfad industrielle Einleitungen"). Bestimmte industrielle und landwirtschaftliche Tätigkeiten unterliegen danach einer behördlichen Genehmigungspflicht. Neue Anlagen sind danach seit dem 30. Oktober 1999 über die behördliche Genehmigungspflicht dazu verpflichtet, die besten verfügbaren Techniken einzuhalten. Bestehende Anlagen müssen die Anforderungen ab dem 30. Oktober 2007 erfüllen. Grundsätzlich ist zu berücksichtigen, dass hinsichtlich der Schadstoffbelastung der Atmosphäre grenzüberschreitende Schadstofftransporte eine große Rolle spielen und deshalb eine deutliche Verbesserung nur international erreicht werden kann.

In Deutschland erfolgte in 2004 eine Novellierung der 13. Bundesimmissionsschutzverordnung für Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen, in dessen Rahmen ein Emissionsgrenzwert für Feuerungsanlagen beim Einsatz fester Brennstoffe von 0,03 mg Hg/m³ eingeführt wurde. Dieser Wert ist von bestehenden Anlagen ab dem 01.11.2007 bzw. von in jüngerer Zeit bereits nachgerüsteten Anlagen ab 2011 einzuhalten. Der Anteil der Feuerungsanlagen > 50 MW an den Hg-Luftemissionen in Deutschland liegt nach den Ergebnissen des Europäischen Emissionsinventars bei über 50 %. Reichart

(2005) geht allerdings davon aus, dass der neue Hg-Grenzwert ohne gezielte Maßnahmen zur Hg-Abscheidung eingehalten werden kann. Inwieweit dann tatsächlich eine Minderung der Hg-Emissionen in Deutschland erreicht wird, ist damit unklar.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Eine weitere wichtige Luftemissionsquelle für Hg stellen kleine Verbrennungsanlagen (unter 50 MW) dar. Nach den Ergebnissen eines europäischen Emissionsinventars wird der Anteil dieses Bereichs an den Gesamtemissionen auf EU-Ebene auf 16 % geschätzt (dabei bestehen deutliche Unsicherheiten bzgl. der eingesetzten Emissionsfaktoren und der eingesetzten Brennstoffe; AEA Technology/NILU –Polska, 2005). Im Rahmen der EU-Arbeiten zu den prioritären Stoffen wurden die Hg-Emissionen aus Holzöfen und aus Krematorien besonders betont. Für den Bereich der Holzöfen wurden von Seiten des Umweltbundesamtes Vorschläge zur Novellierung der 1 BImSchV vorgelegt, mit dem Ziel, die Emissionen an Feinstaub zu verringern. Dazu soll die Leistungsgrenze für Emissionsanforderungen von 15 kW auf 4 kW gesenkt werden. Für kleine Einzelraumfeuerungsanlagen unter 8 kW werden erhöhte Anforderungen bei der Typprüfung vorgeschlagen.

Nach OSPAR (2006) werden in Deutschland aus Krematorien 36 kg Hg pro Jahr emittiert: 17,7 kg von 105 Krematorien, in denen Techniken zur Hg-Abscheidung eingesetzt werden und 18,3 kg aus 21 Anlagen ohne spezifische Techniken. Die Emissionsanforderungen an Krematorien sind in der 27. BImSchV geregelt, die bislang keine Regelungen für Quecksilber enthält. Teilweise werden jedoch lokal bzw. regional Anforderungen gestellt.

7.2 Stoffgruppe polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe entstehen bei unvollständiger Verbrennung aus praktisch allen organischen Stoffen, z. B. durch Waldbrand, Hausbrand, Verbrennungsmotoren, Grillen oder Rauchen¹⁰. Entsprechend ist der Luftpfad die bedeutendste Eintragsquelle und damit die Emissionspfade „atmosphärische Deposition“, „urbane Flächen“ und „kommunale Kläranlagen“.

¹⁰ Rauchen wurde als herausragender Prädiktor für die Konzentration von PAK-Metaboliten im Harn der Probanden beim Umwelt-Survey 1998 festgestellt, während die in der Literatur häufig erwähnten Einflüsse durch den Straßenverkehr nicht gefunden wurden (Bernigau et al., 2004).

Emissionspfad atmosphärische Deposition

- **Emissionsrelevanz:**

Nach einer Abschätzung für 1994 waren die Sektoren mit den größten PAK-Luftemissionen die Hausfeuerungen mit 932 t/a, Holzimprägnierung mit 529 t/a, Anlagen der Buntmetall- und Aluminiumproduktion (258 t/a), Emissionen aus mit Kreosot behandeltem Holz (213 t/a), Anlagen der Eisen- und Stahlproduktion (140 t/a) sowie der Verkehrsbereich (146 t/a). Weniger bedeutend waren industrielle und Kraftwerksfeuerungen (3,2 t/a) sowie Müllentsorgungsanlagen (0,03 t/a).

- **wichtige laufende Maßnahmen:**

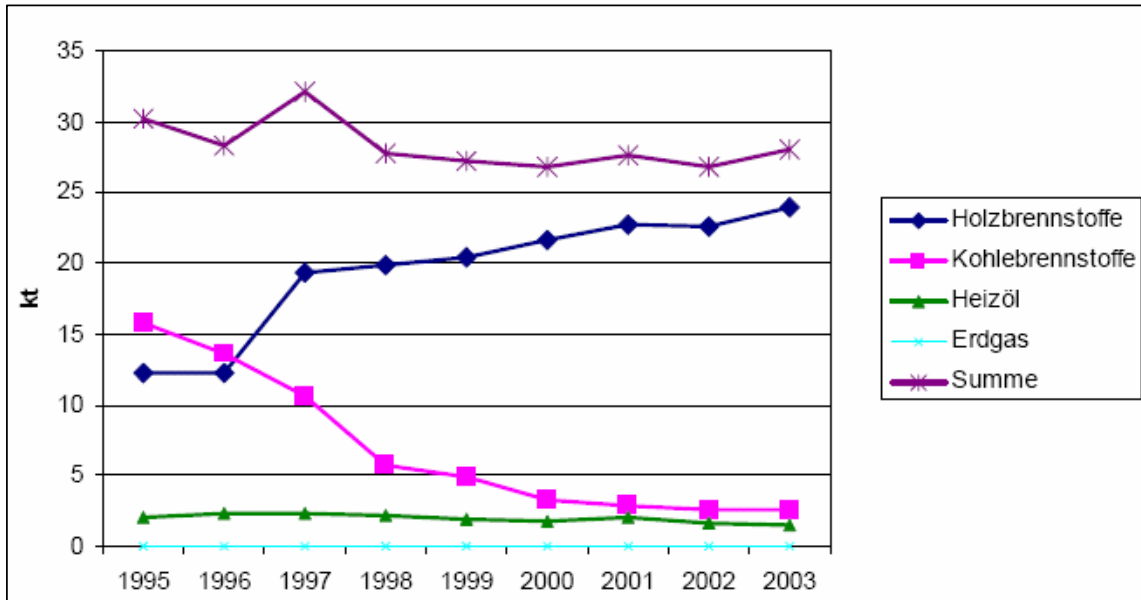
Durch die Umsetzung der Richtlinie 2004/107/EG als Tochterrichtlinie zur Luftqualität ergibt sich indirekt die Notwendigkeit, die Emissionen von PAK (neben Cd, Hg, Ni) zu reduzieren, um den Zielwert von 1 ng/m^3 BaP einzuhalten (Gesamtgehalt in der PM10-Fraktion als Durchschnitt eines Kalenderjahres). Auch die Richtlinie 1999/30/EG hat Auswirkung auf die PAK-Emissionen, da sie Grenzwerte für Staub (PM10) festlegt.

Die industriellen Luftemissionen werden in der TA-Luft reglementiert. Deren Umsetzung hat in Deutschland zu einer erheblichen Reduzierung der Staubemissionen geführt, insbesondere bei Staubquellen der Industrie und der Kraftwerke. Die TA-Luft setzt $0,05 \text{ mg/m}^3$ als Grenzwert für krebserregende Stoffe der Klasse I wie Benzo[a]pyren fest.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Während sich die PAK-Mengen aus der Industrie verringert haben, nahmen die Emissionen aus dem Hausbrand nicht wie erwartet ab. Grund ist nach Untersuchungen des Umweltbundesamtes, dass sich zwar die Anzahl der Kohleheizungen in Deutschland stark reduziert hat, aber im gleichen Zeitraum die Holzheizungen so stark gewachsen sind, dass die Summe der Feinstaubemissionen gleich geblieben ist (vergleiche Abbildung 7–4). Das Umweltbundesamt fordert daher, die 1. BImSchV zu novellieren mit dem Ziel, die Grenze für Emissionsanforderungen von 15 kW auf 4 kW zu senken und für kleine Einzelraumfeuerungsanlagen unter 8 kW erhöhte Anforderungen bei der Typprüfung vorzuschlagen. Das Minderungspotenzial wird bis zum Jahr 2020 mit 40 % der Staubemissionen angegeben, bezogen auf den Energieeinsatz (UBA, 2006).

Abbildung 7–4: Entwicklung der Feinstaubemission aus Anlagen der 1. BImSchV (UBA, 2006)



Emissionspfad urbane Flächen

- **Emissionsrelevanz:**

Die meisten Überschreitungen von EU-Luftqualitätsgrenzwerten treten an den Hauptverkehrsstraßen auf: Dort tragen Dieselfahrzeuge mit Anteilen von 20 bis 50 Prozent (lokaler Verkehrsbeitrag durch Abgase und Reifenabrieb plus städtische Hintergrundbelastung plus Ferntransport von Staubpartikeln) zur Belastung bei. Die in Studien gefundenen Daten zu PAK in Verkehrsflächenabflüssen sind durch eine hohe Schwankungsbreite gekennzeichnet (Welker, 2005).

- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Für Teeröle/Kreosote wurden Beschränkungen ihrer Anwendung für gewerbliche und industrielle Anwendungen beschlossen (2001/90/EG). Durch die Beschränkung von PAK in Weichmacherölen und Reifen (2005/69/EG) ergibt sich mittelfristig ein Minderungspotenzial von 6 bis 8 Tonnen (BMU, 2004).

Bei Dieselfahrzeugen ergeben sich durch Dieselpartikelfilter Reduktionen der Partikelmasse um über 90% und der Partikelanzahl um nahezu 100%.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Für ältere Dieselmotoren würde eine Verringerung der PAK im Dieselmotorkraftstoff zu verringerten Emissionen führen. Bei modernen Motoren sind die PAK-Emissionen unabhängig von den Dieselmotorkonzentrationen, die derzeit bei max. 11 Gew. % PAK liegen (CONCAWE, 2005).

Maßnahmen zur Behandlung/Versickerung von Niederschlagswasser, wie sie auch für andere partikelgebundene Schadstoffe wie Schwermetalle einsetzbar sind, beinhalten auch für PAK ein hohes Minderungspotenzial. Bei gelösten organischen Inhaltsstoffen wie Phenanthren und Fluoranthren wird eine Versickerung von Verkehrsflächenabflüssen als bedenklich eingestuft, da sie im Gegensatz zu den Schwermetallen eine hohe Mobilität zeigen und damit das Sickerwasser sowohl in 1 m Tiefe unterhalb der Versickerungsanlagen als auch im Übergangsbereich von der wasserungesättigten zur wassergesättigten Zone beeinträchtigen ((Mertsch, 2005).

Emissionspfad kommunale Kläranlagen

Das Abwasser von kommunalen Kläranlagen ist nur gering mit PAKs belastet, da die Eliminationsraten über 90 % liegen und die Zulaufkonzentrationen meistens unter der Bestimmungsgrenze liegen, wie auch neuere Veröffentlichungen bestätigen (Getta, 2005; Ivashechkin, 2005).

Emissionspfad industrielle Einleitungen

Bei den industriellen Direkteinleitungen in Gewässer werden nach EPER in Deutschland die größten PAK-Mengen von Unternehmen der anorganischen und organischen chemischen Grundstoffe verursacht, deren Emission nach IVU dem Bereich Metallherstellung (2.1-2.6) und dem Bereich Behandlung gefährlicher Abfälle (5.1./5.2.) zugeordnet sind, vergleiche Abbildung 7–5. In der EU ist neben der Chemie (4.) auch die Textilproduktion (6.2) von Bedeutung. Die deutschen Luftemissionen stammen zu 46 % aus der Herstellung von Kohlenstoff/Elektrographit und zu 41 % aus der Zement bzw. Glasherstellung.

Insgesamt liegt der Anteil der von Deutschland verursachten industriellen Emissionen für den Pfad Luft mit 8,2 t bei ca. 3,2 % der EU-Emissionen, für den Pfad Wasser (direkt) bei 1,3 % und den für Pfad Wasser (indirekt) bei 0,4 % (s. Abbildung 7–6).

Abbildung 7-5:: Auswertung EPER-Daten für PAK: Anteile der verschiedenen Industriezweige an den direkten Emissionen ins Wasser 2001

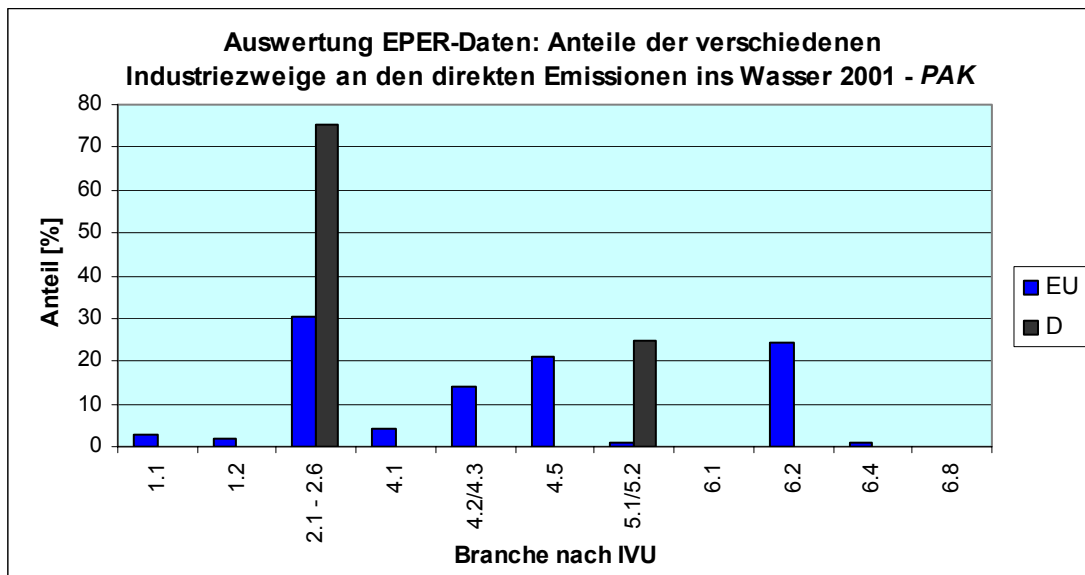
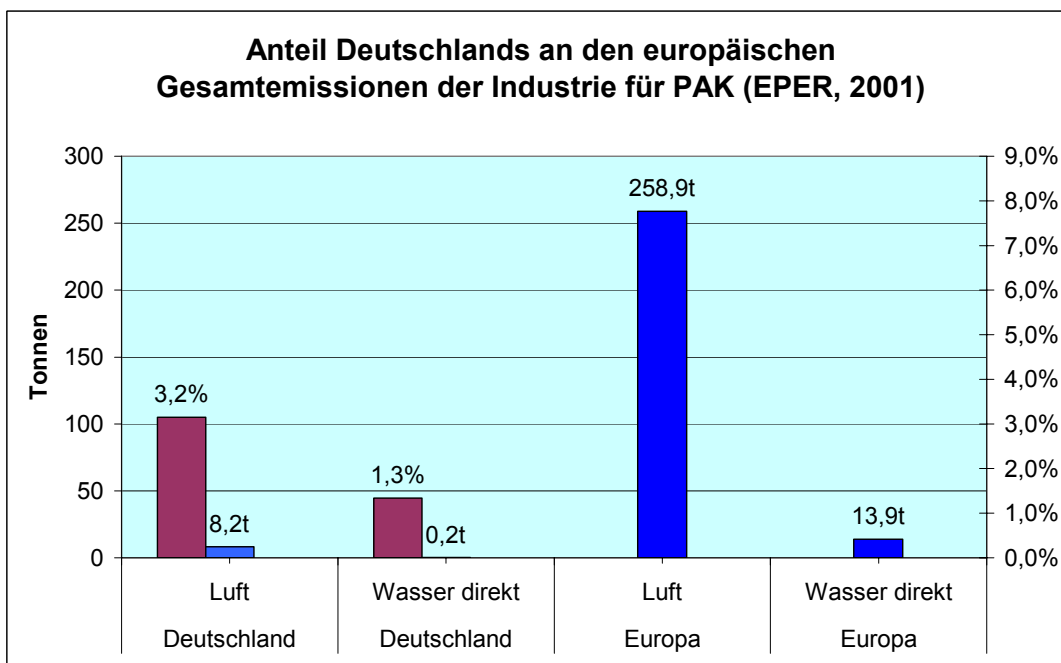


Abbildung 7-6:: EPER: Industrielle PAK in der EU und in Deutschland (EPER-Daten 2001)



- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Eine wichtige laufende Maßnahme im Bereich industrieller PAK-Emissionen ist die Umsetzung der IVU-Richtlinie 96/61/EG, wonach bestimmte industrielle und landwirt-

schaftliche Tätigkeiten einer behördlichen Genehmigungspflicht unterliegen, s. Kapitel 7.1.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Der Informationsaustausch durch BVT-Merkblätter ist ein kontinuierlicher und dynamischer Prozess. Nach der IVU-Richtlinie sind die Ergebnisse des Informationsaustausches alle 3 Jahre zu veröffentlichen. An den ersten Überarbeitungen wird derzeit gearbeitet. Ein Ansatzpunkt für die Verringerung der Emissionen über industrielle Anlagen ist deshalb eine bessere Integration der Emissionsanforderungen für die prioritären Stoffe bei der Überarbeitung der BREFs. Dies gilt sowohl für den Bereich der Wasser- als auch der Luftemissionen.

Emissionspfad Produkte

Obwohl der Einsatz von PAK in verschiedenen Produkten wie Wurfscheiben (BVS, 2006), teerhaltige Kleber, Teerölfarben als Korrosionsschutz (Rütgers, 2005), als Weichmacher in Gummiprodukten und in anderen Spezialprodukten wie Mottenkugeln stark eingeschränkt worden ist, erfolgen aus belasteten Altprodukten weiterhin Emission in die Umwelt und die Gewässer. Hinzu kommen aber nach wie vor Einträge von neuen Produkten mit erheblichen PAK-Mengen. In Produkten mit Gummigriffen oder anderen Gummiteilen wie Taschenlampen, Fensterwischer oder Werkzeuge finden sich häufig PAK, in Einzelfällen sogar im Prozentbereich (Test, 2006).

Da bei der Verarbeitung von Bitumen im Straßenbau, welches gegenüber dem früher verwendeten Teer um den Faktor 3.000 bis 10.000 geringere PAK Mengen enthält, bei hohen Verarbeitungstemperaturen von 180°C PAK-haltige Aerosole und Dämpfe entstehen, wird Bitumen bei abgesenkten Temperaturen eingebaut. Bei Temperaturen unter 80 °C traten praktisch keine Emissionen aus Bitumen auf und bei 150°C liegen die Emissionen noch bei ca. 1 mg/h (Rühl, 2006).

- **wichtige laufende Maßnahmen**

Beschränkungsrichtlinie für Teeröle (2001/90/EG) und von PAK in Weichmacherölen und Reifen (2005/69/EG), die über die ChemikalienverbotsV in deutsches Recht überführt wurden. Freiwillige Vereinbarungen für Wurfscheiben.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Gesetzliche Grenzwerte für den PAK-Gehalt in Produkten über Reifen hinaus. Informationskampagne über Verbraucherschutzorganisationen, um die Sensibilisierung der Verbraucher für PAK-haltige Produkte mit verdächtigen Eigenschaften wie Geruch und Haptik zu erhöhen.

7.3 Stoffgruppe Pflanzenschutzmittel

Zum Schutz von Kulturpflanzen und zur Optimierung der Erträge werden Pflanzenschutzmittel breit und umweltoffen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen aber auch z. B. in Parkanlagen angewendet, wo sie durch ihre toxische Wirkung Schadorganismen oder konkurrierende unerwünschte Pflanzen bekämpfen sollen. Hier sind insbesondere die Einträge durch landwirtschaftliche Flächen hervorzuheben. Darüber hinaus werden Einträge über kommunale Kläranlagen als besonders relevant eingeschätzt. Hier gelangen die Pflanzenschutzmittel über Hofabläufe in das kommunale Abwassersystem. Bei nicht mehr zugelassenen Stoffen können Altlasten, erlaubte Anwendungen in Nachbarländern oder illegale Anwendungen sowie historische Belastungen die Ursache für Funde im Monitoring sein.

Emissionspfad kommunale Kläranlagen:

- **Emissionsrelevanz:**

Die Gewässereinträge über Hofabläufe sind schwer abzuschätzen, werden aber – in Abhängigkeit von der Region – für Deutschland als sehr relevant eingestuft. Sie entstehen durch die unsachgemäße Entsorgung und Reinigung von Ausbringungsgeräten für Pflanzenschutzmittel. So liegt der geschätzte Anteil der Punktquellen durch Hofabläufe an den Gesamteinträgen aufgrund der strukturell bedingt überdurchschnittlich hohen Dichte an Ausbringungsgeräten für die Flussgebiete Rhein, Main, Nidda, Ruhr bei 70-90% (BMU, 2006a, Bach et al., 1999). Für die prioritären Stoffe Isoproturon, Diuron und Simazin ergeben sich daraus auf Basis der geschätzten Gesamtwirkstoffjahresfrachten Gesamteinträge durch Punktquellen für das Jahr 1994 von

Isoproturon: > 4000 kg/Jahr (geschätzten Gesamtwirkstoffjahresfracht > 6000 kg)

Diuron > 1700 kg/Jahr (geschätzten Gesamtwirkstoffjahresfracht > 2500 kg)

Simazin > 1200 kg/Jahr (geschätzten Gesamtwirkstoffjahresfracht > 1800 kg)

(Böhm et al. 2002). Während Simazin nicht in den Anhang I der Pflanzenschutzmittelrichtlinie aufgenommen wurde und damit EU-weit nicht mehr erlaubt ist, ist für Isoproturon und Diuron weiterhin von einer hohen Relevanz dieses Eintragspfades auszugehen. Die Bedeutung der Einträge durch Hofabläufe für die zugelassenen Stoffe Chlorpyrifos und Trifluralin ist dagegen unklar.

- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Das Einleiten des Waschwassers von der Gerätereinigung in das kommunale Abwassernetz entspricht nicht den erlaubten Anwendungsbedingungen der Pflanzenschutz-

mittel. Die Vorgaben werden jedoch sehr oft missachtet. Zwar können Verstöße sanktioniert werden, sind aber nur schwer nachweisbar.

- **zusätzliche Ansatzpunkte**

Die wesentlichen Ansatzpunkte liegen in aufklärenden und motivierenden Maßnahmen für die Anwender. Dazu gehören fachliche Beratungen, Dokumentationsanforderungen und die Erhöhung der Sachkunde. Entsprechende Ansätze sind bereits im Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz enthalten. Weitere Anreize könnten eine Unterstützung bei der Entsorgung pestizidbelasteter Reinigungslösungen darstellen.

Emissionspfad industrielle Einleitungen:

- **Emissionsrelevanz:**

Die relevanten Pflanzenschutzmittel werden zum Teil in Deutschland hergestellt. Die Relevanz für entsprechende Eintragspfade wird jedoch als gering eingeschätzt (EAF 2003).

- **Wichtige laufende Maßnahmen**

Isoproturon und Diuron werden zukünftig über das Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (PRTR) erfasst.

Emissionspfad landwirtschaftliche Flächen:

- **Emissionsrelevanz:**

Die Relevanz ist neben den Hofabläufen als hoch einzustufen. Einträge in Oberflächengewässer entstehen durch Abdrift, Drainage, Oberflächenabfluss und Erosion. So ergeben quantitative Abschätzungen für das mengenmäßig relevanteste, als prioritär eingestufte Pflanzenschutzmittel Isoproturon eine Eintragsmenge von über 2000 kg/Jahr aus diffusen Quellen. Diese Einträge setzen sich zusammen aus

Abdrift:	ca. 20 kg Isoproturon pro Jahr
Drainagen:	ca. 950 kg Isoproturon pro Jahr
Oberflächenabfluss:	ca. 1200 kg Isoproturon pro Jahr.

Für Trifluralin und Diuron werden die Einträge über landwirtschaftliche Flächen über Oberflächenabfluss entsprechend der geringeren Einsatzmenge mit 1kg Trifluralin pro

Jahr und 4-14 kg Diuron pro Jahr abgeschätzt. Für Chlorpyrifos liegen aufgrund der unzureichenden Datenlage keine quantitativen Abschätzungen vor (EAF 2003¹¹).

Fehlanwendungen von Pflanzenschutzmitteln bzw. Abweichungen von den Grundsätzen der fachlichen Praxis und den spezifischen Anwendungsbestimmungen (in Deutschland nach Pflanzenschutzgesetz¹²) erhöhen die Eintragsmenge: Wenn zum Beispiel der Mindestabstand zu Gewässern nicht eingehalten wird oder flächenbezogene Einsatzmengen überschritten werden oder wenn Vorgaben zum Anwendungszeitraum, Bodenbeschaffenheit oder Hangneigung nicht berücksichtigt werden, so dass es zu erhöhtem Oberflächenabfluss oder Bodenabschwemmung kommt.

Einzelne durch Behörden durchgeführte oder veranlasste Kontrollen, Boden- und Gewässeruntersuchungen sowie Blattproben belegen, dass in einzelnen Gebieten sowohl die zum Schutz der Gewässer verbindlich vorgeschriebenen Maßnahmen missachtet als auch nach wie vor verbotene oder nicht genehmigte Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden. Aufgrund unzureichender Daten ist jedoch unklar, inwieweit Fehlanwendungen die Ursache für beobachtete negative Effekte auf Grundwasser und Gewässer-Ökosysteme sein können oder ob bereits die Auflagen des Zulassungsverfahrens unzureichend sind. Ein Forschungsvorhabens des Umweltbundesamtes soll dazu dienen, eventuell vorhandenes Fehlverhalten und Praxisprobleme aufzuklären und zu dokumentieren (BMU, 2005).

• **Wichtige laufende Maßnahmen:**

Detaillierte Auflagen zur Anwendung und Aufbringung der PSM (Art, Pflanzen, Menge, Jahreszeit, etc.) sind bereits mit der Zulassung der Produkte verbunden. Weitere Vorschriften betreffen die Sachkunde der Anwender und die Eignung der Geräte. Außerdem existieren Vorgaben zur Verminderung der Bodenerosion. Fördermaßnahmen und Ausgleichszahlungen für Brachflächen oder den Verzicht auf Düngemittel und chemischen Pflanzenschutz sollen die Anwender dabei auch finanziell unterstützen bzw. motivieren und Ertragsverluste ausgleichen (z. B. Fördermittel für Maßnahmen zur Förderung von Umwelt, Qualitätserzeugung und Tierschutz im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU).

¹¹ auch für Lindan (72 kg/Jahr, Datenbasis 2000) und Simazin (130 kg/Jahr, auf Basis Verbrauch 1993) liegen Abschätzungen zum Eintrag über landwirtschaftliche Flächen vor. Aufgrund der mittlerweile geltenden Anwendungsverbote sollten diese Zahlen jedoch zurückgehen und Einträge nur noch auf historische Belastungen zurückzuführen sein.

¹² siehe auch Anwendungsbestimmungen für Isoproturon, Diuron, Chlorpyrifos und Trifluralin in den jeweiligen Datenblättern

Die Wirksamkeit des Vollzugs des Pflanzenschutzmittelgesetzes durch die Pflanzenschutzdienste der Länder kann derzeit nicht beurteilt werden, da kaum Berichte mit verwertbaren Ergebnissen verfügbar sind (NABU, 2001; BMU, 2005, Stand Februar 2005). Die vorliegenden Daten lassen aber vermuten, dass durch einen verbesserten Vollzug Gewässereinträge vermindert werden könnten.

Fehlanwendungen geschehen aber auch aus mangelnder Kenntnis oder Unsicherheit über das tatsächliche „notwendige Maß“ vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit. Existierende Reduktionsprogramme setzen bei der Erhöhung der Sachkunde und der Optimierung des Pestizideinsatzes an (gute fachliche Praxis). Dazu gehört auch die Einführung einer verbesserten Gerätetechnik. Projekte in Richtung integrierter Pflanzenschutz zielen auf die Verwendung nicht chemischer Pflanzenschutzmittel ab (BMVEL, 2005).

- **zusätzliche Maßnahmen:**

Wenn es mit den „sanften“ Maßnahmen der Reduktionsprogramme nicht gelingt, die Emissionen prioritärer PSM nachhaltig in den Griff zu kriegen, kommt eine weitere Verschärfung der Zulassungsbedingungen auf nationaler Ebene in Betracht. Neben weiteren Beschränkungen der Anwendungen, deren Umsetzung durch einen angemessenen Vollzug sicherzustellen ist, ist auch eine Einschränkung des Anwenderkreises denkbar, so dass z. B. nur entsprechend qualifizierte Fachfirmen die Produkte aufbringen dürfen.

Emissionspfad Altlasten:

- **Emissionsrelevanz:**

Restbestände nicht mehr zugelassener PSM können zur Belastung beitragen, wenn die Besitzer sie nicht ordnungsgemäß entsorgen. Es wird vermutet, dass insbesondere in den osteuropäischen Beitrittsländern der EU erhebliche Mengen nicht mehr zugelassener Pestizide unter teilweise unzureichenden Bedingungen lagern. Allerdings tauchen gelegentlich auch in Deutschland nicht mehr zugelassene und teilweise abgelauene Pestizide auf (BMU, 2005). Über die Menge und Relevanz dieser Altlasten in Hinblick auf die prioritären Pestizide der Wasserrahmenrichtlinie ist nichts bekannt.

- **Wichtige laufende Maßnahmen:**

Nach den bestehenden gemeinschaftlichen Rechtsvorschriften zu gefährlichen Abfällen müssen diese Lagerbestände von Pestiziden in angemessener Weise entsorgt werden. Verstöße gegen rechtliche Vorschriften sind durch einen geeigneten Vollzug und angemessene Sanktionen zu minimieren.

7.4 Tributylzinnverbindungen

Die weitaus wichtigste Verwendung von Tributylzinnverbindungen ist der Bereich der Antifoulingfarben, die eingesetzt werden, um eine Besiedelung von Schiffsrümpfen oder von anderen, in Wasser eingetauchten, Materialien durch sessile Organismen zu verhindern. Die wichtigsten Emissionsminderungsmaßnahmen setzen somit bei der Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung von Antifoulingfarben sowie bei den Produkten selbst an. Damit in Verbindung stehen auch Belastungen in Gewässersedimenten insbesondere im Bereich von Häfen. Andere Anwendungen von TBT-Verbindungen z. B. als Holzschutzmittel spielen zumindest in Deutschland nur noch eine geringe Rolle. In geringeren Mengen können Emissionen auch durch die in Mono- und Dibutylzinnverbindungen produktionsbedingt enthaltenen Tributylzinn-Verunreinigungen verursacht werden. Diese weniger toxischen Butylzinnverbindungen werden vor allem als Stabilisatoren in verschiedenen Kunststoffen (Polyurethane, Polyester, PVC, etc.) eingesetzt und können damit zu TBT-Gehalten in sehr unterschiedlichen Produkten beitragen, über die aufgrund von Auswaschungen Einträge in die Umwelt (bspw. in das häusliche Abwasser) verursacht werden (s. Auswertungen in Böhm et al., 2002).

Emissionspfad urbane Flächen und kommunale Kläranlagen

- **Emissionsrelevanz:**

Im Rahmen der Arbeiten auf EU-Ebene wurden die hier relevanten Eintragspfade S7 und S8 mit "1" (Bereich trägt möglicherweise zum Verfehlen der Ziele der WRRL bei) eingestuft. Emissionsrelevant können die sonstigen Verwendungen von TBT-Verbindungen (z. B. als Holzschutzmittel oder als Biozid in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen) sowie die durch Verunreinigungen in anderen organischen Zinnverbindungen verursachten Emissionen sein. In Deutschland spielen allerdings andere Verwendungen von TBT außer der Anwendung als Antifouling-Mittel schon seit einigen Jahren keine Rolle mehr (s. UBA, 2000; Böhm et al., 2002). Die über TBT-Verunreinigungen in die Gewässer eingetragenen Mengen wurden für Deutschland mit etwa 20 bis 40 kg/a ebenfalls als gering eingeschätzt (Böhm et al., 2002), so dass für Deutschland diese Eintragspfade nur eine geringe Relevanz besitzen.

- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Auf internationaler bzw. nationaler Ebene sind in diesem Bereich derzeit keine Maßnahmen in der Umsetzung.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Auf europäischer Ebene werden derzeit die Gesundheits- und Umweltrisiken durch verschiedene Organozinnverbindungen bewertet. Aufbauend auf den erzielten Ergebnissen könnten über Stoffbeschränkungen die Anwendungen in den emissionsrelevanten Bereichen begrenzt bzw. die Emissionen verringert werden.

Emissionspfad industrielle Einleitungen

- **Emissionsrelevanz:**

Auf europäischer Ebene wurden sowohl kleinere als auch größere Industriebetriebe als relevant hinsichtlich der zukünftigen Einhaltung der Qualitätsziele eingestuft. Besonders hingewiesen wird auf Schiffswerften und möglichen Emissionen bei der Applikation und dem Entfernen von Antifoulingmitteln. Zu den emittierten Frachten liegen weder für die EU noch für Deutschland Angaben vor. Trotz des zukünftigen Verbots der Anwendung von TBT-Verbindungen als Antifouling (s. u.) werden aufgrund der vorgesehenen Übergangszeiträume noch über mehrere Jahre TBT-haltige Schiffsanstriche auf Schiffswerften bearbeitet werden.

Für die industrielle Produktion und Zwischenverarbeitung von TBT-Verbindungen bzw. von sonstigen organischen Zinnverbindungen, bei deren Herstellung auch TBT-Verbindungen entstehen können, gibt es bislang auf europäischer Ebene keine Emissionsbeschränkungen. Nach Ergebnissen des Europäischen Emissionsinventars für das Jahr 2001 stammen die größten Emissionen an organischen Zinnverbindungen aus dem Bereich der Metallindustrie. In Deutschland dürfen nach den Regelungen der Abwasserverordnung in den Abwässern verschiedener Branchen (Herstellung von Beschichtungsstoffen, Wasseraufbereitung) keine organischen Zinnverbindungen enthalten sein.

- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Neben der unten näher beschriebenen Umsetzung des TBT-Verbots sind in diesem Bereich keine Maßnahmen in der Umsetzung.

Tabelle 7–1: Ergebnisse des europäischen Emissionsinventars für 2001: Emissionen organischer Zinnverbindungen in Europa und in Deutschland

Org. Zinnverbindungen		Europäische Union						Deutschland						% D an EU
		Wasser direkt		Wasser indirekt		Gesamt		Wasser direkt		Wasser indirekt		Gesamt		
IVU	Quellenkategorie	kg/a	%	kg/a	%	kg/a	%	kg/a	%	kg/a	%	kg/a	%	
2.1.f	Metallindustrie, Röst- und Sinteranlagen, Metallgewinnung	2420	86,1			2420	76,1							0
4.1.	Organische chemische Grundstoffe	322	11,5			322	10,1	322	100			322	58,1	100
4.5.	Arzneimittel			232	63,2	232	7,3			232	100	232	41,9	100
5.3./5.4.	Beseitigung ungefährlicher Abfälle	69,5	2,47			70	2,19							0
6.7.	Anlagen zur Behandlung von Oberflächen unter Verwendung organischer Lösemittel			135	36,8	135	4,2							0
	Σ	2811,5	100	367	100	3179	100	322	100	232	100	554	100	36

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Beschränkungen für die Einleitung von TBT-Verbindungen könnten im Rahmen der Umsetzung der IVU-Richtlinie umgesetzt werden. Allerdings fallen Werften bislang nicht in den Anwendungsbereich dieser Verordnung. Für die anderen relevanten Branchen, die über die IVU-Richtlinie geregelt sind, ist darauf zu achten, dass im Rahmen der Er- bzw. Überarbeitung der Papiere zur Beschreibung der besten verfügbaren Techniken (BVT-Papiere) die besondere Relevanz der TBT-Verbindungen berücksichtigt wird. In Deutschland wird derzeit an der Erarbeitung eines eigenen Anhangs zur Abwasserverordnung für den Bereich Werften gearbeitet.

Altlasten bzw. Altbergbau

- **Emissionsrelevanz:**

Der Emissionspfad S11 "Emissionen aus belasteten Böden" wurde mit Hinweis auf kontaminierte Hafen-Sedimente mit "1" als relevant eingestuft. Auch im Rahmen der Bestandsaufnahmen in Deutschland wurden teilweise Belastungen aufgrund belasteter Sedimente in Hafengebieten festgestellt (MUNLV, 2005).

- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Auf internationaler bzw. nationaler Ebene sind in diesem Bereich derzeit keine Maßnahmen in der Umsetzung.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Im Rahmen der Unterhaltungsmaßnahmen sind regelmäßig bei Häfen und Schifffahrtswegen Sedimente zu entfernen. Um hier gezielt besonders belastete Sedimente mit hoher Priorität entfernen zu können, ist zuerst die Belastungssituation anhand chemischer Analysen festzustellen. Dabei spielen nicht nur Belastungen mit TBT-Verbindungen eine Rolle sondern auch noch weitere prioritäre Stoffe wie z. B. Hexachlorbenzol, für die Gewässersedimente als Ursache von Qualitätszielüberschreitungen genannt werden.

Produkte

- **Emissionsrelevanz:**

Die Emissionspfade S4 (Verkehr und Infrastruktur) und S5 (Unfälle) wurden aufgrund der Anwendung von TBT-Verbindungen als Antifouling-Mittel als relevant eingestuft. Abschätzungen zu den TBT-Emissionen zeigen, dass diese Anwendung, bei der durch Auslaugungsprozesse kontinuierlich TBT-Mengen direkt in die Gewässer gelangen (Freisetzungsraten zwischen 0,1 und 2,8 µg/l; Krinitz/Stachel, 1999), die mit Abstand größten Emissionen verursacht.

- **wichtige laufende Maßnahmen:**

Über die EU-Regelungen 2002/62/EC und 782/2003 wird das durch die Internationale Seeschiffahrtsorganisation IMO ausgesprochene Anwendungsverbot für zinnorganische Verbindungen als Antifouling-Anstrich innerhalb der EU umgesetzt. Danach sind seit dem 01. Juli 2003 aktive TBT-Anstriche verboten. Ab dem 1. Januar 2008 dürfen Schiffe mit aktiven TBT-Anstrichen EU-Häfen nicht mehr anlaufen.

- **zusätzliche Ansatzpunkte:**

Ansatzpunkte für weitergehende Maßnahmen im Produktbereich ist die Reduzierung der über Verunreinigungen verursachte TBT-Gehalt in anderen Organozinn-Produkten. Dabei sind die auf europäischer Ebene derzeit noch laufenden Arbeiten zur Bewertung der Gesundheits- und Umweltrisiken durch verschiedene Organozinnverbindungen zu berücksichtigen.

7.5 Übersicht

Die Ergebnisse der stoffgruppenspezifischen Untersuchungen sind in Tabelle 7–2 zusammengefasst. Die wichtigen Emissionsschwerpunkte sind für die verschiedenen Stoffgruppen im oberen Teil der Tabelle gekennzeichnet. Im unteren Teil sind die verschiedenen Ansatzpunkte für Emissionsminderungsmaßnahmen aufgeführt, jeweils unterschieden zwischen Ansatzpunkten auf EU-Ebene und auf nationaler Ebene.

Tabelle 7-2: Emissionsschwerpunkte und mögliche Ansatzpunkte für Emissionsminderungsmaßnahmen

	Kommunale Einleitungen		Industrielle Emissionen		Landwirtschaft	Produkte	Altlasten		Luft-emissionen
	kommunale Kläranlagen	urbane Flächen	IPPC-Anlagen	sonstige Anlagen			Altbergbau	Sedimente	
Blei	X	X	X	X	X	X (Bauprodukte, Jagd-, Angel-, Tauchsport)	X	X	X
Cadmium	X	X	X		X				X
Nickel	X	X	X		X	X (Bremsbeläge, Reifen)	X	X	X
Quecksilber	X	X	X	X	X				X
PAKs	X	X				X (Reifen)		X	X (Abgase)
Tributylzinnverbindungen			X	X		X		X	
Diuron	X	X		X	X				
Isoproturon	X		X	X	X				
Ansatzpunkte für Maßnahmen EU:	- Ausweitung der Anforderungen nach 91/271/EWG	- Ausweitung der Anforderungen nach 91/271/EWG	- bessere Integration prioritärer Stoffe in BREFs - Isoproturon/ Diuron in PRTR	- Info-Prozess ähnlich BREFs; - Bereiche: Zahnbehandlung, Werften, etc.	- Anforderungen an Düngemittel (in Bearb.); - BEP, Thematic Strategy, GAP	- allg. Maßnahmen bzgl. (importierter) Produkte (Substitution, Migrationsraten); - Ausweitung 98/8/EG - Kfz (PAK, Nickel)			- Partikeelfilter (in Bearb.) - Feuerungsanlagen - Info-Prozess ähnlich BREFs; (Krematorien, Hausbrand)
Ansatzpunkte für Maßnahmen D:	- weitergehende Anforderungen	neuer Anhang zur AbwV (in Bearb.)		z.T. s. EU (Werften: in Bearb.)	- Anforderungen an Düngemittel - Erosionsmindernde Maßnahmen - Einschränkung der Anwendung - Info/BEP Anwender	- Info-Maßnahmen für Blei, Nickel, etc. - öffentliche Beschaffung - Labellingkriterien - Kfz (PAK, Nickel)	- Anforderungen an Altbergbau	- belastete Gewässersedimente	- steuerliche Förderung - Feuerungsanlagen (Hg) - Hausbrand

8 Identifizierung ergänzender nationaler Handlungsoptionen

Aufgrund des bisherigen Stands der Arbeiten auf EU-Ebene und der bisherigen Diskussionsprozesse ist davon auszugehen, dass ergänzend zur EU-Tochtrichtlinie bzw. zur Umsetzung ihrer Inhalte auf nationaler Ebene Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung durchzuführen sind. Entsprechend den Ergebnissen des Kapitels 7 sind die wichtigsten möglichen Ansatzpunkte für nationale Emissionsminderungsmaßnahmen:

- Urbane Flächen:
 - Regenwasserbewirtschaftung: Entsiegelung, Behandlung, Versickerung von Niederschlagswasser
- Kommunale Kläranlagen:
 - weitergehende Abwasserbehandlung bei großen kommunalen Kläranlagen (Membranfiltration, Aktivkohlezugabe)
- Industrielle Einleitungen:
 - weitergehende Abwasserbehandlung bei relevanten Branchen
- Landwirtschaftliche Flächen:
 - erosionsmindernde Maßnahmen
 - Verringerung der Pestizid-Emissionen
 - Verringerung der Belastungen in Düngemitteln
- Altlasten/Altbergbau:
 - Emissionsminderung im Altbergbau
 - Belastungen durch Gewässersedimente bzw. Sedimente in Häfen
- Produkte:
 - Stoffbeschränkungen (z. B.: Reduktion des Einsatzes von Blei im Angel-, Tauch- und Jagdsport, Schwermetallverwendung im Bereich Bremsbeläge)
 - Einschränkung der Verwendung relevanter Stoffe in importierten Produkten (Beispiele: NP und OP sowie SCCP in Textilien)
 - Ersatzstoffe/Minderungsmaßnahmen im Bauwesen
- Atmosphärische Deposition bzw. Luftemissionen:
 - Emissionsminderung im Bereich Verkehr
 - Emissionsminderung bei industriellen Anlagen und beim Hausbrand.

Diese Ansatzpunkte werden im Folgenden näher analysiert und bewertet.

8.1 Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung: Entsiegelung, Versickerung und Behandlung von Niederschlagswasser

• *Beschreibung*

Über die von versiegelten Flächen abfließenden Niederschlagsmengen werden erhebliche Stofffrachten in die Gewässer eingeleitet. Hauptquellen für den Eintrag dieser Stoffe in den Regenabfluss sind die atmosphärische Deposition aufgrund der Schadstoffbelastungen der Luft, des Straßenverkehrs, Verunreinigungen wie z. B. Pflanzenreste und Tierexkremate sowie Einträge aus abflusswirksamen Oberflächen wie z. B. Dach- und Fassadenmaterialien. Bei der Ableitung der Niederschlagsmengen im Mischsystem ist zusätzlich zu beachten, dass bei Überschreiten der Kapazitäten im Kanalnetz das entlastete Mischwasser ein Gemisch aus Regen- und Abwasser darstellt.

Um die durch die Ableitung des Niederschlags bedingten Schadstoffeinträge in die Gewässer zu verringern, sind verschiedene Ansatzpunkte möglich:

- a) die Vermeidung des Eintrags von Schadstoffen in den abzuleitenden Niederschlag z. B. durch eine Verbesserung der Luftqualität (vgl. Kapitel 8.7) oder durch Substitution der Stoffe in den relevanten Produkten (vgl. Kapitel 8.6),
- b) die dezentrale (Vor-)Behandlung des Regenabflusses von Dächern oder Straßen vor der Ableitung in das Kanalnetz,
- c) die Abkopplung von Flächen vom Kanalnetz durch Entsiegelung und Regenwasserversickerung sowie
- d) die verbesserte Behandlung des eingeleiteten Misch- bzw. Niederschlagswassers aus Misch-/Trennkansalisationen bspw. über Retentionsbodenfilter, die sowohl im Misch- als auch Trennsystem eingesetzt werden können.

Die für die Ansatzpunkte b) bis d) zur Verfügung stehenden Techniken werden im Folgenden näher beschrieben.

zu b) Dezentrale (Vor-)Behandlung des Regenabflusses:

Zur dezentralen Behandlung insbesondere von Dachablaufwasser wurden in den letzten Jahren verschiedene Verfahren entwickelt, die bei Gebäuden mit großflächigen metallischem (Kupfer, Zink) Dacheindeckungen eingesetzt werden sollen. Die besonderen technischen Anforderungen ergeben sich aus den sehr unterschiedlichen Belastungen: sowohl die hydraulische Belastung als auch die stoffliche Belastung (hohe Stoffkonzentrationen am Anfang – "first flush" – Effekt) schwanken sehr stark. Eine Übersicht über die verschiedenen, derzeit verfügbaren Anlagen wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Umweltbundesamtes erarbeitet (s. Tabelle 8–1).

Für die Versickerung von Straßenablaufwasser werden teilweise spezielle Anlagen eingesetzt, da hier im Vergleich zu Dachablaufwasser ein deutlich höherer Anteil partikulär gebundener Schadstoffe vorhanden ist. Eingesetzt werden bspw. Retentionsbodenfilteranlagen (s. u.) oder auch Sedimentationsanlagen mit geringer hydraulischer Belastung (Kasting, 2004). Erprobt werden auch der Einsatz von Filtersäcken zur Vorreinigung sowie der Einsatz mehrstufiger Verfahren mit einem Filterbecken, in dem über eine kombinierte Sand/Adsorbenschicht ein weitgehender Rückhalt von Partikeln und Schwermetallen erreicht wird (Hermann, 2005; Hilliges et al., 2005; Gretzschel et al., 2003).

zu c) Flächenabkopplung (Entsiegelung, Regenwasserversickerung):

Durch die Entsiegelung von Flächen sowie die Versickerung des auf versiegelten Flächen anfallenden Niederschlags kann eine Abkopplung von Flächen vom Kanalnetz erreicht werden. Das versickernde Regenwasser bleibt dem natürlichen lokalen Wasserkreislauf erhalten und die Belastung von Kanalnetzen, Kläranlagen und Gewässern wird reduziert (Verringerung hydraulischer Belastungsspitzen). Entsprechende Maßnahmen sollten im Rahmen des Konzepts einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung abgestimmt werden mit Maßnahmen zur (dezentralen) Speicherung und (gedrosselten) Ableitung. Zur Versickerung stehen unterschiedliche Systeme zur Verfügung wie z. B. Flächen-, Mulden- oder Rigolenversickerung, die sich hinsichtlich ihres Platzbedarfs deutlich unterscheiden. Gereinigt wird das versickernde Wasser im Wesentlichen durch die Filtrationswirkung der Bodenschichten, insbesondere des bewachsenen Oberbodens. Die nicht oder nur schwer abbaubare Stoffe werden im Boden angereichert. Der Schutz des Grundwassers vor den Schadstoffen ist ein wichtiges Ziel bei der Ausgestaltung von Versickerungsanlagen. Bisherige Erfahrungen und die sich daraus ergebenden technischen Empfehlungen zur Dimensionierung solcher Anlagen sind im Arbeitsblatt DWA-A 138 (Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, 2004) und dem Merkblatt ATV-DVWK-M 153 (Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, 2000) beschrieben. Die wichtigsten Anforderungen des A138 sind:

- Abflüsse von befestigten Flächen werden aufgrund der Stoffkonzentrationen in unbedenklich, tolerierbar und nicht tolerierbar eingestuft. Nicht tolerierbare Abflüsse sollten in das Kanalnetz eingeleitet bzw. nur nach einer geeigneten Vorbehandlung versickert werden.
- Eine Versickerung über unterirdische Anlagen sollte nur bei unbedenklichen Niederschlagsabflüssen erfolgen.

Tabelle 8–1: Übersicht über die derzeit verfügbaren Anlagen zur dezentralen Behandlung von Dachablaufwasser (ergänzt nach Hillenbrand et al., 2005)

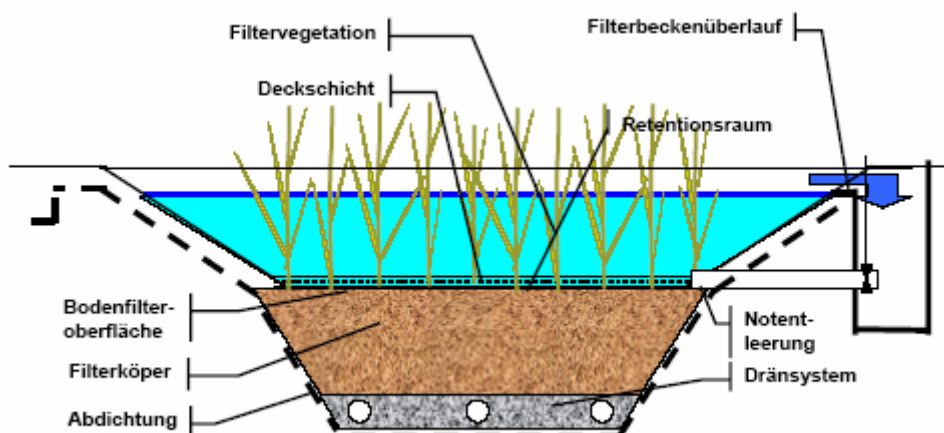
Anbieter/ Entwickler	Verfahrenstechnik	Erfahrungen	Kosten
HydroCon / Huber AG	Betonfilter in Betonschacht mit anschließender Versickerung (über Rigole oder Sickerschacht); auch Anschluss an Kanalisation möglich	erste Anlagen seit Sommer 2003 in Betrieb; Erprobung im Rahmen von F+E-Vorhaben (Dierkes/Gelhaus, 2006)	Baukosten: ca. 3 €/m ² (ein Schacht für bis zu 500 m ² ; 1500 €; Mehrkosten gegenüber konventionellem Revisionschacht: ca. 700 €) (bei Ausführung als Sickerschacht einschließlich der Versickerungsanlage; bei größeren Flächen bzw. ungünstigeren Böden zzgl. der Kosten für Rigole; z. T. mit Einbau) Betriebskosten: Betonfilter: ca. 300 bis 400 € (Standzeit: etwa 5 bis 10 a); zusätzlich regelmäßige Schlammräumung
Mall Umweltsysteme/ KME	2-stufiges Filtersystem in 1 (bis 500 m ² Dachfläche) bzw. 2 Betonschächten (bis 1000 m ²); Schlammfang und Filterpatrone (Zeolith)	erste Anlagen seit Sommer 2003 in Betrieb; Erprobung im Rahmen eines F+E-Vorhabens	Baukosten: ca. 7 bis 15 €/m ² (einschließlich Versickerung; ohne Einbau) Betriebskosten: Filterpatrone: ca. 500 € (Standzeit: etwa 2 bis 5 a); zusätzlich regelmäßige Schlammräumung
KME	Fallrohrfilter zum direkten Einbau in Regenfallrohre für Flächen bis zu 150 m ² (bis 250 m ² in Vorbereitung); Aufbau: Vorfilter und zweiteiliger Filterkörper	erste Anlagen in Betrieb; Erprobung im Rahmen eines F+E-Vorhabens	Baukosten: ca. 5 bis 7 €/m ² ; Betriebskosten: Standzeit der Filterpatrone ca. 2 bis 3 a (ca. 200 - 250 €); zusätzlich einfaches Reinigen des Vorfilters
Anlagen in Österreich (z. B. Fa. Purator)	3-stufige Filtrationsanlagen (Sedimentationsstufe, Schwebstofffilter und Adsorptionsfilter) in zwei hintereinander geschalteten Betonschächten mit integrierter Versickerung	verschiedene Anlagen seit mehreren Jahren in Betrieb	ca. 4 bis 19 €/m ² (einschließlich Versickerung; ohne Einbau) Betriebskosten: Standzeit der Filter stark abhängig von Randbedingungen; grobe Abschätzung der Kosten: ca. 100 € pro Jahr
Entwicklungen TU München	System HydroCon mit anderen Filtermedien (Klinoptilolith oder Polypropylenflocken) (Athanasiadis, 2006)	Erprobung im Rahmen eines F+E-Vorhabens	bislang nur grobe Schätzung für Investitionskosten möglich (ca. 4 bis 8 €/m ²);
EAWAG Schweiz	Sickerschächte mit zusätzlichem Filtervlies und Adsorptionsfilterschicht (granuliertes Eisenhydroxid)	derzeit noch in der Entwicklung	

- Abflüsse von mit unbeschichtetem Blei, Kupfer und Zink eingedeckten Dächern werden als tolerierbar eingestuft und können nach geeigneter Vorbehandlung oder ggf. auch ohne Vorbehandlung oberirdisch versickert werden (breitflächige Versickerung). Die unterirdische Versickerung von Niederschlagsabflüssen von unbeschichteten Eindeckungen aus Kupfer, Zink oder Blei ist grundsätzlich nicht zulässig.
- Niederschlagswasser von Dachflächen mit üblichen Anteilen aus unbeschichteten Metallen (Kupfer, Zink, Blei) kann ggf. unterirdisch versickert werden. Es ist aber immer zu prüfen, ob nach ATV-DVWK M 153 eine Vorbehandlungsmaßnahme erforderlich ist. Die Anteile an der Gesamtdachfläche in der Horizontalprojektion dürfen dabei 50 m² nicht überschreiten.

zu d) Behandlung von Misch- und Niederschlagswasser:

Bei der Ableitung von Niederschlagswasser werden bislang in Mischsystemen vor allem Regenüberlaufbecken eingesetzt, die als Retentionsräume einen Teil des Mischwassers zwischenspeichern und gedrosselt zum Klärwerk weiterleiten, den restlichen Teil in den Vorfluter "entlasten". Durch die Zwischenspeicherung und die Absetzprozesse im Becken wird die in die Gewässer eingeleitete Stofffracht reduziert. Im Trennsystem wird das abgeleitete Niederschlagswasser im Allgemeinen nicht behandelt. Sowohl im Misch- als auch im Trennsystem werden in jüngster Zeit Bodenfilteranlagen eingesetzt, über die eine sehr weitgehende Reinigung erreicht werden kann (vgl. DWA, 2005a; LfU, 1998). Diese Anlagen bestehen aus einem Regenbecken und einem nachgeschalteten Filterbecken (Aufbau des Filterbeckens s. Abbildung 8–1), so dass viele unterschiedliche, parallel ablaufende Prozesse (Feststoffabtrennung, Adsorption, Filterwirkung, biologische Abbauprozesse) zur Reinigung des Wassers beitragen.

Abbildung 8–1: Aufbau eines Bodenfilterbeckens zur weitergehenden Regenwasserbehandlung (DWA, 2005a)



- **Zielerreichung / Minderungspotenzial**

Für die Schwermetalle liegen Abschätzungen zu den über urbane Flächen in die Gewässer insgesamt eingeleiteten Schadstofffrachten vor (im Durchschnitt über die vier prioritären Schwermetalle 25 %; vgl. Kapitel 7.1). Der Hauptanteil dieser Mengen wird über die Einleitung von Misch- und Regenwasser aus Misch- und Trennsystemen verursacht. Diese Mengen stellen das Gesamtminderungspotenzial der Maßnahmen, das allerdings aufgrund der langen Nutzungsdauern der Wasserinfrastruktursysteme sicherlich erst langfristig realisiert werden kann. Detaillierte Auswertungen zu den Wirkungen und Kosten der beschriebenen Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung sind in Hillenbrand et al. (2005) und Hillenbrand/Böhm (2004) enthalten. Bei Sieker et al. (2006) sind zahlreiche konkrete Einzelbeispiele mit näheren Angaben zum Vorgehen und zu wichtigen Randbedingungen aufgeführt.

Durch die dezentrale Behandlung von Dachablaufwasser (b) kann nach den bislang vorliegenden Ergebnissen eine sehr weitgehende Schadstoffelimination erzielt werden. Für Schwermetalle wird nach den bislang vorliegenden Untersuchungsergebnissen von einzelnen Demonstrationsanlagen eine Eliminationsleistung von über 90% erwartet (vgl. Helmreich, 2003).

Die Abkopplung von Flächen vom Kanalnetz durch Entsiegelung oder Versickerung (c) bedeutet eine vollständige Vermeidung der Emissionen über das Kanalnetz in die Gewässer. Allerdings bedeutet diese Maßnahme keine Vermeidung der Emissionen insgesamt, da die aus dem Wasser abgetrennten Schadstoffe in den Boden gelangen und dort je nach Abbaubarkeit des Stoffs dauerhaft verbleiben oder ggf. sogar in das Grundwasser gelangen können.

Die Behandlung von Misch- und Regenwasser (d) in Retentionsbodenfilteranlagen bewirkt eine weitgehende Entfernung von Feststoffen (und den daran angelagerten Schadstoffen) sowie bei geeignetem Filtermaterial auch von Schwermetallen aufgrund der ablaufenden Adsorptionsprozesse (DWA, 2005). Außerdem ist für organische Mikroschadstoffe (z. B. PAKs) ein weitgehender Rückhalt zu erwarten. Dazu liegen allerdings bislang noch keine detaillierten Untersuchungen vor. In Regenüberlaufbecken kann dagegen nur ein Teilrückhalt der Schadstofffrachten erreicht werden, da ein Teil des Mischwassers weiterhin entlastet wird und verfahrenstechnisch bedingt nur teilweise gereinigt wird.

Neben der Elimination prioritärer Schadstoffe werden durch Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung weitere Effekte erzielt, die die Entscheidung zugunsten dieses Ansatzes deutlich befördern können. Dazu zählt die Abtrennung weiterer Schad- bzw. Nährstoffe (Phosphor, Stickstoff, weitere organische und anorganische Mikroschadstoffe), die Verringerung hygienischer und hydraulischer Belastungen der als Vorfluter die-

nenden Gewässer sowie bei der Versickerung/Entsiegelung die Verbesserung lokaler/regionaler Wasserkreisläufe (Erhöhung der Grundwasserneubildung, Minderung von Hochwasserabflüssen; Sieker, 2006; Helmreich et al, 2005; Krejci et al, 2003 und 2004; ATV-DVWK, 2003).

- **Kosten und Effizienz**

Zu den Kosten der unter b) - dezentrale (Vor-)Behandlung des Regenabflusses - beschriebenen Systeme sind Angaben in Tabelle 8–1 mit aufgeführt (Investitionen zwischen 3 und 19 € je m² versiegelter Fläche; Betriebskosten bis zu 100 € pro Jahr). Da bislang allerdings erst wenig Erfahrungen mit den Systemen vorliegen, beruhen die Angaben zu den Betriebskosten überwiegend auf Schätzungen der Hersteller.

Die Kosten von Maßnahmen zur Flächenabkopplung (Entsiegelung, Regenwasserver-sickerung) sowie zur Behandlung von Misch- und Niederschlagswasser sind stark von den lokalen Randbedingungen abhängig. Eine wesentliche Rolle spielen bspw.:

- die Bodenbeschaffenheit,
- die Niederschlagsmengen,
- die Bodenpreise,
- die Siedlungsstruktur,
- die Geländeneigung,
- die Größe der Anlage und
- Art und Zustand der vorhandenen Kanalisation.

Eine zusammenfassende Auswertung der zahlreichen Erhebungen in diesem Bereich geben Hillenbrand/Böhm (2004). Die Investitionen liegen für Regenüberlaufbecken zwischen 500 und 1.500 € pro m³ Beckenvolumen, bei Bodenfilteranlagen liegen die spezifischen Kosten bei etwa der Hälfte zzgl. der Kosten für die Vorreinigungsstufe. Die Betriebskosten von Regenüberlaufbecken und Bodenfilteranlagen sind in der Regel gering. Durch die Abkopplung von Flächen stehen den dafür notwendigen Kosten auch mögliche Einsparungen im Bereich des Kanalnetzes und der Kläranlage gegenüber. Es ergibt sich damit eine große Bandbreite der insgesamt resultierenden Kosten. Unter günstigen Randbedingungen können sogar insgesamt Einsparungen erzielt werden. Dies gilt insbesondere bei Neubaugebieten. Hier ist eine ortsnahe Entsorgung des Regenwassers sehr häufig kostengünstig zu realisieren, in der überwiegenden Zahl der in der Literatur dokumentierten Vergleichsrechnungen sogar günstiger als eine konventionelle Entsorgung.

- **Instrumente**

Bundeseinheitliche Vorgaben zur Regenwasserbewirtschaftung bestehen bislang nicht. Derzeit in Bearbeitung ist allerdings ein neuer Anhang "Niederschlagswasser" zur Abwasserverordnung, über den einheitliche Anforderungen festgelegt werden sollen. Zielrichtung dieses Anhangs sind die Neubaugebiete. Eine ergänzende allgemeine Vorgabe enthält das Baugesetzbuch in § 1a Abs. 1, in dem festgehalten ist, dass Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen sind. Besondere Bedeutung besitzen außerdem die relevanten Normen und Richtlinien, die von der Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) erarbeitet werden. Diese Papiere werden von verschiedenen Bundesländern zur Anwendung empfohlen. In mehreren Bundesländern wurden über die Landeswassergesetze die Priorität einer dezentralen Bewirtschaftung von Regenwasser festgelegt. Dazu zählt der Vorrang einer Versickerung, Verrieselung oder ortsnahe Gewässereinleitung des Niederschlagswassers vor dem Kanalanschluss soweit dies allgemeinwohlverträglich ist. Auf kommunaler Ebene können bspw. im Rahmen der Bauleitplanung und der Festlegung von Bebauungsplänen konkrete Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung gestellt werden. Ein zusätzlicher Ansatzpunkt könnte das Instrument der Abwasserabgabe sein. Dazu wären die durch die Einleitung von belastetem Regenwasser verursachten Einträge prioritärer Schadstoffe bei der Berechnung der Abwasserabgabe mit einzubeziehen.

8.2 Weitergehende kommunale Abwasserbehandlung

- **Beschreibung**

Entsprechend den rechtlichen Anforderungen ist das Ziel der kommunalen Abwasserbehandlung eine weitgehende Elimination bzw. Abtrennung der über die Parameter BSB₅ bzw. CSB erfassten organischen Inhaltsstoffe sowie bei größeren Anlagen der Nährstoffe Stickstoff und Phosphor. Im Abwasser verbleibt dabei allerdings ein breites Spektrum an sowohl organischen als auch anorganischen (Mikro-)Schadstoffen, die über diesen Weg in die Gewässer eingetragen werden. Für die Schwermetallbelastungen in den Oberflächengewässern besitzt dieser Eintragspfad bspw. eine erhebliche Bedeutung (vgl. Kapitel 7.1). Technische Verfahren zur verbesserten Reinigung kommunaler Abwässer wurden in den letzten Jahren entwickelt und großtechnisch erprobt: zu nennen ist hier insbesondere der Einsatz der Membrantechnik, aber auch Filtrationsverfahren mit Aktivkohle. Durch diese Techniken können die Eliminationsleistungen kommunaler Kläranlagen hinsichtlich verschiedener prioritärer Stoffe verbessert werden.

Bei der Membrantechnik als physikalisches Trennverfahren werden, in Abhängigkeit von der Porengröße der Membran, Partikel unterschiedlicher Größe herausgefiltert. Entsprechend der Trenngröße werden Mikro-, Ultra- und Nanofiltration sowie Umkehrosmose unterschieden. Im industriellen Bereich wird die Membrantechnik bereits in großem Umfang zur Stofftrennung als auch zur Abwasseraufbereitung eingesetzt. Der Einsatz in der kommunalen Abwasserreinigung erfolgt erst seit wenigen Jahren, die erste großtechnische Anlage in Deutschland ging 1999 in Betrieb (Kläranlage Rödingen). Ein Überblick über die derzeit betriebenen Anlagen in Europa gibt Tabelle 8–2.

Tabelle 8–2: Kläranlagen mit Membranfiltration in Europa zum Stand 2004 (nach Engelhardt, 2004)

Land	Kläranlage	EW	Status	System	Betreiber
Deutschland	Rödingen	3.000	1999	Zenon	Erftverband
	Markranstädt	12.000	2000	Zenon	Kom. Wasserw. Leipzig
	Büchel/Bickenbach	1.000	2000	Kubota	Aggerverband
	Knautnaundorf	900	2001	Huber	Kom. Wasserw. Leipzig
	Altenberge	1.000	2001	Huber	Gemeinde Altenberge
	Simmerath	750	2003	Puron	WVER
	Monheim	9.700	2004	Zenon	Gemeinde Monheim
	Nordkanal	80.000	2004	Zenon	Erftverband
	Waldmössing	18.000	2004	Zenon	Gemeinde Schermbeck
	Seelscheidt	11.000	2004	Kubota	Aggerverband
	Konzen	9.200	in Bau	Kubota	WVER
	Rurberg/Woffelsbach	6.500	in Bau	Kubota	WVER
	Markkleeberg	30.000	in Bau	Zenon	Kom. Wasserw. Leipzig
	Merkendorf	250	in Bau	Kubota	Zweckverb. Zeulenroda
Glessen	9.500	geplant	offen	Erftverband	
Niederlande	Maasbommel	500	2002	Zenon	Rivierenland
	Varsseveld	23.000	in Bau	Zenon	Rijn & Ijssel
	Hilversum	200.000	geplant	offen	DWR
Schweiz	Säntis	<8.000	2000	Zenon	Säntis Schwebbahn
	Schwägalp	780	2002	Huber	Säntis Schwebbahn
	Uerikon	9.000	in Bau	Zenon	Gemeinde Uerikon
Österreich	St. Peter ob Jdgb.	1.500	2002	Mitsubishi	Rotreat GmbH
Italien	Brescia	46.000	2002	Zenon	unbekannt
England	Porlock	3.000	1998	Huber	Wessex-Water
	Swanage	23.000	2000	Kubota	Wessex-Water
	Campletown	24.000	2001	Kubota	Scottish Water
	Lowestoft	46.000	2002	Zenon	Anglian Water

Die besonderen Vorteile der Membranverfahren bei der Abwasserbehandlung sind (vgl. DWA- Fachausschuss KA-7, 2005; MUNLV, 2003):

- der vollständige Feststoffrückhalt und damit verbunden eine verbesserte Ablaufqualität hinsichtlich der Parameter CSB und BSB₅; hygienisierter Ablauf (d. h. Filtration und Entkeimungsanlage in einer Stufe); keine Beeinflussung der Ablaufqualität durch Schwimmschlamm, Blähschlamm, Schaumbildung (Verbesserung der Betriebssicherheit),
- aufgrund der hohen Reinigungsleistung (z. B. geringere Schadstoffkonzentrationen, Vermeidung von Schwimmschlamm) können Anforderungen an eine weitergehende Abwasserreinigung zum Schutz der Gewässer und des Grundwassers erfüllt werden,
- aufgrund ihrer Modularität einfache Erweiterbarkeit von Anlagen und Einsatz sowohl in großen, kommunalen als auch in kleinen, dezentralen Kläranlagen.

Von Nachteil sind die

- höheren Betriebskosten insbesondere verursacht durch höhere Energiekosten und höhere Instandhaltungskosten der Membranmodule,
- aufwändigere mechanische Vorbehandlung zum Schutz der Membrane,
- zusätzliche Anforderungen an die Prozesssteuerung sowie
- höhere Empfindlichkeit der Membrane gegenüber Stoßbelastungen.

Der Einsatz der Membrantechnik kann an zwei Stellen erfolgen: integriert in der Belebungsstufe als Ersatz einer konventionellen Nachklärung zur Abtrennung des belebten Schlammes (Membranbelebungsverfahren) oder einer konventionellen Nachklärung nachgeschaltet zur weitergehenden Reinigung des geklärten Abwassers.

Beim Membranbelebungsverfahren werden Mikro- oder Ultrafiltrationsmembranen eingesetzt. Nach Angaben des DWA-Fachausschuss KA-7 (2005) liegt die Trenngrenze bei maximal 0,4 µm, teilweise werden jedoch auch Module mit einer Porengröße von bis zu 0,04 µm verwendet (Voßenkaul, 2005). Eingesetzt werden Platten- oder Hohlfasermembrane. Beim Membranbelebungsverfahren ergeben sich im Vergleich zu konventionellen kommunalen Kläranlagen betriebliche Vorteile, da im Belebungsbecken höhere Trockensubstanzgehalte und damit höhere Konzentrationen an Mikroorganismen eingestellt werden können. Dadurch kann nicht nur auf eine konventionelle Nachklärstufe verzichtet werden, sondern auch die Belebungsstufe kann deutlich verkleinert werden.

Wichtigster Grund für den Einsatz von Membranen nachgeschaltet zu einer konventionellen kommunalen Kläranlage ist in der Regel die deutliche Verbesserung der Ablaufqualität, insbesondere die weitgehende Hygienisierung des Ablaufs (ISA/MUNLV,

2006). Durch die Membranen wird grundsätzlich eine vollständige Abtrennung aller Feststoffe erreicht. Zusätzlich können damit auch Schadstoffe, Mikroorganismen oder auch Viren in dem Umfang zurückgehalten werden, in dem sie sich an größere Partikel anlagern. Bei empfindlichen Gewässern, bei Gewässern, die als Bade- oder Freizeitgewässer genutzt werden sollen oder auch bei der Nutzung als Brauchwasser können die erhöhten Anforderungen über die Membrantechnik eingehalten werden (z. B. Theiss et al., 2005). Möslang (2005) berichtet von acht kommunalen Anlagen mit einer nachgeschalteten "Tertiary Treatment", die bis Ende 2005 vom Anlagenbauer Zenon errichtet wurden. In Deutschland liegen erst wenige großtechnische Erfahrungen vor. Nach ISA/MUNLV (2006) sind derzeit 3 Anlagen – teilweise im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben - in Betrieb (Geiselbullach, Merklingen, Bondorf-Hailfingen). Im Vergleich zu einer Hygienisierung über eine UV-Behandlung, Ozonung oder Chlorung hat die Membrantechnik den Vorteil, dass keine unerwünschten Nebenprodukte entstehen.

Insbesondere in Baden-Württemberg wurde in den letzten Jahren der Einsatz einer nachgeschalteten Adsorptionsstufe mit Aktivkohle bei kommunalen Kläranlagen untersucht (Neifer/Krampe, 2006; Metzger et al., 2005). Ziel war es, die möglichen Verbesserungen der Ablaufqualität nachzuweisen. Großtechnische kommunale Anlagen sind allerdings bislang nicht in Betrieb, im Vergleich zur Membrantechnik ist dieses Verfahren noch in einer früheren technischen Entwicklungsphase.

- **Zielerreichung / Minderungspotenzial**

Entsprechend dem Funktionsprinzip der Membrantechnik werden partikuläre Stoffe weitestgehend zurückgehalten. An diesen partikulären Stoffen sind teilweise Schadstoffe angelagert, die damit ebenfalls abgetrennt werden. Eine hohe Adsorptionsneigung weisen z. B. die Schwermetalle oder auch die PAKs auf. Allerdings liegen bislang keine detaillierten Untersuchungen zur zusätzlichen Eliminationsleistung der Membrantechnik bei kommunalen Kläranlagen vor. Von Schäfer/Hofmann (1997) wird im Rahmen von Arbeiten zur Schadstoffbilanzierung auf Kläranlagen erwähnt, dass für Blei im Ablauf der Nachklärung bei einer Konzentration von 3 µg/l der gelöste Anteil bei 2/3 lag. Im Rahmen der Abschätzungen von Böhm et al. (2002) wurde für die Schwermetalle davon ausgegangen, dass der über eine Membranfiltration zusätzlich eliminierbare Anteil zwischen 30 und 70 % liegt.

Grundsätzlich kann in Membranbelebungsanlagen eine verbesserte Elimination organisch schwer abbaubarer Schadstoffe auch dadurch erreicht werden, dass sich bei Einhaltung eines höheren Schlammalters eine Biocoenose bildet, die besser an Schadstoffen in niedrigen Konzentrationen angepasst ist. Untersucht wird dieser Aspekt ins-

besondere im Zusammenhang mit den Emissionen endokriner Substanzen aus kommunalen Kläranlagen (Schröder, 2003; Hegemann et al., 2002; Schiewer et al., 2001).

Neben dem Rückhalt prioritärer Schadstoffe sind zusätzliche gewässerrelevante Effekte zu beachten, die im Rahmen eines umfassenden Flussgebietsmanagements von Bedeutung sein können:

- Hygienisierung des Abwassers (besonders relevant bei weitergehender Nutzung des Gewässers z. B. als Freizeitgewässer)
- weitestgehende Entfernung von partikulären Stoffen und des daran gebundenen Phosphors (durch die Reduktion der partikulären Stoffe im Abwasser Verringerung der Sediment- und Schlamm bildung im Gewässer, d. h. Verbesserung der natürlichen Lebensräume),
- beim Einsatz der Membranbiologie verbesserte Abbauleistungen hinsichtlich organischer Spurenschadstoffe zumindest entsprechend dem an den partikulären Stoffen adsorbierten Anteil sowie
- mögliche Wiedernutzung des gereinigten Abwassers als Brauch- bzw. Betriebswasser.

Untersuchungen zum Einsatz von Aktivkohle mit einer nachgeschalteten Sandfiltration ergaben eine deutliche Verminderung von Spurenstoffen um durchschnittlich 80% (Neifer/Krampe, 2006). Für die Stoffgruppe der iodierten Röntgenkontrastmittel wurde eine durchschnittliche Eliminationsrate von 75 % bei der Zugabe von 10 mg/l und von etwa 90 % bei 20 mg/l erreicht (Metzger et al., 2005).

- **Kosten und Effizienz**

Im Vergleich zu einer konventionellen kommunalen Kläranlage können durch Membranbelebungsanlagen deutlich verbesserte Ablaufqualitäten erreicht werden (s. Übersicht in Tabelle 8–3). Die dazu notwendigen zusätzlichen Investitionen bestehen insbesondere aus der eigentlichen Membrananlage, leistungsstärkeren Belüftungs-, Chemikalien- und Dosieranlagen sowie aus einer aufwendigeren mechanischen Vorbehandlung. Dem stehen Einsparungen durch den möglichen Verzicht auf eine Nachklärung sowie - aufgrund des möglichen höheren Feststoffgehalts in der Belebungsstufe - einen Teil des Belebungsbeckenvolumens gegenüber. Außerdem können sich beim Membranbelebungsverfahren Vorteile durch vereinfachte Möglichkeiten zur Schlammstabilisierung sowie durch den geringeren Platzbedarf ergeben, so dass bei den Investitionen eine Vergleichbarkeit je nach den lokalen Randbedingungen teilweise bereits gegeben ist (Wedi, 2005; ISA/MUNLV, 2006).

Tabelle 8–3: Leistungsdaten von Membranbelebungsanlagen im Vergleich zu konventionellen Belebungsanlagen (Dohmann et al. 2002)

Parameter		Konventionelle Belebungsanlage	Membranbelebungsanlage
Feststoffe (AFS)	mg/l	10 – 15	0
CSB	mg/l	40 – 50	< 30
N _{ges}	mg/l	< 13	< 13
P _{ges} (mit Simultanfällung)	mg/l	0,8 – 1,0	< 0,3
Mikrobiologische Qualität		hygienisch bedenklich	Badegewässerqualität
Trockensubstanzgehalt im Belebungsbecken	g/l	< 5	< 20
Spez. Stromverbrauch	kWh/m ³	0,2 – 0,4	0,7 – 1,5

Einen großen Anteil an den gesamten Investitionen machen dabei die Membranen selbst aus. Hier zeigte sich jedoch in den letzten Jahren aufgrund von Lern- und Skaleneffekten ein deutlicher Kostenrückgang. Die Ergebnisse entsprechender Erhebungen des Fraunhofer ISI bei verschiedenen Anlagenanbietern sind in Abbildung 8–2 dargestellt (Hillenbrand, Hiessl, 2006). Mit einem weiteren Rückgang ist auch zukünftig zu rechnen. Im Bereich der maschinellen Ausrüstung und der Einbindung in die Gesamtanlage sind zukünftig ebenfalls technische Vereinfachungen zu erwarten (DWA-Fachausschuss KA-7, 2005).

Die Membrankosten spielen auch deshalb eine besondere Rolle, da die Standzeit der Membran in der Regel deutlich kürzer als der maschinentechnische Abschreibungszeitraum ist. Sowohl über die Verringerung der spezifischen Membrankosten als auch über eine Verlängerung der Nutzungsdauern (Zielsetzung: 7 bis 10 Jahre) wird versucht, die Kosten für den Membranersatz zu reduzieren. Bei den Betriebskosten spielen die Energiekosten (spezifischer Gesamtenergieverbrauch ca. 0,8 bis 1,6 kWh/m³, teilweise sogar bis 2,0 kWh/m³, gegenüber 0,3 bis 0,5 kWh/m³ bei konventionellen Anlagen ohne Hygienisierung; DWA-Fachausschuss KA-7, 2005; Krampe/Laufer, 2005; Wedi, 2005; ISA/MUNLV, 2006) sowie die Chemikalienkosten eine wichtige Rolle. Tabelle 8–4 enthält eine Übersicht über verschiedene Kostenanteile von Membranbelebungsanlagen, die die dominierende Bedeutung der Membranersatzkosten verdeutlicht. Ein Betriebskostenvergleich auf Basis der Angebote ergab für die größte derzeit betriebene kommunale Membranbelebungsanlage (KA Nordkanal) um ca. 15% höhere Betriebs-

kosten (0,24 bis 0,25 €/m³) als für die konventionelle Lösung (0,20 bis 0,22 €/m³, Engelhardt, 2002).

Tabelle 8–4: Übersicht über verschiedene Kostenanteile von Membranbelebungsanlagen (DWA- Fachausschuss KA-7, 2005)

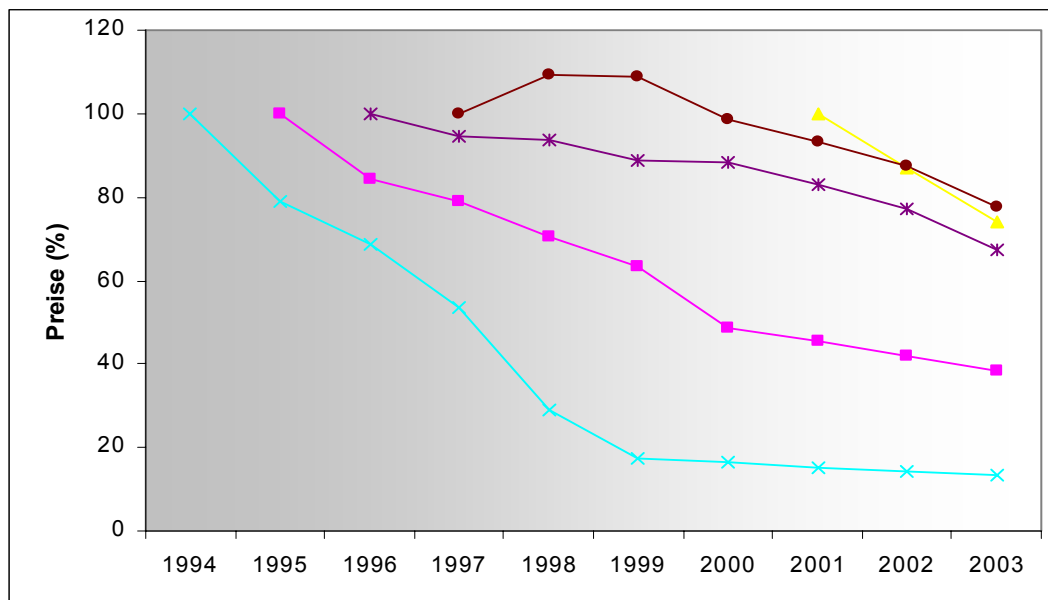
		Kosten [Ct/m ³]	Sparte ^{*1)}
Crossflow-Belüftung	0,20 – 0,75 kWh/m ³	2,0 – 7,5	B
Permeat/Rezirkulation	0,08 – 0,10 kWh/m ³	0,8 – 1,0	B
zusätzlicher Belüftungsbedarf	0,08 – 0,10 kWh/m ³	0,8 – 1,0	B
Chemikalien	0,20 – 1,10 €/m ² a	0,3 – 1,8	B
Membranersatz	10 – 5 a	13,3 – 26,6	K

*1): B = Betriebskosten; K = Kapiteldienst

Strom : 10 Ct/kWh; Abwasseranfall 90 m³/(EW • a), spez. Membranfläche: 1,5 m²/EW, marktübliche Chemikalienkosten für H₂O₂, Säuren und Laugen, Membrankosten 80 €/m²

Die Kosten einer nachgeschalteten Membranstufe liegen nach Ergebnissen halbtechnischer Untersuchungen zwischen 0,25 €/m³ und 0,42 €/m³ Filtrat (Dittrich et al., 1998). Die Kosten einer Aktivkohlebehandlung einschließlich einer Sandfiltration belaufen sich nach ersten Abschätzungen auf etwa 10 Cent pro m³, falls bereits ein Sandfilter vorhanden ist auf 6 Cent (Neifer/Krampe, 2006).

Abbildung 8–2: Preisentwicklungen von Membranmodulen (Mikrofiltration/Ultrafiltration) einiger beispielhaft ausgewählter Hersteller (Hillenbrand, Hiesl, 2006) ¹³



• **Instrumente**

Die Anforderungen an die kommunale Abwasserbehandlung sind in Deutschland über den Anhang 1 der Abwasserverordnung geregelt. Dieser Anhang enthält Anforderungen für die Parameter BSB₅ und CSB sowie für die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor. Zusätzlich können bei der Genehmigung von Anlagen besondere Gewässerschutzanforderungen berücksichtigt werden bspw. aufgrund eines besonders empfindlichen, als Vorfluter dienenden Gewässers. Auch weitergehende Nutzungsansprüche (Badegewässer, sonstige Freizeitaktivitäten) sind zu berücksichtigen. In diesen Fällen können verschärfte bzw. zusätzliche Einleitungsgrenzwerte festgelegt werden.

8.3 Industrielle Einleitungen

• **Beschreibung**

Im Rahmen der Arbeiten auf EU-Ebene wurden für zahlreiche prioritäre Stoffe die Abwassereinleitungen von Industriebetrieben in Kategorie 1 (trägt zu einem möglichen Verfehlen der WRRL-Ziele bei) eingeordnet, u. a. für die nach den Ergebnissen in Ka-

¹³ Relative, auf den Zeitpunkt der Markteinführung bezogene und inflationsbereinigte Darstellung.

pitel 6.3 für Deutschland als relevant eingestuft vier Schwermetalle, die PAKs, die Tributylzinnverbindungen und Isoproturon. Die Auswertung zu den Schwermetallen zeigt jedoch, dass die Emissionen in Deutschland gegenüber den auf EU-Ebene emittierten Schadstoffmengen vergleichsweise gering ausfallen und dass der Anteil der industriellen Direkteinleitungen an den Gesamtemissionen ebenfalls gering ist. Hintergrund sind die in Deutschland bestehenden branchenbezogenen Mindestanforderungen über die Anhänge zur Abwasserverordnung, die überwiegend in den 80iger Jahren erarbeitet und anschließend im Rahmen der wasserwirtschaftlichen Genehmigungsverfahren umgesetzt wurden. Auch die Umsetzung der IVU-Richtlinie ist in Deutschland bereits sehr weitgehend erfolgt: für die Genehmigungspflicht bereits bestehender Anlagen gilt eine Umsetzungsfrist bis zum 30.10.2007, mit Stand Juni 2005 lag der Umsetzungsgrad in Deutschland bei 83 %, auf EU-Ebene dagegen erst bei etwa 40 % (Europäische Kommission, 2006).

Aus verschiedenen Gründen wird über eine Novellierung der rechtlichen Anforderungen an die industrielle Abwasserbehandlung in Deutschland diskutiert, u.a. um eine Vereinfachung der Ordnungsstruktur und eine bessere Umsetzung von EU-Richtlinien zu erreichen (UBA/BMU, 2004). Zusätzliche Aspekte sollen dabei berücksichtigt werden, insbesondere medienübergreifenden Aspekte, die sich aus der IVU-Richtlinie ergeben, und die Aufnahme weiterer chemischer Parameter, die sich u. a. aus der Wasserrahmenrichtlinie ergeben. Nach Veltwisch (2005) bzw. Hahn (2004) ergibt sich ein Handlungsbedarf, da der Stand der Technik, der in den BREFs zur Umsetzung der IVU-Richtlinie beschrieben ist, über die bisherigen Anforderungen in Deutschland nach der Abwasserverordnung hinausgeht. Teilweise werden auch zusätzliche Aspekte aufgeführt (z. B. Wassereinsparung, Wasserkreislaufführung).

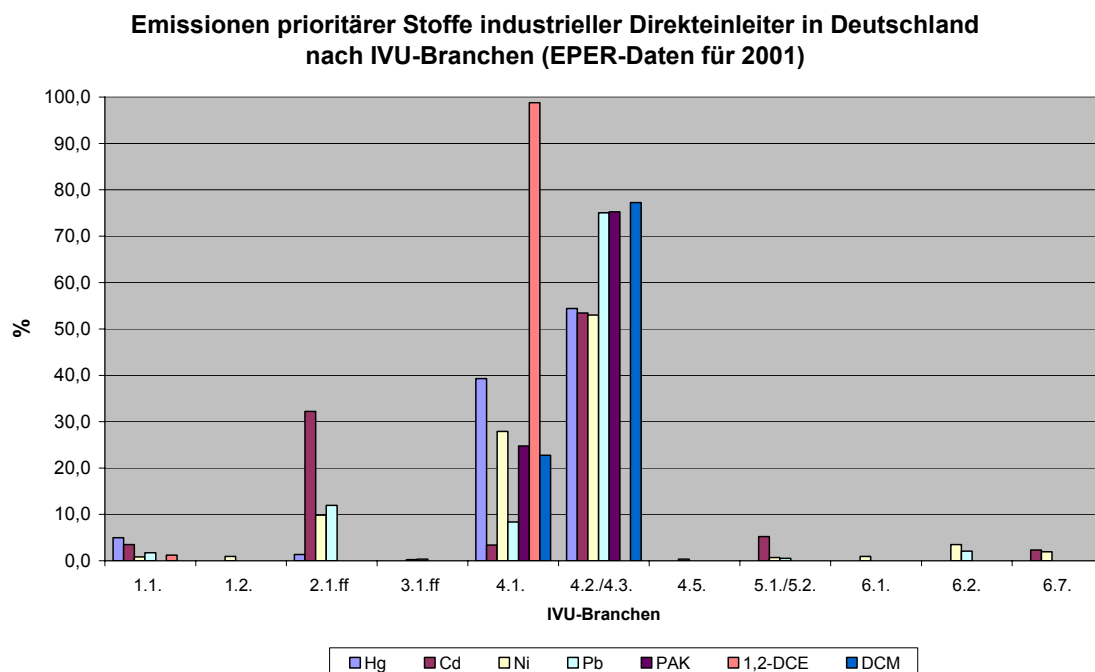
- **Zielerreichung / Minderungspotenzial**

Eine Auswertung jüngerer Literatur als auch der für die verschiedenen Branchen erarbeiteten BREF-Papiere zeigt, dass im Bereich der industriellen Abwasserbehandlung in den letzten Jahren erhebliche Anstrengungen zur Entwicklung und Umsetzung neuer Verfahren unternommen wurden. Im Vordergrund stand dabei die Verminderung von Schadstoffemissionen als auch die weitgehende Aufbereitung der Wasser(teil)ströme zur Schließung von innerbetrieblichen Wasserkreisläufen (DWA, 2005b; Frost&Sullivan, 2005; Rosenwinkel/Brinkmeyer, 2004; Schönbacher, 2004; Hasler, 2003; Quentmeier/Räbiger, 2003; Rappich, 2003). Verfahrensentwicklungen fanden z. B. im Bereich der Chemischen Industrie (Lebek et al., 2005; Spänhoff/Hagen, 2004; Schipolowski et al., 2003; Forstmeier, et al.; 2003), der Papierindustrie (Gehlert/Wienands, 2005; Althöfer,/Feuersänger, 2005; N.N., 2005; Schmid et al., 2004, Paulitschek/Rösler, 2003) oder auch der Textilindustrie (Döpkins et al., 2003; Brüß/Richter, 2003) statt. Die Untersuchungen zeigen, dass insbesondere durch die

Kombination unterschiedlicher Verfahrenstechniken (Membranverfahren, Advanced Oxidation Processes, biologische Verfahren) deutliche Verbesserungen hinsichtlich der Ablaufqualität und auch der Wiederverwertbarkeit des Abwassers erreicht werden können. Es ist jedoch wie bereits oben erwähnt zu beachten, dass der Anteil der durch industrielle Direkteinleiter verursachten Gewässereinträge für die meisten der hier zu betrachtenden Stoffe nur einen geringen Anteil ausmacht. Für die Schwermetalle ergeben die vorliegenden Daten einen Anteil von durchschnittlich 4 % (siehe Abbildung 7–1).

Zur Bedeutung der verschiedenen Branchen in Deutschland wurden die im Europäischen Emissionsinventar bislang erfassten prioritären Stoffe ausgewertet (Abbildung 8–3). Danach stammen die mit Abstand größten Emissionsmengen aus dem Bereich der Chemischen Industrie (4.1: organische chemische Grundstoffe; 4.2/4.3: anorganische chemische Grundstoffe oder Düngemittel).

Abbildung 8–3: Branchenbezogene Auswertung des Europäischen Emissionsinventars für Deutschland



• **Kosten und Effizienz**

Die in den einzelnen Branchen einzusetzenden Verfahren bzw. Verfahrenskombinationen sind sehr unterschiedlich. Zu den spezifischen Kosten können deshalb keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden. Grundsätzlich gilt jedoch, dass durch die Kombination mehrerer Verfahrensschritte und die Einrichtung von Wasserkreisläufen die Wasserströme in den Betrieben deutlich komplexer werden. Die Integration ent-

sprechender Maßnahmen in bestehenden Anlagen und Standorten ist deshalb teilweise schwierig und aufwendig und kann deshalb häufig nur im Rahmen größerer Reinvestitionsmaßnahmen vorgenommen werden. Dies führt auch dazu, dass zunehmend die Wasserinfrastruktur von Betrieben oder größeren Betriebsstandorten an externe Dienstleister vergeben wird.

- **Instrumente**

Ansatzpunkt zur Verringerung der industriebedingten Emissionen prioritärer Stoffe in die Gewässer sind die Anhänge zur Abwasserverordnung. Im Rahmen einer derzeit diskutierten Novellierung könnten weitergehende Anforderungen hinsichtlich der prioritären Stoffe berücksichtigt werden.

8.4 Landwirtschaftliche Flächen

Landwirtschaftliche Flächen stellen durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln eine Eintragsquelle für prioritäre Pestizide dar. Aber auch andere prioritäre Stoffe wie Schwermetalle werden von landwirtschaftlichen Flächen durch Auswaschung und Bodenerosion in die Gewässer eingetragen. Das Problem der Bodenerosion ist in Mittel- und Westeuropa zwar weniger akut als in südlichen Ländern, in denen Erosionsschäden von katastrophalem Ausmaß auftreten, aber auch in Deutschland sind die Flächen in hügeligen Gebieten bereits bei einer Hangneigung von nur 2-6 % potentiell erosionsgefährdet, wenn die schützende Pflanzendecke entfernt wird und die Flächen kultiviert werden (DG Agri 2005).

Weitere Einträge bestehen durch die Verwendung mit Cadmium belasteter Düngemittel.

8.4.1 Verminderung der Einträge von Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft

- **Beschreibung**

Durch die weit verbreitete, offene Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und Bioziden können die eingesetzten Stoffe in die Oberflächengewässer gelangen. Die Zulassung der Wirkstoffe ist auf Europäischer Ebene geregelt, die wirkstoffhaltigen Produkte müssen aber noch in den Mitgliedstaaten, in denen sie angewendet werden sollen, zugelassen werden.

Bestandteil der Zulassung sind Auflagen, die sicherstellen sollen, dass die Pestizide bei „*sachgemäßer Anwendung für den beabsichtigten Zweck hinreichend wirksam sind, keine unannehmbaren Auswirkungen auf Pflanzen oder Pflanzenerzeugnisse*“

bzw. auf die Umwelt im allgemeinen und insbesondere keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier oder das Grundwasser haben.“ (91/414/EWG). Allerdings ist die Bewertung der stoffbezogenen Risiken auf eine gute Datenbasis in Bezug auf Stoffeigenschaften, Umweltverhalten und Anwendungspraktiken angewiesen. Dadurch können die Risikocharakterisierung und die daraus abgeleiteten Maßnahmen mit verbleibenden Bewertungsunsicherheiten behaftet sein.

Zu den Auflagen gehört die bestimmungsgemäße und fachgerechte Anwendung der Pflanzenschutzmittel. Die Produkte dürfen nur in genehmigten Anwendungsgebieten für ausgewiesene Kulturen und den bezeichneten Schaderreger eingesetzt werden, wobei ein Mindestabstand zu Oberflächengewässern einzuhalten ist. Die „gute fachliche Praxis“ ist einzuhalten, was die Beschränkung auf das „notwendige Maß“, die Auswahl geeigneter und funktionssicherer Geräte sowie die fachgerechte Entsorgung von Restbrühen und Reinigungsflüssigkeiten umfasst.

Belastungen entstehen vorübergehend durch nicht zugelassene Wirkstoffe mit Restlaufzeiten oder beim verbotenen Einsatz von Altprodukten oder im Ausland gekauften Produkten. Dauerhafte Belastungen entstehen durch zugelassene Stoffe, wenn mit diesen nicht entsprechend den mit der Zulassung verbundenen Vorschriften umgegangen wird, sind aber angesichts der Bewertungsunsicherheiten auch bei sachgemäßer Anwendung nicht auszuschließen.

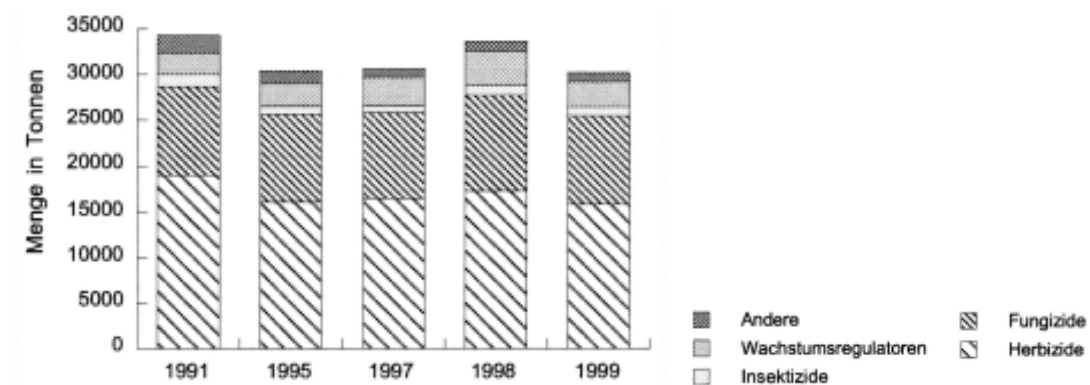
Trotz umfangreicher Regelungen ist der überwiegende Teil der Emissionen auf Fehlansetzungen, Überdosierungen und Hofabläufe zurückzuführen. Wichtige Ansatzpunkte zur Reduzierung der Emissionen ergeben sich daher hauptsächlich im Bereich unterstützender und motivierender Maßnahmen für die Anwender und den Vollzug. Entsprechende Maßnahmen sind Bestandteil der Ansätze der thematischen Strategie zur nachhaltigen Nutzung von Pestiziden der europäischen Kommission sowie des Reduktionsprogramms chemischer Pflanzenschutz des BMVEL. Dazu gehört auch die Förderung des integrierten Pflanzenschutzes und des ökologischen Landbaus, so dass der Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel reduziert oder ganz vermieden wird. Durch Fördermaßnahmen und Ausgleichszahlungen werden finanzielle Anreize für die Anwender geschaffen. Dabei sind aber auch die im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) erfolgenden Subventionen zu beachten. Dazu erfolgt in Deutschland seit 2005 eine Teil-Entkopplung der Direktzahlungen von der aktuellen Produktion. Ziel ist die schrittweise Umstellung auf ein Regionalmodell bis 2013, in dem es dann regional einheitliche Flächenprämien für Acker- und Grünland geben wird.

- **Zielerreichung / Minderungspotenzial**

Als eine wesentliche Maßnahme zur Beendigung der Emissionen ist die Nicht-Zulassung von 6 der 10 prioritären Pestizide der Wasserrahmenrichtlinie anzusehen, darunter auch die als prioritär gefährlich eingestufteten Stoffe Endosulfan und Lindan. Geringe Mengen dieser Stoffe dürfen allerdings teilweise noch im medizinischen Bereich eingesetzt werden¹⁴. Das Problem der Altlasten und illegalen Importe für diese Stoffe ist schwer einzuschätzen.

In Hinblick auf die zugelassenen Pestizide ist festzustellen, dass der Absatz von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland seit über zehn Jahren auf einem hohen Niveau von über 30.000 Tonnen ist (siehe Abbildung 8–4). Ca. 30 Tonnen Pflanzenschutzmittel (nicht nur prioritäre Stoffe) werden jährlich in die Oberflächengewässer eingetragen (BMU, 2006a). Auch die Grundwasserbelastung und die Häufigkeit der Überschreitung der Grenzwerte haben sich zwischen 1990 und 1998 nicht wesentlich verändert (LAWA, 2004).

Abbildung 8–4: Pestizideinsatz in Deutschland 1991 – 1999 (PAN (2002));
Quelle Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft



Die angesprochenen Fehlanwendungen führen nach wie vor insbesondere durch Hofabläufe zu relevanten Stoffeinträgen der zugelassenen prioritären Pestizide

- **Kosten und Effizienz**

Die detaillierten Auflagen der Zulassung kommen offenbar nicht ausreichend zur Wirkung, da sie nicht in ausreichendem Maße durch ein Überwachungssystem kontrolliert und Verstöße sanktioniert werden (können). Auch die bisher geforderte Sachkunde

¹⁴ z. B. gilt für Lindan (HCH) nach EU-POP-Verordnung (850/2004) Anhang I eine Ausnahme bis 31.12.2007 als Insektizid im öffentlichen Gesundheitswesen und im Veterinärwesen

reicht offenbar nicht aus, um die Anwendung der Pestizide auf das „notwendige Maß“ zu beschränken.

Ein wesentlicher Bestandteil der Maßnahmen zur Minderung der Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit ist daher die Schulung und Beratung der Landwirte, landwirtschaftlichen Arbeitskräfte, Saisonarbeitskräfte und sonstigen Anwender. In der Diskussion „hin zu einer thematischen Strategie zur nachhaltigen Nutzung von Pestiziden“ wird auch vorgeschlagen, diese Maßnahmen zum Teil über eine angemessene Sonderabgabe auf Pflanzenschutzmittel zu finanzieren (EESC opinion 2003).

Maßnahmen zum Schutz der Umwelt und zum Erhalt der Bodenstruktur und eine über die gute fachliche Praxis hinausgehende Anwendung sind – nicht nur in Bezug auf Pflanzenschutzmittel – oft mit zusätzlicher Arbeit und finanziellem Aufwand verbunden. Gleichzeitig sind Ertragseinbußen zu erwarten. Auch wenn Landwirte langfristig von einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Bewirtschaftung Ihrer Felder profitieren sollten, sind finanzielle Fördermittel bzw. Kompensationen für Ertragsausfälle durch Agrar-Umweltmaßnahmen Bestandteil der Agrarumweltprogramme. So betrug das Budget für die Förderung freiwilliger Agrar-Umweltmaßnahmen 2003 in der EU über 2000 Millionen Euro. In Deutschland, das seit 1994 Agrar-Umweltmaßnahmen fördert, lag das Budget 2003 bei knapp 400 Millionen Euro, wobei 39% der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland durch Agrarumweltmaßnahmen erfasst sind. Die EU finanziert Maßnahmen dabei je nach Relevanz des Gebietes mit bis zu 85 % (DG Agri 2005).

Im Rahmen eines Impact Assessments zur *Thematischen Strategie hin zu einer nachhaltigen Nutzung von Pflanzenschutzmitteln* wurden die Kosten für Landwirte, die Industrie und die Behörden dem zu erwartenden Nutzen gegenübergestellt. Auch wenn dabei die Landwirte den Hauptteil der Kosten tragen müssen, überwiegen auch für diese Gruppe die wirtschaftlichen Vorteile zusätzlich zu dem Gesundheitsnutzen¹⁵. (siehe Tabelle 8–5; EU Kommission, 2006a).

¹⁵ Dabei ist zu bedenken, dass der Nutzen in solchen Erwägungen in der Regel schwer zu monetarisieren ist, da z. B. der Wert einer verbesserten Gesundheit von Landwirten und der Bevölkerung oder eine Erhaltung der Artenvielfalt nur indirekt über vermiedene Kosten oder ideelle Werte bestimmt werden kann.

Tabelle 8–5: Kosten und Nutzen der Thematischen Strategie Pflanzenschutzmittel (EU Kommission, 2006a)

	Nutzen	Kosten	Bilanz
Landwirte	+ 1100 bis 1440 Mio€ (davon 770 – 1100 Mio€ eingesparte Kosten für PSM) + verminderte Gesundheitsrisiken	725 Mio€ pro Jahr gesamt für: - Ausbildung: 250 Mio€ - Anpassung und Kontrolle der Sprühgeräte: 90 Mio€ - Wartung der Geräte: 40 Mio€ - Anschaffung neuer zertifizierter Geräte: 2-4,5 Mio€ - detaillierte Dokumentation der Anwendung: 2 Mio€ sowie - zusätzliche Arbeitszeit: 210 Mio€ - zusätzlichen Beratungsservice: 130 Mio€ die kompensierbar durch Maßnahmen zur ländlichen Entwicklung sind	+ 380 bis 710 Mio€/Jahr + verminderte Gesundheitsrisiken
Industrie	+ 3000 Arbeitsplätze: - Verlust von 1700 – 2000 in der Produktion, - zusätzliche Arbeitsplätze im Bereich Logistik, Schulung und Zertifizierung, Anpassung, Kontrolle und Wartung der Sprühgeräte sowie Beratungsservice)	300 – 670 Mio€ pro Jahr gesamt - durch Umsatzverluste zwischen 770 und 110 Mio€ pro Jahr - durch angemessenes Chemikalien- und Behältermanagement (Möglichkeiten der Erhaltung durch zusätzlichen Beratungsservice und Entwicklung innovativer Produkte)	+ 670 bis 300 Mio€/Jahr + 3000 Arbeitsplätze + höhere Wettbewerbsfähigkeit
Behörden der Mitgliedstaaten	+ 200 Mio€ pro Jahr durch reduzierte Gesundheits- und Umweltkosten + 180 Arbeitsplätze + positive Auswirkungen auf Mensch und Umwelt	9 Mio€ pro Jahr für Datensammlung über PSM-Verkäufe und –anwendungen.	+ 191 Mio€ pro Jahr + 180 Arbeitsplätze + positive Auswirkungen auf Mensch und Umwelt

In Deutschland ist der Pestizidgesamteinsatz nach wie vor hoch (siehe Zielerreichung) und wurde durch die bisherigen Maßnahmen offenbar nicht signifikant vermindert. Allerdings ist diese Größe kaum zu kontrollieren, da bisher nur eine Verpflichtung an die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft besteht, Verkaufsmengen von Pestiziden zu melden (§19 PflSchG), aus denen sich der Pflanzenschutzmitteleinsatz nur indirekt ausrechnen lässt. Zur Beobachtung der zeitlichen Entwicklung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes und Bewertung der Effizienz der Maßnahmen wäre jedoch eine fortlaufende entsprechend differenzierte Erfassung verwendungsbezogener Daten erforderlich.

- **Instrumente**

Verschiedene Instrumente sind Bestandteile des Reduktionsprogramms des BMVEL, z. B. (BMVEL 2005):

- **Behandlungsindex als Maß für die Intensität der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln.** Um die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel stärker als bisher am ‚notwendigen Maß‘ zu orientieren, sollen Behandlungsindices eingeführt werden. Das notwendige Maß beschreibt, mit welcher Intensität einer Behandlung mit Pflanzenschutzmitteln der Anbau von Kulturpflanzen vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit gesichert werden kann. Der Behandlungsindex entspricht der Anzahl der Anwendungen unter Berücksichtigung reduzierter Aufwandmengen und Teilflächenbehandlungen für eine bestimmte Pflanzkultur und eine bestimmte Pflanzenschutzwirkung (z. B. Herbizid, Fungizid, Insektizid). Er wird durch ein Netz von Beispielbetrieben ermittelt. Die Behandlungsindices sollen als Indikator für die Intensität/Häufigkeit der Anwendungen dienen und können bei jährlicher Erhebung Trends widerspiegeln. Das notwendige Maß lässt sich auf regionaler Ebene als Zielkorridor um den Mittelwert des jeweiligen Behandlungsindex bestimmen. Erste Werte für Behandlungsindices wurden aus den Ergebnissen der NEPTUN-Studie (2000) abgeleitet.
- **Pflanzenschutz-Risikoindikatoren zur Bestimmung von Risikotrends.** In den Behandlungsindex fließen jedoch keine Risikofaktoren ein. Mittelfristig sollen daher Pflanzenschutz-Risikoindikatoren entwickelt werden, die die Wahrscheinlichkeit eines Risikos durch die Anwendung von Pestiziden widerspiegeln. Voraussetzungen dafür sind repräsentative Daten über die Anwendungen von Pflanzenschutzmitteln.
- **Hot-Spot-Management.** Hot Spots sind zeitlich und räumlich definierte Aktionsfelder, in denen u. a. durch Anwendung von Pflanzenschutzmitteln Risiken auftreten können, die aber im Rahmen der Zulassung der Pflanzenschutzmittel nicht unbedingt vorhergesehen werden. Hierzu gehören z. B. großräumige Anwendungen, hohe Anwendungshäufigkeit in Verbindung mit kritischen Rahmenbedingungen (z. B. starke Regenfälle). Diese sind zu identifizieren und gezielte, angepasste Maßnahmen zur Verringerung des Risikos zu erarbeiten.
- **Prognoseverfahren und computergestützte Entscheidungshilfen.** Zur Unterstützung der gezielten Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und der Vermeidung unnötiger Behandlungen werden bereits heute computergestützte Prognoseverfahren und Warndienste genutzt. Diese Instrumente müssen weiterentwickelt und verbessert werden.
- **Förderung der Anbaumethoden ohne oder mit einem geringeren Pestizideinsatz.** Förderung des Ökolandbaus und der integrierten Landwirtschaft. Neben den bestehenden finanziellen Maßnahmen sind auch diese Instrumente auf verbesserte Information und Beratung angewiesen.

- **Verbesserung der Kontrollen der Verwendung und des Vertriebs von Pestiziden.** Die Durchführung von Kontrollen im Bereich Pflanzenschutzmittelanwendungen liegt in der Verantwortung der Länder. Ein zusätzliches bundesweites System zur Kontrolle soll die Transparenz im Pflanzenschutz verbessern und zum Risikomanagement beitragen.

8.4.2 Erosionsmindernde Maßnahmen

- **Beschreibung**

Die Einträge von Pflanzenschutzmitteln, Schwermetallen und Nährstoffen in Oberflächengewässer durch Bodenerosion und Abschwemmung von Bodenpartikeln werden als sehr relevant eingeschätzt (BMU, 2006a). Auf Basis des Bodenschutzgesetzes sollen die Voraussetzungen für einen vorsorgenden Bodenschutz geschaffen werden. Die Vorsorge gegen Bodenverdichtung und Bodenerosion ist auch Bestandteil der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft. Erosionsmindernde Bewirtschaftungsverfahren beinhalten die Berücksichtigung der Fruchtfolge sowie den Einsatz von Zwischenfrüchten und die Vermeidung starker Bodenbearbeitung (Einsaat in die Rückstände der Vorfrucht ohne zu pflügen). Bei erosionsgefährdeten Flächen (verdichtete Böden oder Schräglagen) ist eine ganzjährige Bodenbedeckung vorzuziehen (Mulchsaat). Dies ist insbesondere im Hinblick auf die Anwendung von Herbiziden wie Isoproturon relevant, die gezielt angewendet werden, um den Boden (z. B. bei Hackfrüchten) in der Zwischenperiode offen zu halten und dadurch die Bodenerosion unterstützen. Bei der Flurgestaltung werden durch die Wiedereinführung von Wallhecken (so genannte Knicks) Wasser- und Windbremsen erzeugt. Im Weinbau gibt es die Möglichkeit Bearbeitungsgassen zu begrünen.

Viele dieser Maßnahmen sind mit einem erhöhten Arbeitsaufwand und/oder erhöhten Kosten verbunden, die durch entsprechende Fördermaßnahmen aufgefangen werden können.

- **Zielerreichung / Minderungspotenzial**

Der reale jährliche Bodenabtrag ist regional sehr unterschiedlich und ist abhängig von der individuellen Bodenbearbeitung des einzelnen Betriebes und eventuell bereits durchgeführten Erosionsschutzmaßnahmen. Da der Verlust der fruchtbaren Bodenkreme unumkehrbar ist, müssen Maßnahmen darauf abzielen, Erosion auf gefährdeten Flächen zu vermeiden oder zu vermindern. Generell lässt sich ein Anstieg der landwirtschaftlichen Schutzmaßnahmen gegen Bodenerosion beobachten (HGF 2002). Eine Veränderung der ermittelten Indikatoren für Bodenerosion wurde bisher nicht dokumentiert.

- **Kosten und Effizienz**

Fördermaßnahmen zur Verminderung der Bodenerosion sind integraler Bestandteil der Agrarumweltprogramme und sollten nicht losgelöst von anderen Maßnahmen betrachtet werden (siehe Kapitel 8.4.1). Den erhöhten Kosten für die Bearbeitung oder die Aussaat von Zwischenfrüchten stehen die Kosten durch den Verlust der fruchtbaren

Bodenkrume gegenüber, wenn keine erosionsmindernde Maßnahmen umgesetzt werden¹⁶.

- **Instrumente:**

- Die zuständigen Ministerien der Länder bieten Landwirten Informationen und Leitfäden zur Aufklärung über Bodenerosion und geeignete Maßnahmen an. Für die Bodenschutzbehörden stehen vereinzelt Vollzugsleitfäden zur Verfügung¹⁷.
- Mit Hilfe der allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) können Landwirte und Vollzugsbeamte den Abtrag errechnen. Der gerade noch tolerierbare Abtrag (At) für tiefgründige Böden mit hoher Ackerzahl wird mit 10 t Boden pro Hektar pro Jahr angegeben oder etwa 0,6 mm Krumentiefe. Für flachgründige Böden mit niedriger Ackerzahl liegt er bei 1 t Boden pro Hektar pro Jahr¹⁸.
- Durch Bodenbegutachtung, die Auswertung von GIS-Daten¹⁹ (Geo-Informationssysteme) werden auf Länderebene Bewertungsmaßstäbe erarbeitet. Indikatoren können der Grad der Bodenbedeckung sowie die Hangneigung sein. Nach Abschätzung individueller Erosionsgefahren können spezifische Maßnahmen zur Bodenerhaltung identifiziert, zu empfohlen und gefördert werden.

8.4.3 Verringerung der Belastungen in Düngemitteln

- **Beschreibung**

Die in der Landwirtschaft verwendeten Düngemittel weisen zum Teil hohe Gehalte an Schwermetallen auf (bei mineralischen Düngern insbesondere Cadmium), die sich in den Böden anreichern, z. T. durch Pflanzen akkumuliert werden und durch Drainage und Bodenerosion in die Gewässer gelangen können. Die Schwermetalleinträge pro Hektar und Jahr nehmen auf den betroffenen Flächen in der Reihenfolge Klärschlamm > Wirtschaftsdünger (aus Rinder- und Schweinezucht) > Handelsdünger ab.

¹⁶ Die Kosten der unmittelbaren Erosionsfolgen bzw. der Nutzen durch den Erhalt der Bodenkrume wurden in der Tabelle 8-5 nicht berücksichtigt. Diese Kosten - einschließlich der Verluste für die Landwirtschaft, der Beeinträchtigung des Wasserhaushalts und der Überflutungsschäden - werden durch die Europäische Umweltagentur auf 280 Millionen Euro pro Jahr geschätzt, wobei die Kosten der Wiedernutzbarmachung der Böden für einen Zeitraum von 15 bis 20 Jahren auf etwa 3 Milliarden Euro geschätzt werden (DG Agri 1999).

¹⁷ z. B. Sachsen: http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/boden_10051.html, Mecklenburg-Vorpommern: <http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/bodenerosion.pdf>, Brandenburg: http://www.zalf.de/home_zalf/download/soz/grano_infoblatt3.pdf, Niedersachsen: <http://www.schweizerbart.de/pubs/books/bgr/nachhaltig-184100023-desc.html>, Bayern:

¹⁸ <http://www.lfl.bayern.de/iab/bodenschutz/06558/index.php>

¹⁹ GIS-Daten zur bundesweiten potentiellen Bodenerosion stehen von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Sektor Boden, zur Verfügung

Durch die Einführung einer Stickstoffobergrenze mit der Düngeverordnung von 170 kg N/ha bei Ackerflächen seit 1997 wurden auch die Cadmium-Einträge reduziert. Eine weitere Reduktion erfolgte durch das Inkrafttreten der Klärschlammverordnung (AbfKlärV 1992). Durch regelmäßige Kontrollen der geltenden Grenzwerte für Schwermetalle wurde erreicht, dass z. B. die mittlere Konzentration von Cadmium in landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämmen (Grenzwert 10 mg/kg Trockenmasse) von 21 mg/kg (1977) auf 1,3 mg/kg (2000) um 94 % abgenommen hat (BMU,, 2001).

Die novellierte deutsche Düngeverordnung (Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen, 10. Januar 2006) gibt Grenzwerte für den Cadmiumgehalt für Bodenhilfsstoffe und Kultursubstrate vor. Auf EU-Ebene werden Grenzwerte für Cadmium in Phosphatdüngern angestrebt.

8.5 Altlasten/Altbergbau

8.5.1 Emissionsminderung im Altbergbau

- **Beschreibung**

Eine Eintragsquelle mit unklarer Bedeutung in den bisher vorliegenden Bestandsaufnahmen für Schwermetalle stellen Bergbaualtlasten dar. Bei nicht mehr aktiv betriebenen und zum Teil historischen Bergwerken können entstehende Grubenwässer in Oberflächengewässer gelangen, die aufgrund der im Untergrund ablaufenden Prozesse teilweise sehr hohe Schwermetallkonzentrationen aufweisen.

Zu dieser Thematik wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens ein Fachgespräch im Februar 2006 durchgeführt²⁰. Obwohl es durch die Veranstaltung gelungen ist, die besondere Relevanz dieser Eintragsquellen besser abschätzen zu können, besteht eine Unsicherheit aber weiterhin darin, dass zwar einige große Standorte von Bergbaualtlasten untersucht sind, es aber keine systematische Übersicht über die Einträge gerade auch kleinerer Bergbaualtlasten gibt. Hinzu kommt, dass Bergbaualtlasten sehr individuell sind, so sind in Einzelfällen die Wässer auch für die Trinkwassergewinnung geeignet. Insgesamt machen nach bisherigen, noch laufenden Erhebungen, die Bergbaueinträge beispielsweise beim Cadmium ca. 10 % der gesamten Einträge in deutsche Oberflächengewässer aus.

²⁰ Die Vorträge stehen auf der Homepage des Umweltbundesamtes unter den Beiträgen des Fachgebietes "Stoffhaushalt der Gewässer" zur Verfügung:
<http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/stoffhaushalt/schwermetalle-bergbau.htm>

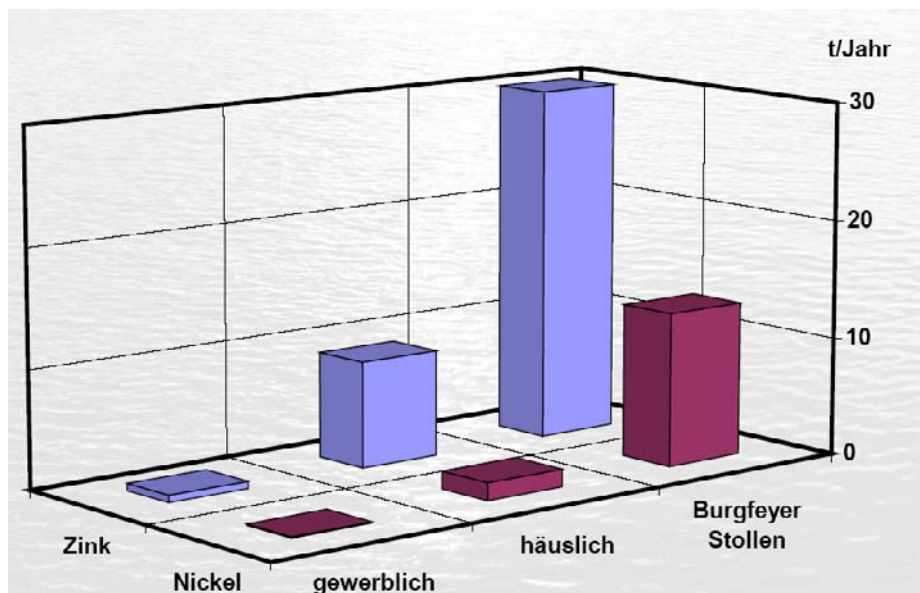
Für Einträge des Altbergbaus gibt es passive und aktive Systeme, die zur Behandlung der Grubenwässer eingesetzt werden können.

- **Zielerreichung / Minderungspotenzial**

Punktuell besteht ein hohes Minderungspotential, wie das Beispiel der Erft zeigt, bei der der größte Anteil der Frachten an Zink und Cadmium durch den Burgfeyer Stollen eingetragen wird, vergleiche Abbildung 8–5 (Christoffels, 2006).

Die Wahl der Behandlungsmaßnahme hängt von vielen Parametern wie Durchsatz, Konzentrationen, jahreszeitliche Änderungen, Flächenbedarf, Reinigungsleistung, Kosten u. a. ab. Im Prinzip ist jede Anlage eine Einzelanlage, zugeschnitten für einen speziellen Standort (Brown et al. 2002). Prinzipiell können aktive und passive Systeme zur Behandlung von Grubenwässern eingesetzt werden. Die passiven Systeme zeichnen sich durch geringere Investitions- und Unterhaltungskosten aus und wurden vor allem in den USA entwickelt. In Großbritannien und Deutschland wurden in den zurückliegenden Jahren unterschiedliche passive Reinigungssysteme in Betrieb genommen (z. B. anoxische Karbonatkanäle, konstruierte Feuchtgebiete, Kalksteinkanäle, Großoberflächenfilter) (Wolkersdorfer/Younger, 2002).

Abbildung 8–5: Schwermetallemissionen im Einzugsgebiet der Erft (Christoffels, 2006)



- **Kosten und Effizienz**

Aktive Systeme sind durch den kontinuierlichen Einsatz von Energie und Chemikalien charakterisiert. Es sind technologische Verfahren mit einer hohen Präzision und Zuver-

lässigkeit, in denen die Reaktionen fast vollständig ablaufen. Nach einer aktuellen Studie liegen laufende Kosten bei 0,27-2,24 $\$/\text{m}^3$ und die mittleren Investitionskosten bei 4,5 Mio. US\$, im Durchschnitt aus 21 Anlagen (Morin & Hutt, 2006).

Passive Systeme: Um kontaminiertes Grubenwasser langfristig kostengünstig reinigen zu können, sind Methoden mit geringst möglichen Investitions- und Unterhaltungskosten nötig. Dazu wurden in Großbritannien und Deutschland in den zurückliegenden Jahren unterschiedliche passive Reinigungssysteme in Betrieb genommen (z. B. anoxische Karbonatkanäle, konstruierte Feuchtgebiete, reaktive Barrieren, Großoberflächenfilter, RAPS²¹). Die Reinigungsleistungen liegen z. B. für Eisen bei 74 bis 93 % bei RAPS Anlagen und bei 21 bis 97 % bei Feuchtgebieten. Die Kosten werden mit 0,11 bis 12 Euro/ m^3 (0,08 £ bis 8,1 £) angegeben (Brown et al., 2002).

- **Instrumente**

Nötig ist eine Bestandsaufnahme in Deutschland, die sowohl die Standorte als auch die jeweiligen Belastungen und begonnenen Maßnahmen zusammenfasst.

8.5.2 Belastungen durch Gewässersedimente bzw. Sedimente in Häfen

- **Beschreibung**

Derzeit wird in Deutschland mit belasteten Sedimenten nicht einheitlich verfahren. Dies liegt u. a. an den anfallenden Mengen: während in den Tideflüssen und Küsten jährlich über 40 Mio. t ausgebagert werden müssen, um eine Schifffahrt zu ermöglichen, sind im Binnenland eher unregelmäßige, punktuelle Baggerarbeiten notwendig.

Für die Schifffahrtsstrassen liegen Verwaltungsvorschriften vor²². Häufig wird aber bei Ausbaggerungen wenig auf den gesamten Wasserkörper im Sinne der WRRL geachtet. In einem Bericht der technischen Universität Hamburg-Harburg für den Rotterdamer Hafen werden im Flusslauf des Rheins in Deutschland fünf „bedenkliche Gebiete“ identifiziert. In diesen Gebieten, zu denen beispielsweise die Staustufen im Oberrhein gehören, können aus den Sedimenten Schadstoffe so mobilisiert werden, das es zum Nachteil des Unterliegers Rotterdam wäre (Heise et al., 2004). Im Frühjahr 2005 musste z. B. eine Baggerung an der Staustufe Iffezheim eingestellt werden, nachdem der dreifache Wert des langjährigen Jahresmittelwertes der HCB-Konzentration in den

21 Bei einem RAPS „Reducing and Alkalinity Producing System“ handelt es sich um eine Verknüpfung aus einem anaeroben Feuchtgebiet und einem geschlossenen Karbonatkanal.

22 Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland (HABAB) und Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich (HABAK)

Schwebstoffen ($225 \mu\text{g}/\text{m}^3$) überschritten wurde, als in einer Probe $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen wurde (Huber, 2005).

- **Zielerreichung / Minderungspotenzial**

Am preiswertesten ist es in der Regel, belastete Sedimente aus dem Gewässer zu entfernen und aufzuspülen²³, am teuersten ist eine thermische Behandlung zur Immobilisierung von Schadstoffen. Für letztere Verfahren werden Kosten im Mittel bei $45 \text{ Euro}/\text{m}^3$ angegeben (SedNet, 2004). Daneben lassen sich aus den Sedimenten unbelastete Fraktionen abtrennen.

- **Kosten und Effizienz**

Es stehen verschiedene Verfahren zu Verfügung, um belastete feinkörnige organische und anorganische Stoffe von verwertbarem Kies- und Sand zu trennen. Dies ist mit erheblichen Kosten verbunden. Ein bekanntes Verfahren ist die METHA Anlage in Hamburg; 50 % des Sediments können nach der Behandlung als Baustoff verwendet werden, die andere Hälfte muss deponiert werden. Die Kosten sind in Tabelle 8–6 dargestellt.

Tabelle 8–6: Kosten verschiedener Baggergutbehandlungsverfahren (HTG, 2006)

Option	Bandbreite (€/m ³ in situ Sediment)
Umlagern Kosten stark abhängig von der Menge und der Transportentfernung	1,50 – 5
Subaquatische Ablagerung in Niederladen Anlagenkapazität zwischen 1,5 und 150 Mio. m ³	rd. 5 - 15
METHA Behandlung (Trennung und Entwässerung) inkl. Betrieb, Personal, Kapitalkosten Durchsatz der METHA-Anlage rd. 1 Mio. m ³ in situ Sediment pro Jahr	rd. 18
Hügeldeponierung in Hamburg Einbaumenge rd. 700.000 m ³ , in situ Sediment pro Jahr und Hügel	10 - 20
Behandlung und Deponierung in Bremen inkl. Planung, Bau und Betrieb, Personal Jahresmenge rd. 300.000 m ³ /a	25 - 30
Betrieb und Instandhaltung der Industriellen Absetz-Klassieranlage in Rostock Einspülentgelt bis zur Verwertungsreife für mittlere Jahresmenge von 150.000 m ³	8 - 9
Entwässerung und Bodenreifung in den Niederlanden	11 - 25

²³ Beim so genannten Schlickeggen wird der Schlickboden mit Druckluft aufgewirbelt, so dass der Schlick mit der Strömung weggetragen wird.

- **Instrumente**

Wie schon vom SRU (SRU, 2004) gefordert, sollte es eine spezifische gesetzliche Regelung geben. Der SRU „sieht dafür in der HABAK/HABAB eine gute Grundlage. Er empfiehlt darüber hinausgehend, die Baggerguteinbringung und -umlagerung in Gewässer insgesamt stärker dem – freilich stärker auf den Meeresraum zu erweiternden – wasserrechtlichen Bewirtschaftungsregime der Wasserrahmenrichtlinie zuzuweisen, um in diesem Rahmen (1) eine engere Kooperation zwischen Bund und Ländern im Sinne eines gemeinsamen Baggergutmanagements formal zu gewährleisten, (2) Letzteres strikt an die Qualitätsziele der Wasserrahmenrichtlinie beziehungsweise daraus abzuleitenden Grenzwerten zu koppeln und im Übrigen (3) eine schadlose Entsorgung an Land zu verlangen.“

8.6 Produkte

8.6.1 Übergreifende Aspekte im Bereich Produkte

- **Beschreibung**

Emissionen prioritärer Stoffe aus weit verbreiteten Produkten (Erzeugnissen) können sowohl Gesundheits- als auch Umweltbelastungen darstellen. Insbesondere bei langlebigen Produkten in Außenanwendungen werden Stoffe durch Auswaschung in geringen Mengen kontinuierlich direkt in die Umwelt freigesetzt und werden über atmosphärische Deposition, urbane Flächen und Kläranlagen in die Oberflächengewässer eingetragen. Bei in der Umwelt schwerabbaubaren Stoffen oder Schwermetallen können sich diese Einträge zu erheblichen Belastungen aufsummieren.

a) Substitution prioritärer Stoffe in Erzeugnissen

Stoffbezogene Beschränkungen für bestimmte Erzeugnisse existieren in Einzelfällen, wenn im Rahmen einer Stoffbewertung diese Maßnahme als notwendig erachtet wurde (Aufnahme in Richtlinie 76/769/EWG bzw. Chemikalienverbotsverordnung: z. B. PBDE, SCCP, PCP, TBT, Schwermetalle) oder wenn abfallbezogene Regelungen Stoffe in Hinblick auf die Entsorgung bestimmter Altprodukte verbieten (ELV²⁴, RoHS²⁵: best. Schwermetalle und PBDE). Diese schließen in der Regel ein Importverbot für Produkte, die diese Stoffe enthalten, mit ein.

²⁴ ELV= Richtlinie 2000/53/EG über Altfahrzeuge (end-of life vehicles).

²⁵ RoHS= Richtlinie 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (restriction of the use of certain hazardous substances).

Aber auch für Stoffanwendungen in Erzeugnissen, für die ein generelles Verbot keine angemessene Maßnahme zu sein scheint, können Ansätze wirksam werden, die zu einer Emissionsminderung beitragen. Auch eine Legaleinstufung eines toxischen Stoffes kann dazu führen, dass Alternativen verwendet werden (Beispiel Legaleinstufung von DEHP im Jahre 2001 als Reproduktionstoxisch Kategorie 2, SubChem 2006).

Leitfäden und Empfehlungen, ggf. branchenspezifisch oder innerbetrieblich, können eine wichtige Unterstützung bei der Suche nach Alternativen sein. In z. T. öffentlich geförderten Forschungsstudien werden Ersatzstoffe allgemein oder für bestimmte Anwendungen gesucht und hinsichtlich ihrer technischen Eignung bewertet.

Weitere Ansätze liegen in der Etablierung von Labeln oder Standards, die nur vergeben werden, wenn Stoffe mit bestimmten Eigenschaften nicht enthalten sind. Diese setzen an den Marktmechanismen an. Staatliche Stellen können dies unterstützen, indem sie in der öffentlichen Beschaffung gezielt nach entsprechenden Kriterien fragen. Betriebe und Behörden nutzen diese und weitere Maßnahmen auch im Rahmen einer integrierten Produktpolitik.

Nicht regulative Maßnahmen oder Selbstverpflichtungen der Industrie können in der Regel nicht verhindern, dass Importeure von Zubereitungen oder Erzeugnissen diese Stoffe dennoch auf den nationalen oder europäischen Markt bringen. Hier kann nur die Nachfrage der Anwender dazu führen, dass sich schadstoffarme oder freie Produkte am Markt durchsetzen. Dazu können informatorische Instrumente wie Label oder Deklarationspflichten beitragen.

b) Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen prioritärer Stoffe aus Erzeugnissen

Anders als die Beschränkung der prioritären Stoffe in Erzeugnissen, aus denen sie emittiert werden können, setzen die Anforderungen an die Produktsicherheit oder andere produktbezogene Anforderungen aus verschiedenen Bereichen oftmals am Emissionsverhalten der Erzeugnisse an. So werden im Rahmen der Umsetzung der Bauprodukterichtlinie Standards erarbeitet, die sicherstellen, dass Produkte vorgegebene Emissionswerte nicht überschreiten (z. B. AgBB-Schema oder Standards für Bodenbeläge) oder legen bestimmte Mindestanforderungen in Hinblick auf Abbaubarkeit und Toxizität eluierbarer Stoffe fest (z. B. DIBt-Kriterien²⁶).

²⁶ DIBt-Merkblatt für die Bewertung der Auswirkungen von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser (DIBt 00)

Generell können Produkt-Qualitätsnormen einen Beitrag zur Emissionsminderung darstellen. Schließlich ist der Verlust funktionaler Additive oder Verunreinigungen keine gewollte Funktion der Erzeugnisse, sondern ein unerwünschter Nebeneffekt, der auch die Haltbarkeit oder optische Erscheinung der Produkte beeinträchtigen kann (z. B. PVC-Planen, die unter UV-Einstrahlung „aufblühen“ und spröde werden; Ahrens et al 2003). Diese Anforderungen können auch Druck auf importierte Produkte ausüben, indem sie die Nachfrage beeinflussen.

Ergebnis der verschiedenen Anforderungen ist damit nicht immer die Substitution des prioritären Stoffes. Emissionen können auch dadurch minimiert werden, dass die Mobilität des Stoffes in dem Erzeugnis verringert wird oder durch entsprechende Versiegelung eine Barriere geschaffen wird (z. B. Versiegelung von PVC-Fußböden, Kunststoffüberzüge für Taucherbleigewichte). In diesen Fällen ist durch entsprechende Entsorgungsmaßnahmen sicherzustellen, dass der Stoff nicht über den Weg des Abfalls in die Umwelt gelangen kann (gezielte Sammlung und Entsorgung z. B. Rücknahme von Batterien, Altfahrzeugen, Elektronikaltgeräten, PVC-Fensterrahmen).

Generell besteht bei importierten Produkten die Schwierigkeit die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften – soweit sie bestehen - zu überwachen. Verstöße gegen Stoffverbote in Erzeugnissen können in der Regel nur durch gezielte Analysen aufgedeckt werden, die aber aufwendig sind und nur stichprobenartig oder, wenn bereits ein Verdacht besteht, durchgeführt werden. Soweit nur nationale oder innereuropäische freiwillige Vereinbarungen oder Standards bestehen, gibt es keine rechtliche Handhabe²⁷. Hier können die Abnehmer in der EU auf ihre außereuropäischen Zulieferer einwirken, indem sie die Vermeidung bestimmter Stoffe oder die Einhaltung industrieller Standards zu bilateralen Vertragsbedingungen machen. Aber auch hier sind Überprüfungsmechanismen erforderlich um die Einhaltung der Vereinbarungen sicherzustellen (Heitmann et al. (2006)).

- **Zielerreichung**

In neu hergestellten Produkten werden die verbotenen Stoffe in der Regel nicht mehr eingesetzt. Allerdings werden im Vollzug bei der Einfuhr von Erzeugnissen nach Deutschland häufiger Verstöße aufgedeckt. Bei langlebigen Produkten ist eine schnelle Reduktion der produktbezogenen Emissionen nicht zu erwarten.

²⁷ Dies wurde am Beispiel der Kauspielzeuge aus Weich-PVC deutlich. Während die meisten Europäischen Hersteller dieser Produkte den als reproduktionstoxisch eingestuft Weichmacher DEHP überwiegend ersetzt hatten, wurden hohe Konzentrationen des Weichmachers im Rahmen einer Greenpeace-Kampagne in importierten Produkten nachgewiesen (GP, 1997).

In Hinblick auf nicht verbotene Anwendungen lassen sich die Effekte der Maßnahmen noch am ehesten an der Marktentwicklung der Stoffe abschätzen. Am Beispiel DEHP, dessen Anteil am Gesamtweichmachermarkt seit 2001 stark abnimmt (von 42% 1999 auf 25% 2003²⁸), lässt sich diese noch relativ leicht zuordnen. Bei anderen Stoffen sind die spezifischen Verwendungsmengen weniger eindeutig der Verwendung in Erzeugnissen zuzuordnen.

Für einige Hersteller oder Händler von Erzeugnissen ist der Ersatz insbesondere gesundheitsgefährdender Stoffe in ihren Erzeugnissen ein wichtiges Ziel, das auch zu dokumentieren ist, um geschäftsschädigenden Skandalenthüllungen vorzubeugen. In öffentlichkeitswirksamen verbrauchernahen Bereichen spielt dieser Aspekt eine wichtige Rolle z. B. bei Textilien (Öko-Tex 100) und im Automobilbereich.

- **Kosten und Effizienz**

Die Substitution von Stoffen in Produkten bzw. Erzeugnissen mit dem Ziel mögliche Risiken zu minimieren erfordert in der Regel zusätzliche Anpassungen. Das heißt, Kosten entstehen nicht nur dann, wenn die Ersatzstoffe einen höheren Preis aufweisen (der jedoch durch eine höhere Nachfrage ggf. auch wieder sinken kann), sondern wenn außerdem Zubereitungen, Verfahren oder Maschinen an die veränderten Eigenschaften des Substitutes angepasst werden müssen. Dies kann sich je nach Komplexität auf mehrere Stufen der Wertschöpfungskette auswirken. Branchenspezifische Zertifizierungsmechanismen wie in der Automobil- oder Flugzeugindustrie können sich hier auch hinderlich erweisen, wenn mit dem Wechsel eines Stoffes die aufwendige Zertifizierungsprozedur erneut durchlaufen werden muss (Ahrens et al., 2004).

Stoffverbote für Erzeugnisse stellen sicher den wirksamsten Anreiz zur Substitution prioritärer Stoffe dar, sofern sie auch importierte Erzeugnisse mit einschließen. Gleichzeitig sind sie aufgrund ihrer hohen wirtschaftlichen Auswirkungen häufig sehr umstritten und schwer oder nur mit hohem Aufwand durchzusetzen, wenn ein Risiko für Umwelt und/oder Gesundheit nicht eindeutig anerkannt wird. Im Sinne eines harmonisierten EU-Marktes sind sie zudem nur als EU-weite Beschränkungen sinnvoll.

Freiwillige Programme erhöhen die Qualität der im eigenen Land hergestellten Produkte, können aber nicht auf importierte Produkte übertragen werden.

Von der Industrie entwickelte Standards stellen dagegen je nach Verbindlichkeit einen hohen Anreiz für Unternehmen dar, diese auch zu erfüllen. Gleichzeitig können sie auch für importierte Produkte verbindlich werden, wenn eine entsprechende marktliche Nachfrage dies fordert.

²⁸ ECPI 2004, European Council for plasticisers and intermediates

- **Instrumente**

- **Stoffverbot:** Verbot der Verwendung und Vermarktung (einschließlich Import) einzelner Stoffe (Richtlinie 76/769/EWG bzw. Chemikalienverbotsverordnung). Weitere Einschränkungen der Verwendung von DEHP in Hinblick auf umweltrelevante Emissionen werden auf EU-Ebene diskutiert.
- **Substitutionsgebot:** Verpflichtung zur Prüfung und Verwendung von Alternativen soweit wirtschaftlich zumutbar (z. B. Gefahrstoffverordnung).
- **Freiwillige Selbstverpflichtung der Industrie:** zur Vermeidung eines drohenden umfangreichen Stoffverbotes.
- **Freiwillige Label oder Deklarationspflichten:** Informieren den Kunden ggf. über umweltbezogene Qualität eines Produkte wie die Ab- bzw. Anwesenheit bestimmter Schadstoffe und wirken damit über den Markt.
- **Produktnormen:** können auch in Hinblick auf den Schadstoffgehalt oder die Schadstofffreisetzung während der Nutzung Standards festlegen.

8.6.2 Produktbezogene Maßnahmen zur Verwendung von Blei im Bauwesen

- **Beschreibung**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens "Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden - Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen" (Hillenbrand et al., 2005) wurde detailliert die Verwendung von Blei im Baubereich hinsichtlich der dadurch bedingten Bleieinträge in die Umwelt und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen untersucht. Das im Baubereich umweltoffen eingesetzte Blei wird überwiegend als Bleiblech für kleinflächige Anwendungen wie Verwahrungen (An- und Abschlüsse) bei Schornsteinen, Kehlen, Firsten/Graten, Fassaden und Luken sowie für Verbindungen und Befestigungen verwendet. Die Verwendung für großflächige Dächer (in der Regel historische Gebäude) macht dagegen weniger als 5 % der Bleibleche aus. Die für die resultierenden Bleibelastungen relevanten Abschwemmraten liegen nach den vorliegenden Untersuchungen bei exponierten Flächen zwischen 2,37 bis 8,0 g/(m²·a), bei eingebauten, kleinflächigen Anwendungen zwischen 0,52 bis 0,97 g/(m²·a).

Zur Substitution von Bleiblechen in ungeschützter bewitterter Funktion stehen verschiedene Alternativen wie beschichtete Materialien, andere Metalle wie Edelstahl oder Aluminium oder bei vorzufertigenden Dachbauelementen auch Kunststoff zur Verfü-

gung. Im "Leitfaden für das Bauwesen" zur Reduktion von Schwermetalleinträgen wird darauf hingewiesen, dass der ungeschützte Einsatz von Bleiblechen im Anwendungsbereich des Leitfadens nicht möglich ist (Hoffmann, Rudolphi, 2005).

- **Zielerreichung / Minderungspotenzial**

Durch den Verzicht auf den Einsatz von Bleiblechen werden Bleiemissionen vollständig vermieden. Im Rahmen des oben erwähnten Forschungsvorhabens wurden die durch diesen Verwendungsbereich verursachten Emissionen für Deutschland insgesamt abgeschätzt: danach gelangen etwa 25 t Blei pro Jahr in die Umwelt, etwa 17 t/a gelangen über das über die Kanalisation abgeleitete Dachablaufwasser in die Oberflächengewässer. Hinsichtlich des Minderungspotenzials ist allerdings zu berücksichtigen, dass eine Substitution von bereits verbauten Materialien schwierig und aufwendig ist und im Allgemeinen nur im Rahmen von Renovierungen möglich sein wird. Aufgrund der langen Nutzungsdauern von bis zu 50 Jahren der relevanten Bauteile bedeutet dies, dass das kurzfristig zu erreichende Minderungspotenzial deutlich unterhalb der o. g. Zahlen liegt.

Im Baubereich werden neben Blei auch die Schwermetalle Kupfer und Zink eingesetzt. Auch hier stehen verschiedene Möglichkeiten zur Substitution bzw. zur Minderung der Emissionen zur Verfügung. Kupfer und Zink sind zwar nicht in die Liste der prioritären Stoffe aufgenommen worden, die in Deutschland gültigen Zielvorgaben der LAWA werden jedoch teilweise in erheblichem Umfang überschritten. Werden Maßnahmen zur Minderung der Bleiemissionen mit vergleichbaren Maßnahmen hinsichtlich Kupfer und Zink abgestimmt, könnten als Zusatzeffekt auch die Umwelt- bzw. Gewässereinträge dieser Schwermetalle reduziert werden.

- **Kosten und Effizienz**

Die Kosten der alternativen Materialien liegen je nach Anwendungsgebiet in der gleichen Größenordnung wie die Elemente aus Blei. Größere Unterschiede können sich jedoch bei den Kosten des Einbaus ergeben, da hier Blei besondere Vorteile aufweist (gute Form- und Verarbeitbarkeit). Die Bauteile, für die Bleibleche eingesetzt werden, verursachen allerdings nur einen geringen Teil der Kosten für die gesamte Dach- bzw. Fassadenfläche. Häufig wird deshalb bereits auf den Einsatz von Blei verzichtet.

- **Instrumente:**

Im Bereich der Reduzierung der atmosphärischen Emissionen hat sich ein breiter Mix an Instrumenten etabliert. Häufig sind Änderungen gesetzlicher Anforderungen in Verbindung mit Anreizen (Steuerleichterungen wie beim Partikelfilter) dasjenige Instrument, was eine schnelle Marktdiffusion der effizientesten Reduktionstechnologie ermöglicht. Bei Holzöfen/Krematorien sollte der gesetzliche Rahmen angepasst werden.

Bei den Holzöfen kann die Effizienz der Öfen wahrscheinlich auch durch Normungsarbeit/Labels gesteigert werden.

Zum Einsatz von Blei im Baubereich bestehen in Deutschland bislang keine regulatorischen Maßnahmen. Dagegen wird im o. g. "Leitfaden für das Bauwesen" der Verzicht auf die Verwendung von umweltoffen eingesetztem Blei vorgegeben. Auf lokaler Ebene wird teilweise über Bebauungspläne die Verwendung von Schwermetallen oder die Möglichkeiten zur Versickerung des Ablaufwassers von Dächern mit Metalleindeckungen eingeschränkt. Da für die Substitution von Bleiblechen Alternativen zur Verfügung stehen und der Grund für den Einsatz der Schwermetalle eher im fehlenden Problembewusstsein der relevanten Akteure (Architekten, Bauherren, Handwerk) liegt, könnte zumindest mittel- bis langfristig durch weitergehende informatorische Maßnahmen eine Reduktion der Emissionen erreicht werden. Der erwähnte Leitfaden ist hierzu ein erster Schritt.

8.6.3 Produktbezogene Maßnahmen zum Einsatz von Nickel in Bremsbelägen

- **Beschreibung**

Konventionelle Bremsbeläge bestehen in erheblichem Umfang aus Metallen: Hauptbestandteil der meisten Beläge sind Eisen und Kupfer mit einem Anteil von etwa 40 bis 50 % (Rauterberg-Wulff, 1998). Daneben sind in geringeren Konzentrationen noch andere Schwermetalle wie z. B. Blei, Zink, Chrom und Nickel mit enthalten. Die Zusammensetzungen schwanken allerdings sehr stark (s. Übersichten in Hillenbrand et al., 2005; Wander, 2004). Für Nickel ermittelte Wander (2004) mittlere Gehalte von 372 mg/kg bei PKW- und 338 mg/kg bei LKW-Bremsbelägen. Bremsbeläge sind als Verschleißteile konzipiert, die jährliche Menge an verbrauchten Bremsbelägen von PKW und kleinen Nutzfahrzeugen wird vom Verband der deutschen Reibbelagindustrie (VRI) auf 26.000 t geschätzt.

Nach den Anforderungen der EU-Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG war eine Umstellung auf bleifreie Bremsbeläge erforderlich. Diese Umstellung hat zwischenzeitlich bereits weitgehend statt gefunden, nur für ältere Fahrzeugtypen werden noch bleihaltige Bremsbeläge angeboten. Zwischenzeitlich werden auf dem Markt auch schwermetallfreie Bremsbeläge angeboten, die bislang allerdings nicht für die Neuausstattung von Fahrzeugen, sondern nur im Aftermarket-Bereich eingesetzt werden. Nach Herstellerangaben wird dabei als Substitut eine Kombination aus mineralischen und keramischen Fasern eingesetzt.

- **Zielerreichung / Minderungspotenzial**

Durch den Einsatz schwermetallfreier Bremsbeläge werden die Umwelteinträge vollständig vermieden. Bzgl. des als Hauptbestandteil eingesetzten Kupfers wurden die über diesen Anwendungsbereich verursachten Emissionen in die Umwelt auf 928 t/a abgeschätzt, die dadurch bedingten Kupfer-Einträge in die Gewässer auf ca. 102 t/a (Hillenbrand et al., 2005). Entsprechend den im Vergleich zu Kupfer deutlich niedrigeren Nickel-Gehalten in den Bremsbelägen, ist für Nickel mit einem geringeren Emissionsminderungspotenzial zu rechnen.

- **Kosten und Effizienz**

Die Preise der derzeit für den Aftermarket angebotenen schwermetallfreien Produkte entsprechen in etwa den Preisen konventioneller Produkte. Der Einsatz auch bei der Neuwagenausstattung würde allerdings erhebliche zusätzliche Kosten aufgrund zusätzlich notwendiger Entwicklungsarbeiten, Tests und Zulassungen erfordern.

- **Instrumente:**

Die Anforderungen zur Umstellung auf bleifreie Bremsbeläge erfolgten über eine EU-Regelung mit der besonderen Zielrichtung der Aufarbeitung von Altfahrzeugen. Im Rahmen dieser Regelung wurden auch andere, besonders toxische Schwermetalle wie Quecksilber und Cadmium mit aufgegriffen. Hinsichtlich gewässerrelevanter Stoffe wie Nickel oder Kupfer wurden keine Anforderungen aufgenommen. Ein anderer möglicher Ansatzpunkt zur Förderung des Einsatzes schwermetallfreier Produkte wären Informationsmaßnahmen oder ein abgestimmtes Vorgehen mit der Industrie (freiwillige Selbstverpflichtung).

8.7 Atmosphärische Deposition bzw. Luftemissionen

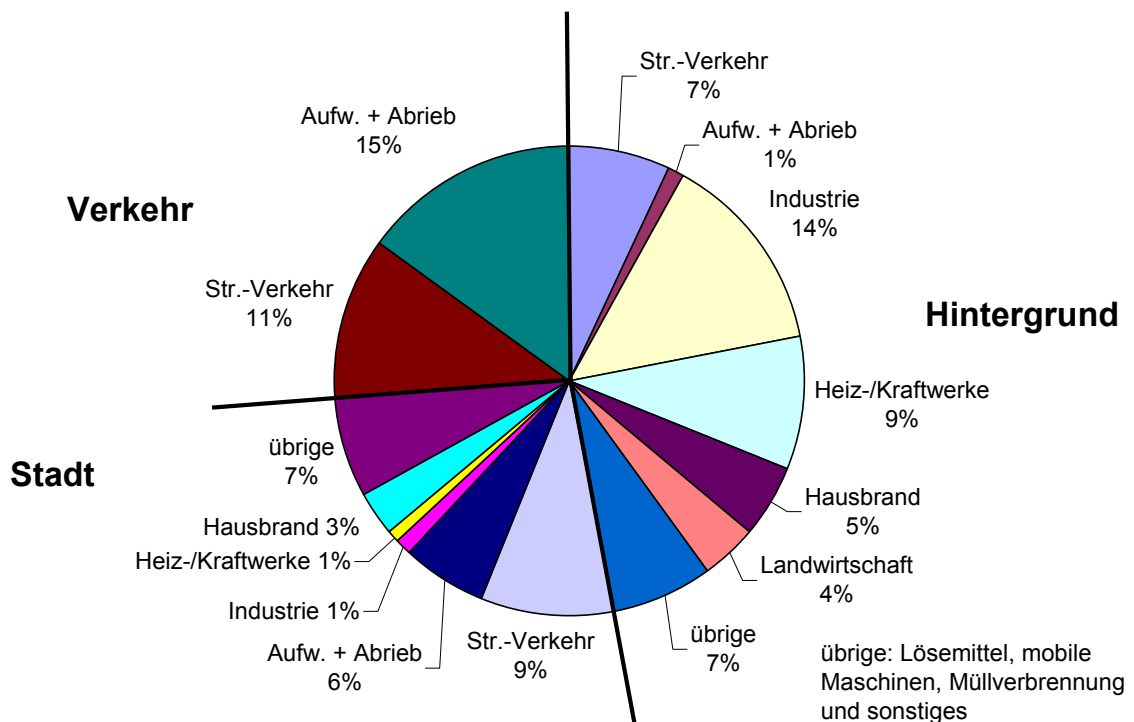
Grundsätzlich haben Luftemissionen der prioritären Stoffe viele unterschiedliche Quellen, insbesondere wenn sie wie die Schwermetalle in sehr verschiedenen Anwendungen eingesetzt werden oder bei Verbrennungsreaktionen erst im Reaktionsgleichgewicht entstehen. Während vorhandene gesetzliche Auflagen wie die TA-Luft schon zu einer Reduktion der durch große industrielle Anlagen in die Luft abgegebenen Schadstoffe geführt haben, besteht die Herausforderung heutzutage häufig darin, dass relevante Emissionsmengen durch viele kleine Einzelanlagen erzeugt werden. Diese kleinen Anlagen sind häufig schwerer zu regulieren, wie z. B. die Überschreitungen der Ausnahmen beim Feinstaub nach der Luftqualitätsrichtlinie 1999/30/EG (bzw. der 22. BImSchV) zeigen.

- **Beschreibung**

Als Technik zur Reduzierung der luftgängigen Schadstoffe kommen integrierte Maßnahmen als auch End-of-Pipe Technologien in Frage. Eine besondere Bedeutung für die prioritären Stoffe haben dabei Maßnahmen zu Reduktion des Feinstaub (PM10), da an diesem sowohl Schwermetalle als auch PAK adsorbiert sind.

Nach Untersuchungen beispielsweise an einer Messstelle an einer Strasse in Berlin betragen die Staubemissionen des Verkehrs ca. 49 % (davon Aufwirbelung und Abrieb 22%). Diese setzen sich aus lokalen Emissionen an der Strasse, aus städtischen Beiträgen und Hintergrundemissionen zusammen (vgl. Abbildung 8–6). Partikelfilter wären nach einer breiten Einführung bei Kraftfahrzeugen auch für andere Sektoren nutzbar, beispielsweise etwa bei stationären Motoren im Baubereich oder Motoren in Freizeitbooten.

Abbildung 8–6: Beiträge der einzelnen Emissionsquellen von Feinstaub (John et al., 2004)



Bei den Feinstaubemissionen haben die aus kleinen Holzfeuerungsanlagen stammenden Mengen die Emissionen des Verkehrs überschritten (s. Tabelle 8–7).

Tabelle 8–7: Jahresemissionen PM10 in Kilotonnen (vorläufige Zahlen, Februar 2006)

PM10 Emissionen in kt	2002	2003
Kleine Holzfeuerungen in Haushalten und im Kleingewerbe	22,7	24,0
Straßenverkehr (nur Verbrennung)	25,4	22,7

Bzgl. der Luftbelastungen mit Quecksilber sind vor allem die Feuerungsanlagen relevant. Durch die Einführung effizienter Rauchgasreinigungsverfahren können hier Emissionen an Quecksilber, aber auch an PAK vermieden werden. Im BVT-Merkblatt zu Großfeuerungsanlagen (GFA) wird für den Einsatz von Steinkohle eine 90 %ige Abscheiderate für Hg als erreichbar genannt, wenn neben einem E-Filter eine Abgasentschwefelungseinrichtung und eine SCR (Selective Catalytic Reduction) zur Entstickung betrieben werden; für den Betrieb ohne SCR gibt das Merkblatt einen Wert von bis zu 75%; für Braunkohle-Großfeuerungsanlagen gibt das Merkblatt 30 - 70 % an. SCR ist in Deutschland Stand der Technik für Großfeuerungsanlagen; während die EG-Richtlinie für Großfeuerungsanlagen keinen Hg-Grenzwert beinhaltet, hat Deutschland mit der Novelle der 13. BImSchV im Jahre 2004 einen Hg-Grenzwert eingeführt, der von bestehenden Anlagen ab dem 01.11.2007 bzw. von in jüngerer Zeit bereits nachgerüsteten Anlagen ab 2011 einzuhalten (siehe 7.1). Inwieweit dadurch tatsächlich die Hg-Emissionen in Deutschland deutlich reduziert werden, ist allerdings noch zu untersuchen. Dabei ist darauf zu achten, dass mögliche Anpassungen vor dem nächsten Neuinvestitionsschub im Bereich der Großfeuerungsanlagen umzusetzen sind, den Frost und Sullivan in einer Marktstudie für Deutschland ab 2008 prognostizieren (Frost & Sullivan, 2006).

Für kleinere Feuerungsanlagen gelten teilweise die allgemeinen Anforderungen der Nr. 5.2.2 der TA Luft 2002 mit einem Grenzwert von jeweils $0,05 \text{ mg/m}^3$ für Thallium und Quecksilber. In anderen Verbrennungsanlagen wie in Raffinerien, Glas-, Zement- oder Metallindustrie sind SCR-Anlagen laut BVT-Merkblätter nicht generell, sondern häufig nur in Pilotprojekten installiert.

Neben den unter EPER erfassten Verbrennungsanlagen sind für Quecksilber-Emissionen auch Krematorien eine wesentliche Quelle, hauptsächlich auf Grund der Amalgam-Zahnfüllungen. Derzeit bestehen aber nach der 27. BImSchV für Krematorien nur Emissionsbegrenzungen für Kohlenmonoxid, Gesamt-Kohlenstoff, Staub sowie Dioxinen/Furanen. Über spezielle Abgasreinigungsverfahren (Einsatz von Sorbentien wie Aktivkohle, Kalk, etc.) kann eine effektive Quecksilberabscheidung erreicht werden.

- **Zielerreichung / Minderungspotenzial**

Partikelfilter: Durch die Einführung eines PM-Grenzwerts in der Größenordnung von etwa 2,5 mg/km im Rahmen einer Abgasstufe Euro 5 für Diesel-Pkw, womit Dieselpartikelfiltertechnik erzwungen würde, würden sich die Partikelemissionen aus Pkw von 2004 bis 2010 um ca. 36 % vermindern²⁹ (Lahl und Steven, 2004).

Hausbrand: Das Umweltbundesamt schätzt, dass durch eine Änderung der 1. BImSchV mit dem Ziel der Verschärfung der Grenzwerte und Ausweitung der BImSchV auf Geräte geringer Leistung sowie durch bessere Information der Betreiber die Feinstaubemissionen bis 2020 um ca. 40 % gesenkt werden könnten (UBA, 2006a).

Feuerungsanlagen: Der Anteil der Feuerungsanlagen > 50 MW an den Hg-Luftemissionen liegt nach den Ergebnissen des Europäischen Emissionsinventars für Deutschland bei über 50 %. Die Emissionen von Feuerungsanlagen < 50 MW tragen ebenfalls in erheblichem Umfang zu den gesamten Luftemissionen bei. Nach AEA Technology/NILU –Polska (2005) liegt der Anteil auf EU-Ebene bei etwa 16 %. Die für Deutschland berechneten emittierten Frachten ergeben einen Anteil an den nach EPER gemeldeten Luftemissionen von 32 %.

Krematorien: Nach OSPAR (2006) werden in Deutschland aus Krematorien 36 kg Hg pro Jahr emittiert: 17,7 kg von 105 Krematorien, in denen Techniken zur Hg-Abscheidung eingesetzt werden und 18,3 kg aus 21 Anlagen ohne spezifische Techniken. Durch verbesserte Abgasreinigungsverfahren könnten diese Emissionsmengen reduziert werden.

- **Kosten und Effizienz**

Partikelfilter: Für die Umrüstung von Altfahrzeugen kommen überwiegend so genannte offene Filtersysteme (Durchflussfilter mit 30-50 % Wirkungsgrad) in Frage, für die Preise zwischen 400 und 600 Euro erwartet werden³⁰.

Krematorien: Nach OSPAR (2003) liegen die Kosten zusätzlicher Emissionsminderungsmaßnahmen je nach Ofentyp bei 27.270 € bis 48.180 € pro Jahr ("cold start furnace") bzw. 45.460 € bis 74.550 € pro Jahr ("hot start furnaces"). Bezogen auf die vermiedene Emissionen an Quecksilber würden sich daraus spezifische Kosten von 50 bis 73 €/g Hg bzw. 100 bis 145 €/g Hg ergeben.

²⁹ Dabei ist ein Anteil der Diesel-Pkw an den Neuzulassungen von 40 % zugrunde gelegt sowie die Annahme, dass im Jahre 2006 10 %, in 2007 30 %, in 2008 60 % und danach alle neu zugelassenen Diesel-Pkw den genannten Grenzwert unterschreiten.

³⁰ Drucksache 15/5290

9 Literatur

- AEA Technology/NILU –Polska (2005): Costs and environmental effectiveness of options for reducing mercury emissions to air from small-scale combustion installations. Final report.
http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/sci_final_report.pdf (abgerufen am 28.08.06)
- Althöfer, P.; G.h.; Feuersänger, G. (2005): Wasserkreislauf in der Papierindustrie - Thermophile anaerobe Prozesswasserreinigung. In: WWT Special 9/2005, S. 25-30.
- Athanasiadis, K. (2006): On-site Infiltration of Roof Runoff by Using Clinoptilolite as an Artificial Barrier Material. Heft 187, Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Technische Universität München
- ATV-DVWK (2003): Hinweise zu Wirksamkeit und Kosten gewässerbezogener Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung in der Stadtentwässerung. Hennef; Arbeitsbericht. ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- Behrendt, H.; Huber, P.; Opitz, D.; Schmoll, O.; Scholz, G.; Uebe, R. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. UBA-Texte 75/99, Berlin
- BMU (2004): Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Reifen – Kommission legt Richtlinienentwurf vor. Umwelt 5/2004, S. 295-296
- BMU (2006), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Wasserwirtschaft in Deutschland, Teil 2: Gewässergüte.
- BMU (2006): Nationaler Durchführungsplan Bundesrepublik Deutschland. Stockholmer Übereinkommen zu persistenten organischen Schadstoffen (POPs), Berlin, 03.04.2006
- BMU 2001: Umweltverträglicher Einsatz von Düngemitteln. Umwelt Nr. 12/2001
- Böhm, E.; Hillenbrand, T.; Marscheider-Weidemann, F.; Herrchen, M.; Klein, M. (2002): Ermittlung der Quellen für die prioritären Stoffe nach Artikel 16 der Wasserrahmenrichtlinie und Abschätzung ihrer Eintragsmengen in die Gewässer in Deutschland. UBA-Texte 68/02, Umweltbundesamt Berlin
- Böhm, E.; Hillenbrand, T.; Marscheider-Weidemann, F.; Schempp, C.; Fuchs, S.; Scherer, U. (2001): Bilanzierung des Eintrags prioritärer Schwermetalle in Gewässer. UBA-Texte 29/01, Umweltbundesamt Berlin, 2001, 130 S.

- BRE (2005): Updated Risk Assessment of Alkanes, C10-13, Chloro. Rapporteur: UK. Building Research Establishment Ltd (BRE)
- Brown, M.; Barley, B.; Wood, H. (2002): Minewater Treatment – Technology, Application and Policy. IWA Publishing, London
- Christoffels, E. (2006): Metalleinträge in die Gewässer im Einzugsgebiet der Erft unter besonderer Würdigung der ehemaligen Erzgewinnungsstätte Mechernich. Vortrag im Rahmen des Fachgespräch: „Schwermetalleinträge in Oberflächengewässer aus historischen Bergbaualtlasten in Deutschland“ am 09. Februar 2006 im Umweltbundesamt Berlin
- DG Agri (2005): Agri-environment Measures, Overview on General principles, Types of Measures, and Application; European Commission, Directorate General for Agriculture and Rural Development, March 2005.
- Brüß, U.; Richter, S. (2003): Membranbelebungsanlage zur Reinigung von Textilabwasser aus der Entschlichtung. In: 5. GVC-Abwasser-Kongress: Prozessintegrierte und additive Verfahren der Abwasser- und Schlammbehandlung. Preprints. VDI, Düsseldorf
- Dierkes, C.; Gelhaus, C. (2006): Versickerung metallhaltiger Regenabläufe. wwt 6/2006, S. 59 - 62
- Dittrich, J.; Gnirß, R.; Peter-Fröhlich, A.; Sarfert (1998): Betriebserfahrungen und Kostenbetrachtungen für die Mikrofiltration von gereinigtem Abwasser – Ergebnisse eines BMBF-Forschungsvorhabens. In: Melin, T.; Rautenbach, R.; Dohmann, M. (Hrsg.): Begleitband zur 2. Aachener Tagung „Membrantechnik“, IVT und ISA RWTH Aachen.
- Döpfens, E.; Krull, R.; Hempel, D. C.; Metzen, P.; Diering, B. (2003): Schließung von Stoffkreisläufen durch Abwasserrecycling in der Textilveredlungindustrie. In: 5. GVC-Abwasser-Kongress: Prozessintegrierte und additive Verfahren der Abwasser- und Schlammbehandlung. Preprints. VDI, Düsseldorf
- Dohmann, M.; Buer, T.; Vossenkaul, K. (2002): Stand und weitere Entwicklungen membrantechnischer Anlagen im Bereich der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Vortrag, Abschlusskolloquium zum Pilotprojekt Membrantechnik Kläranlage Büchel, Januar 2002.

- DWA (2005a): Merkblatt DWA-M 178 - Empfehlungen für Planung, Konstruktion und Betrieb von Retentionsbodenfilteranlagen zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef
- DWA (2005b): Aufbereitung von Industrieabwasser und Prozesswasser mit Membranverfahren und Membranbelebungsverfahren. Teil 3: Membranverfahren, Juli 2005, DWA, Hennef
- DWA-Fachausschuss KA-7 (2005): Membranbelebungsverfahren – 2. Arbeitsbericht. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef
- EAF (2003a): Results of source screening Germany, May 2003
- EC, 2006: Setting up of indicators on the number of permits issued for existing installations. http://ec.europa.eu/environment/ipcc/ipcc_indic_permits.htm; abgerufen 21.06.2006
- EESC Opinion (2003): Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses zu der Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament und den Wirtschafts- und Sozialausschuss "Hin zu einer thematischen Strategie zur nachhaltigen Nutzung von Pestiziden", Brüssel Januar 2003
- Engelhardt, N. (2002): Wirtschaftlichkeit einer großtechnischen kommunalen Membranbelebungsanlage am Beispiel der Kläranlage Nordkanal des Erftverbandes. In: GWA, Bd. 188, 35. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft
- Engelhardt, N. (2004): Membrantechnologie im Abwasserbereich - ein innovatives und zukunftsweisendes Verfahren zur Behandlung von kommunalem Abwasser. Vortrag am BMWA Berlin am 30.11.2004.
- Enquete (1994): Die Industriegesellschaft gestalten: Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen; Bericht der Enquete Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt- Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft"; Bericht des 12. deutschen Bundestages.
- EPER (2001): Europäisches Schadstoffemissionsregister. www.eper.de (abgerufen am 19.04.2006)
- EU (2003): RAR Trichlormethan: Draft of August 2003, Rapporteur France
- Europäische Kommission (2006): Neuer Schwung für den integrierten Ansatz zu Genehmigungserteilungen. In: Umwelt für Europäer, Nr. 24, Mai 2006

- Forstmeier, M.; Wozny, G.; Buss, K.; Tölle, J. (2003): Produktionsintegrierter Einsatz der katalytischen Elektrolyse zur Reduzierung des Wasserbedarfs in der Prozessindustrie. In: 5. GVC-Abwasser-Kongress: Prozessintegrierte und additive Verfahren der Abwasser- und Schlammbehandlung. Preprints. VDI, Düsseldorf
- Frost&Sullivan (2005): Industrial Water Recycling and Reuse Equipment – Markets in Europe and Middle East. B6II-15, London
- Frost & Sullivan (2006): Western European Air Pollution Control Equipment in Power Plants Markets. February 2006
- Fuchs, S.; Scherer, U.; Hillenbrand, T.; Marscheider-Weidemann, F.; Behrendt, H.; Opitz, D. (2002): Schwermetalleinträge in die Oberflächengewässer Deutschlands. Texte 54/02, Umweltbundesamt, Berlin, 166 S.
- Gehlert, G.; Wienands, H. (2005): Einsatz von Membranverfahren in der industriellen Abwasseraufbereitung – Wasserrecycling in der Papierindustrie und der Altölaufbereitung. In: Wasser und Abfall 11, S. 10-13.
- Gretzschel, O.; Grotehusmann, D.; Meier, W. (2003): Vorreinigung von Niederschlagsabflüssen vor der Versickerung. In: Wasser & Boden, 55. Jahrgang 1 u. 2, S 56-61.
- Hahn, J. (2004): Indikatoren für einen notwendigen Wandel. WLB Wasser, Luft und Boden 5/2004
- Heise, S.; Förstner, U. (2004): Inventory of historical contaminated sediment in Rhine Basine and its tributaries. Final report, October 2004
- Hasler, J. (2003): Abwasserfreie, energie- und stoffverlustminimierte Prozesstechnik am Beispiel der Oberflächentechnik von FSB, Brakel. In: 5. GVC-Abwasser-Kongress (2003): Prozessintegrierte und additive Verfahren der Abwasser- und Schlammbehandlung. Preprints. VDI, Düsseldorf
- Hegemann, W.; Busch, K.; Spengler, P.; Metzger, J. W. (2002): Einfluss der Verfahrenstechnik auf die Eliminierung ausgewählter Estrogene und Xenoestrogen in Kläranlagen – ein BMBF Verbundprojekt. GWF Wasser Abwasser, Nr. 5, 143, S. 422- 428
- Helmreich, B. (2003): Entfernung von Zink und Kupfer aus Dachabflüssen. In: 2. Regenwassertage. ATV-DVWK, Hennef

- Helmreich, B., Hilliges, R., Schriewer, A., Athanasiadis, K. (2005): Schadstoffe in Niederschlagsabflüssen und deren Bewertung. In: Niederschlagswasserbehandlung in urbanen Gebieten. In: Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft, TU München, Band 185, ISSN 0942-914X. S. 35-48.
- Hermann, E. (2005): Behandlung von hochbelastetem Straßenabwasser. gwa 12, S. 953-959
- Hillenbrand, T.; Hiessl, H. (2006): "Alles fließt" - Sich verändernde Planungsgrundlagen für Wasserinfrastruktursysteme. KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall (zur Veröffentlichung angenommen)
- Hillenbrand, T.; Böhm, E. (2004): Kosten-Wirksamkeit von Maßnahmen im Bereich der Regenwasserbehandlung und -bewirtschaftung. KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall 51 (2004), 8, S. 837-843
- Hillenbrand, T.; Toussaint, D.; Böhm, E.; Fuchs, S.; Scherer, U.; Rudolphi, A.; Hoffmann, M. (2005): Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden - Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen. Texte 19/05, Umweltbundesamt, Dessau
- Hilliges, R., Schriewer, A., Helmreich, B. (2005): Entfernung von Schadstoffen aus Straßenabflüssen einer stark befahrenen Straße durch ein mehrstufiges Filtersystem. In: Niederschlagswasserbehandlung in urbanen Gebieten. In: Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft, TU München, Band 185, ISSN 0942-914X. S. 163-183.
- HTG (2006), Hafentechnische Gesellschaft e.V.: <http://www.htg-baggergut.de/>
- Huber, J. (2005): Die Umlagerung von Baggergut an der Staustufe Iffezheim und deren Wirkungen. Informationsschrift 2005, S. 48 – 25, WSD Südwest
- Industrieverband Agrar (http://www.iva.de/presse_news/pr_artikle.asp?doc=251) (abgerufen am 28.7.06)
- John, A.; Kuhlbusch, T.; Lutz, M. (2004): Quellenzuordnung anhand aktueller Immissions- und Emissionsdaten in Berlin. IUTA-Workshop "PMx-Quellenidentifizierung, Ergebnisse als Grundlage für Maßnahmepläne" Umweltbundesamt 2004
- Hoffmann, M.; Rudolphi, A. (2005): Leitfaden für das Bauwesen – Reduktion von Schwermetalleinträgen aus dem Bauwesen in die Umwelt. Texte 19/05, Umweltbundesamt, Dessau

- ISA/MUNLV (Institut für Siedlungswasserwirtschaft der RWTH Aachen, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen; 2006): Membrantechnik für die Abwasserreinigung. FiW Verlag, Aachen
- Kasting, U. (2004): Reinigungsleistung von zentralen Anlagen zur Behandlung von Straßenabflüssen. In: KA – Abwasser, Abfall (51) Nr. 9, S. 948-953.
- Krampe, J.; Laufer, R. (2005): Betriebserfahrungen mit der kommunalen Membranbelebungsanlage der Stadtwerke Schramberg in Waldmössingen. Wasser und Abfall 11, S. 14 - 18
- Krejci, V.; Boller, M.; Rossi, L. (2004): Maßnahmen bei der Regenwasserentsorgung. In: GWA Wasser – Abwasser Nr. 11, S. 823-832.
- Krejci, V.; Kreikenbaum, S.; Rossi, L.; Fankhaus, R. (2003): Projekt STORM - Abwassereinleitungen bei Regenwetter. In: EAWAG news 57, S. 21-24.
- LAWA (2004): 2.Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit – Pflanzenschutzmittel
- Krejci, V.; Boller, M.; Rossi, L. (2004): Maßnahmen bei der Regenwasserentsorgung. In: GWA Wasser – Abwasser Nr. 11, S. 823-832.
- Krinitz, J.; Stachel, B. (1999): Herkunft und Verteilung von Organozinnverbindungen in der Elbe und in Elbenebenflüssen. Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe
- Lebek et al., (2005): Wassermanagement für die galvanotechnische/chemische Industrie. KA, Nr. 9
- Lehmann, M.; Vietoris, U. (2006): Prioritäre Stoffe – Ergebnisse Länderabfrage 2005. Vortrag im Rahmen des Workshops "Emissionsminderungsmaßnahmen für prioritäre Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie - Bestandsaufnahme und Handlungsoptionen", 30.05.2006, abrufbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/stoffhaushalt/ws-prio-stoffe.htm>
- LfU (1998), Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.): Handbuch Wasser 4, Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem.
- Malburg-Graf: Überprüfung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Bodennutzung in der Region Stuttgart mit Hilfe einer Schwermetallbilanz, Kurzfassung des Abschlussberichts (Februar 2002), (<http://www.geographie.uni-stuttgart.de/physische/forschung/nachboden.html>)

- Morin, K. A. & Hutt, N. M. (2006): Case Studies of Costs and Longevities of Alkali-Based Water-Treatment Plants for ARD, S. 1333-1344. St. Louis (Proceedings, International Conference of Acid Rock Drainage (ICARD)).
- Metzger, S.; Kapp, H.; Seitz, W.; Weber, W. Hiller, G.; Süßmuth, W. (2005): Entfernung von iodierten Röntgenkontrastmitteln bei der kommunalen Abwasserbehandlung durch den Einsatz von Pulveraktivkohle. GWF Wasser Abwasser, Nr. 9, 146, S: 638-645
- Möslang, H. (2005): In: Melin, T.; Pinnekamp, J.; Dohmann, M.: Membrantechnik in der Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung. 6. Aachener Tagung, RWTH Aachen
- MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen; 2003): Abwasserreinigung mit Membrantechnik. Membraneinsatz in kommunalen und industriellen Bereich. MUNLV (Hrsg.)MUNLV (2005): Bestandsaufnahme Niederrhein – Umsetzung der WRRL in der FGE Rhein. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Düsseldorf
- Neifer, H.; Krampe, J. (2006): Technische Möglichkeiten bei der Abwasserbeseitigung. In. Arzneimittel – Spurenstoffe im Wasserkreislauf und Boden. Kongressband, 17.05.2006, Stuttgart
- N.N. (2005): Optimale Papierherstellung gesichert. WWT Special, 9/2005
- NEPTUN (2000): (Roßberg, D. et al.) Erhebung von Daten zum tatsächlichen Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel im Ackerbau Deutschlands; Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Folgenabschätzung im Pflanzenschutz, Braunschweig
- OSPAR (2006): Draft Overview Report on implementation of OSPAR Recommendation 2003/4 on Controlling the despersal of Mercury from Crematoria. OSPAR Commission 2006
- OSPAR (2003): Mercury emissions from crematoria and their control in the OSPAR Convention Area. Hazardous Substances Series, OSPAR Commission 2003
- Paulitschek, M.; Rösler, H.-W. (2003): Nanofiltration in Form mit Spiralwickelmodulen nach einer Belegung. In: 5. GVC-Abwasser-Kongress: Prozessintegrierte und additive Verfahren der Abwasser- und Schlammbehandlung. Preprints. VDI, Düsseldorf

- Quentmeier, V.; Rübiger, N. (2003): Schließung von Wasserkreisläufen in der Kalksandsteinindustrie. In: 5. GVC-Abwasser-Kongress: Prozessintegrierte und additive Verfahren der Abwasser- und Schlammbehandlung. Preprints. VDI, Düsseldorf
- Rappich (2003): Neue Verfahrenstechniken zur Prozesswasseraufbereitung/Recycling. In: 5. GVC-Abwasser-Kongress: Prozessintegrierte und additive Verfahren der Abwasser- und Schlammbehandlung. Preprints. VDI, Düsseldorf
- Rauterberg-Wulff, A. (1998): Beitrag des Reifen- und Bremsbelagabriebs zur Rußemission an Straßen. Fortschritt Berichte VDI, Reihe 15 Nr. 202.
- Reichart, A. (2005): Quecksilber – noch immer ein Problem. Umweltbundesamt, Dessau
- Rosenwinkel, K.-H.; Brinkmeyer, J. (2004): Wasserrecycling in der Lebensmittelindustrie. In: Schriftenreihe WAR 159, S. 75ff.
- Schäfer, M.; Hoffmann, E. (1997): Schadstoffmanagement auf Kläranlagen. In: Hahn, H.H., M. Wilhelmi (Hrsg.), Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe, Bd. 89, Oldenbourg Verlag, München.
- Schiewer, S.; Meuser, K.; Wintgens, T. (2001): Verfahrenstechnische Aspekte des Verhaltens von endokrinen Substanzen in Kläranlagen. Wasser&Boden (53), Nr. 1+2, S. 10 – 15.
- Schipolowski, T.; Forstmeier, M.; Wozny, G. (2003): Erfahrungen aus Planung und Pilotbetrieb einer Membranfiltrationsanlage zur produktionsintegrierten Abwasserbehandlung. In: 5. GVC-Abwasser-Kongress: Prozessintegrierte und additive Verfahren der Abwasser- und Schlammbehandlung. Preprints. VDI, Düsseldorf
- Schmid, F.; Dietz, W.; Demel, I. (2004): Wasserrecycling in der Papierproduktion. In: Schriftenreihe WAR 159, S. 95ff.
- Schönbucher, B. (2004): Lösungsstrategien für die industrielle Wasserkreislaufführung. In: DECHEMA: Wasserressourcen für die Industrie – Entwicklungen zur wirtschaftlicheren Nutzung. 12.02.2004, DECHEMA, Frankfurt
- Schröder, H. Fr. (2003): Mikroschadstoffe – Potentiale der Eliminierung bei Anwendung von Membranverfahren. In: Gewässerschutz – Wasser - Abwasser Bd. 190, RWTH Aachen, S. 33/1 – 33/22
- SedNet (2004). European Sediment Research Network: Contaminated Sediments in European River Basins. www.SedNet.org

- Sieker, F. (2006): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Siedlungsgebieten. In: GWF Wasser – Abwasser Nr. 4, S. 310-147.
- Sieker, F.; Kaiser, M.; Sieker, H. (2006): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich. Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart.
- SRU (2004): Sondergutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen - Meeresumweltschutz für Nord- und Ostsee. Drucksache 15/2626 vom 24.2.2004
- Spänhoff, M.; Hagen, K. (2004): Wasserkreislaufführung am Beispiel eines Chemieunternehmens in NRW. In: DECHEMA: Wasserressourcen für die Industrie – Entwicklungen zur wirtschaftlicheren Nutzung. 12.02.2004, DECHEMA, Frankfurt
- Theiss, S.; Baum, T.; Ruth, J. (2005): Brauchwasser auf der Kläranlage. UmweltMagazin Juli-August, S: 33 - 34
- UBA (2000): Produktion und Verwendung zinnorganischer Verbindungen in Deutschland. Fachöffentliche Anhörung vom 14. März 2000. Bericht des UBA und des Bundesinstituts für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin. Umweltbundesamt, Berlin
- UBA (2005): Bericht der Bundesrepublik Deutschland zur Durchführung der Richtlinie 76/464/EWG und Tochterrichtlinien betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer der Gemeinschaft - Zeitraum 2002 – 2004. Umweltbundesamt Fachgebiet II 2.2, Dezember 2005, Dessau
- UBA (2006): Schwermetalleinträge in Oberflächengewässer aus historischen Bergbau-altlasten in Deutschland. Fachgespräch, 09.02.2006,
<http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/stoffhaushalt/schwermetalle-bergbau.htm>
- UBA (2006a): Hintergrundpapier: Die Nebenwirkungen der Behaglichkeit: Feinstaub aus Kamin und Holzofen. Dessau, 9.3.2006,
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/holzfeuerung.pdf>
- UBA/BMU (2004): Workshop "Neue Anforderungen an Abwassereinleitungen unter Berücksichtigung integrierter medienübergreifender Aspekte". 28./29. September 2004, Berichtsband
- Umweltbundesamt (2006): persönliche Mitteilung

- Veltwisch, D. (2005): Novellierung der Abwasserverordnung – Eine Herausforderung?
In: Wasser und Abfall 10, S. 10-13.
- Voßenkaul, K. (2005): Grundlagen des Membranbelebungsverfahrens. In: Membrantechnik in der Abwasserwirtschaft – Auszüge der Vorträge der Membrantage 21.-23. Juni 2005. DWA, Hennef
- Wander, R. (2004): Quellenbezogene Analyse und Quantifizierung der Schmutzstofffrachten im Trockenwetter- und Regenwasserabfluss von Kanalisationssystemen. Diplomarbeit, Uni Karlsruhe
- Wedi, D. (2005): Energiebedarf und Wirtschaftlichkeit des Membranbelebungsverfahrens. In: Membrantechnik in der Abwasserwirtschaft – Auszüge der Vorträge der Membrantage 21.- 23. Juni 2005. DWA, Hennef
- Welker, A.; Dittmer, U. (2005): Belastung von Verkehrsflächenabflüssen mit Schwermetallen und PAK. In: GWF Wasser – Abwasser Nr. 4, S. 320-332.
- Wolkersdorfer, C.; Younger, P. L. (2002): Passive Grubenwasserreinigung als Alternative zu aktiven Systemen. Grundwasser (7) 2, 1432 – 1165

Anhang: Datenblätter Nr. 1 - 33

- (1) Alachlor
- (2) Anthracen (*s. Datenblatt 28: PAK*)
- (3) Atrazin
- (4) Benzol
- (5) Pentabromdiphenylether
- (6) Cadmium
- (7) C10-C13-Chloralkane
- (8) Chlorfenvinphos
- (9) Chlorpyrifos
- (10) 1,2-Dichlorethan
- (11) Dichlormethan
- (12) DEHP
- (13) Diuron
- (14) Endosulfan
- (15) Fluoranthen (*s. Datenblatt 28: PAK*)
- (16) Hexachlorbenzol
- (17) Hexachlorbutadien
- (18) Hexachlorcyclohexan
- (19) Isoproturon
- (20) Blei
- (21) Quecksilber
- (22) Naphthalin (*s. Datenblatt 28: PAK*)
- (23) Nickel
- (24) Nonylphenol
- (25) Octylphenol
- (26) Pentachlorbenzol
- (27) Pentachlorphenol
- (28) Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- (29) Simazin
- (30) Tributylzinnverbindungen
- (31) Trichlorbenzole
- (32) Trichlormethan
- (33) Trifluralin