

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT  
- Wasserkirtschaft -

Forschungsbericht 296 21 524/~~01~~  
UBA-FB xxx

000/123

Texte  
**53**  
**00**  
**Emissionsinventar**  
**Wasser für die**  
**Bundesrepublik**  
**Deutschland**  
ISSN  
0722-186X

von

**Eberhard Böhm**  
**Thomas Hillenbrand**  
**Frank Marscheider-Weidemann**  
**Christian Schempp**

Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung,  
Karlsruhe

unter Mitarbeit von

**Stephan Fuchs** *✓* **Ulrike Scherer** *✓ neue Zeile*

Institut für Siedlungswasserwirtschaft Universität Karlsruhe (TH)

**Matthias Lüttgert**

RISA Sicherheitsanalysen GmbH, Berlin

im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei  
**Vorauszahlung von DM 20,- (10,26 Euro)**  
durch Post- bzw. Banküberweisung,  
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der  
Postbank Berlin (BLZ 10010010)  
Fa. Werbung und Vertrieb,  
Ahornstraße 1-2,  
10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte  
eine schriftliche Bestellung mit Nennung  
der **Texte-Nummer** sowie des **Namens**  
und der **Anschrift des Bestellers** an die  
Firma Werbung und Vertrieb.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr  
für die Richtigkeit, die Genaugkeit und  
Vollständigkeit der Angaben sowie für  
die Beachtung privater Rechte Dritter.  
Die in dem Bericht geäußerten Ansichten  
und Meinungen müssen nicht mit denen des  
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber:

Umweltbundesamt  
Postfach 33 00 22  
14191 Berlin  
Tel.: 030/8903-0  
Telex: 183 756  
Telefax: 030/8903 2285  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion:

Fachgebiet II 3.2  
Dr. Joachim Heidemeier

Berlin, November 2000

## Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB 000/23	2.	3. Wasserwirtschaft
4. Titel des Berichts		
Emissionsinventar Wasser für die Bundesrepublik Deutschland		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n)	8. Abschlußdatum	3. Wasserwirtschaft
Dr. Böhm, Eberhard; Dipl.-Ing. (FH) Hillenbrand, Thomas; Dr. Marscheider-Weidemann, Frank; Dipl.-Ing. Schermer, Christian; Dr. Fuchs, Stephan; Dipl.-Geol. Scherer, Ulrike; Dipl.-Ing. Lüttgert, Matthias	9. Veröffentlichungsdatum	30. Juni 2000
6. Durchführende Institutionen (Name, Anschrift)	10. Ufoplan-Nr. 296 21 524/01	8. Abschlußdatum
Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe unter Mitarbeit von: Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe (TH) RISA Sicherheitsanalysen GmbH, Berlin	11. Seitenzahl 121 und 8 Seiten Anhang	9. Veröffentlichungsdatum
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift)	12. Literaturangaben 80	10. Ufoplan-Nr. 296 21 524/01
Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin	13. Tabellen und Diagramme 34	11. Seitenzahl 121 und 8 Seiten Anhang
	14. Abbildungen 42	12. Literaturangaben 80
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung		
Im Rahmen dieses Vorhabens wurde ein Konzept für die Erstellung von beispielhaften Emissionsinventaren für Gewässer erarbeitet. Es wird ein Überblick über die internationalen Aktivitäten zu Emissionsinventaren und den Stand beim Aufbau von nationalen Emissionsinventaren gegeben. Auf Grund der Datensituation in Deutschland war es erforderlich, dass sowohl anlagenspezifische als auch aggregierte sowie berechnete Daten der Punktquellen in die Inventare einbezogen wurden. Wegen ihrer zunehmenden Bedeutung werden die diffusen Stoffeinträge in die Gewässer ebenfalls berücksichtigt.		
Aufbauend auf den konzeptionellen Arbeiten wurden beispielhafte Emissionsinventare für Stickstoff, Phosphor und adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX) sowie die Schwermetalle Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Blei und Zink zusammengestellt. Die Auswertung erfolgte sowohl nach den Herkunftsbereichen (Branchen) bzw. den Emissionspfaden als auch nach den großen Flusssgebieten Donau, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder, Nordsee und Ostsee. Zusätzlich wurden Listen der zehn größten industriellen Direktelinierer erstellt.		
Bei den Auswertungen zeigte sich, dass der Anteil der diffusen Einträge bei den Schwermetallen, die in Anlehnung an das Modellsystem (MONERIS: MOdelling Nutrient Emissions in River Systems) berechnet wurden, im Durchschnitt bei 77 % und bei den Nährstoffen bei etwa 70 % liegt. Die wichtigsten Emissionspfade bei den diffusen Emissionen sind die urbanen Flächen (dies sind vor allem die bei Regen über die Trenn- oder Mischkanalisation direkt in die Gewässer abgeleiteten Wassermengen) und die Erosion mit jeweils durchschnittlich 27 bzw. 28 %, sowie die Einträge über das Grundwasser mit rund 26 %. Einträge über das Grundwasser stellen bei den Schwermetallen in etwa die geogene Hintergrundbelastung dar. Beim Stickstoff dagegen sind die Einträge über das Grundwasser deutlich erhöht und verursachen etwa 67 % der diffusen Emissionen. Bei den Punktquellen liegt der Anteil der kommunalen Emissionen für die Schwermetalle im Durchschnitt bei 77 % (zwischen 62 % bei Blei und knapp 93 % bei Quecksilber) und für die Nährstoffe bei 91 % (Stickstoff: 88 %, Phosphor: 94 %). Beim AOX dagegen liegt der Anteil der industriellen Emissionen etwas unter 50 %, diffuse AOX-Einträge konnten nicht abgeschätzt werden. Der Anteil der 10 größten Einleiter an den gesamten industriellen Emissionen lag zwischen 81 % beim Blei und 46 % beim Phosphor. Die Aufteilung der insgesamt eingeleiteten Frachten auf die verschiedenen Flusssgebiete ergab einen durchschnittlichen Anteil von knapp 38 % für das Einzugsgebiet des Rheins, ca. 21 % für das Elbegebiet, 15 % für das Gebiet der Donau und 10 % für das Wesergebiet.		
17. Schlagwörter		
Abwasser, AOX, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Deposition, Diffuse Emissionen, Emissionsinventar, Erosion, geogener Hintergrund, Gewässerschutz, Grundwasser, Kommunale Kläranlagen, Kupfer, Nährstoffe, Nickel, Phosphor, Oberflächenabfluss, Quecksilber, Schiffahrt, Schwermetalle, Stickstoff, urbane Flächen, Zink		
18. Preis	19.	20.

## Report Cover Sheet

1. <b>Report No.</b> UBA-FB <i>000123</i>	2.	3. Water Resources Management
4. <b>Report Title</b> Water Emission Inventory for the Federal Republic of Germany		
5. <b>Author(s), Surname(s), First Name(s)</b>  Dr. Böhm, Eberhard; Hillenbrand, Thomas; Dr. Marscheider-Weidemann, Frank; Schempp, Christian; Dr. Fuchs, Stephan; Scherer, Ulrike; Lüttgert, Matthias	8. <b>Report Date</b>  25.10.2000	
6. <b>Institutions Involved (Name, Address)</b>  Fraunhofer-Institute for Systems and Innovation Research Breslauer Strasse 48, 76139 Karlsruhe, Germany  in co-operation with: Institute for Water Management, University of Karlsruhe (TH) RISA Sicherheitsanalysen GmbH, Berlin	10. <b>UFOPLAN-Ref. No.</b> 296 21 524/04	
7. <b>Sponsoring Agency (Name, Address)</b>  Federal Environmental Agency, PO Box 33 00 22, 14191 Berlin	11. <b>No. of pages</b> 121 and 8 pages Appendix	
15. <b>Supplementary Notes</b>	12. <b>No. of references</b> 80	
16. <b>Abstract</b>  Within the frame of this project, a concept for setting up exemplary emission inventories for water was put forward. An overview is given of the international activities on emission inventories and the status of national emission inventories. Based on the data situation in Germany, it was necessary to include both plant-specific, aggregated and calculated data of the point sources in the inventories. Due to their increasing significance, diffuse material emissions into water were also taken into account.	13. <b>No. of tables and diagrams</b> 34	
17. <b>Keywords</b>  Wastewater, AOX, arsenic, lead, cadmium, chrome, deposition, diffuse external inputs, drainage, emissions, emission inventory, erosion, geogenic background, prevention of water pollution, groundwater, municipal sewage plants, copper, nutrients, nickel, phosphorous, surface runoff, mercury, shipping, heavy metals, nitrogen, urban areas, zinc	14. <b>No. of figures</b> 42	
18. <b>Price</b>	19.	20.

## Inhaltsverzeichnis

<b>0</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Hintergrund</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Nationale und supranationale Emissionsinventare</b>	<b>9</b>
2.1	Nationale Emissionsinventare	9
2.1.1	Das US Toxics Release Inventory (TRI)	10
2.1.2	Das Niederländische Pollutant Emissions Register (PER)	11
2.1.3	Das Französische Emissionsinventar	11
2.1.4	Das UK Pollution Inventory – PI (ehemals Chemical Release Inventory – CRI)	13
2.1.5	Das Irische Pollutant Emissions Register (PER)	14
2.1.6	Das Canadian National Pollutant Release Inventory (NPRI)	15
2.1.7	Im Aufbau befindliche nationale Emissionsinventare	16
2.1.7.1	Das Mexikanische RETC	16
2.1.7.2	Das Tschechische PTR	17
2.1.7.3	Das Schweizerische Vor-Pilotprojekt zum Aufbau eines nationalen PTRR	18
2.1.7.4	Das Australische National Pollutant Inventory (NPI)	18
2.2	Supranationale Emissionsinventare	20
2.2.1	Das North American Pollutant Release Inventory (NAPRI)	20
2.2.2	Das European Pollutant Emission Register (EPER)	20
<b>3</b>	<b>Konzeptioneller Rahmen für ein Gesamtinventar punktueller und diffuser Schadstoffeinleitungen in die Gewässer</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>Inventar punktförmiger Schadstoffeinleitungen in die Gewässer in Deutschland</b>	<b>25</b>

4.1	Industrielle und gewerbliche Direkteinleitungen .....	25
4.1.1	Inhaltliche und methodische Festlegungen .....	25
4.1.2	Erläuterungen zu den Datenquellen für die industriellen und gewerblichen Direkteinleitungen .....	28
4.1.2.1	Daten der Bundesländer .....	31
4.1.2.2	Emissionsangaben aus internationalen Berichtspflichten oder Flussgebietskommissionen .....	31
4.1.2.3	Angaben zu Abwassermannissionen in Umwelterklärungen und Umweltberichten .....	35
4.1.2.4	Sonstige Datenquellen .....	36
4.2	Einleitungen kommunaler Kläranlagen .....	39
4.2.1	Schwermetalleinträge kommunaler Kläranlagen .....	39
4.2.2	AOX-Emissionen kommunaler Kläranlagen .....	40
4.2.3	Nährstoffemissionen kommunaler Kläranlagen .....	43
4.3	Datenerfassung und -verwaltung mit dem Programmsystem UDIS-A .....	44
<b>5</b>	<b>Abschätzung der diffusen Schadstoffeinträge in die Gewässer .....</b>	<b>50</b>
5.1	Diffuse Nährstoffeinträge .....	51
5.1.1	Direkteinträge in die Gewässer durch atmosphärische Deposition .....	51
5.1.2	Nährstoffeinträge durch Abschwemmung .....	52
5.1.3	Nährstoffeinträge durch Erosion .....	52
5.1.4	Nährstoffeinträge durch Dränage .....	53
5.1.5	Nährstoffeinträge über das Grundwasser .....	53
5.1.6	Nährstoffeinträge von urbanen Flächen .....	54
5.2	Diffuse Schwermetalleinträge .....	56
5.2.1	Hofabläufe und Abdrift .....	56
5.2.2	Oberflächenabfluss von unbefestigten Flächen .....	56
5.2.3	Erosion .....	57
5.2.4	Dräagen .....	59
5.2.5	Atmosphärische Deposition .....	60
5.2.6	Urbane Flächen .....	60

5.2.6.1	Einträge aus Trennkanalisationen .....	61
5.2.6.2	Einträge aus Mischwasserüberläufen.....	61
5.2.6.3	Einwohner, die nur an die Kanalisation angeschlossen sind .....	62
5.2.6.4	Einwohner, die weder an die Kanalisation noch an eine Kläranlage angeschlossen sind .....	62
5.2.7	Schifffahrt .....	63
5.2.8	Grundwassereinträge/Geogener Hintergrund.....	63
<b>6</b>	<b>Plausibilitätskontrollen .....</b>	<b>64</b>
<b>7</b>	<b>Emissionsinventare für Deutschland – Ergebnisse .....</b>	<b>66</b>
7.1	Einträge von Nährstoffen .....	67
7.2	AOX-Einträge .....	75
7.3	Schwermetalle.....	80
7.4	Gesamtergebnisse .....	105
7.4.1	Vergleich der berechneten Einträge mit Immissionswerten aus Rhein und Elbe .....	108
<b>8</b>	<b>Schlussfolgerungen für künftige Erhebungen.....</b>	<b>113</b>
<b>9</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>116</b>
<b>Anhang .....</b>		<b>124</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4.1-1: Ausgewertete Umwelterklärungen sowie sonstige Umweltpublikationen von Unternehmen.....	35
Abbildung 4.2-1: Bisher untersuchte AOX-Quellen im häuslichen Abwasser (Schulz, 1998).....	42
Abbildung 4.2-2: Häufigkeitssumme der AOX-Konzentrationen in Kläranlagenabläufen des Ruhrverbandes (RV) sowie nach Angaben der HOV-Studie (Koppe/Stożek, 1998).....	42
Abbildung 4.2-3: Statistische Auswertung der erhobenen Daten zu den AOX-Konzentrationen im Ablauf kommunaler Kläranlagen (Bezugszeitraum der Daten: 1994 - 1998) .....	43
Abbildung 4.3-1: Struktur der Datenbank UDIS-A auf Tabellenebene .....	49
Abbildung 6-1: Zwei Beispiele für Einleiterdaten aus unterschiedlichen Quellen .....	66
Abbildung 7.1-1: Phosphor-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in t/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997).....	69
Abbildung 7.1-2: Übersicht über die Phosphoremissionen industrieller Direkteinleiter.....	70
Abbildung 7.1-3: Übersicht über die Phosphoreinträge in deutsche Gewässer.....	71
Abbildung 7.1-4: Stickstoff-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in t/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997) .....	72
Abbildung 7.1-5: Übersicht über die Stickstoffemissionen industrieller Direkteinleiter.....	73
Abbildung 7.1-6: Übersicht über die Stickstoffeinträge in deutsche Gewässer.....	74
Abbildung 7.2-1: AOX-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in t/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997).....	76

Abbildung 7.2-2:	Übersicht über die AOX-Emissionen industrieller Direkteinleiter	78
Abbildung 7.2-3:	Übersicht über die AOX-Einträge in deutsche Gewässer	79
Abbildung 7.3-1:	Übersicht über die Arsen-Emissionen industrieller Direkteinleiter	83
Abbildung 7.3-2:	Cadmium-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)	84
Abbildung 7.3-3:	Übersicht über die Cadmium-Emissionen industrieller Direkteinleiter	85
Abbildung 7.3-4:	Übersicht über die Cadmium-Einträge in deutsche Gewässer	86
Abbildung 7.3-5:	Chrom-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)	87
Abbildung 7.3-6:	Übersicht über die Chrom-Emissionen industrieller Direkteinleiter	88
Abbildung 7.3-7:	Übersicht über die Chrom-Einträge in deutsche Gewässer	89
Abbildung 7.3-9:	Kupfer-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)	90
Abbildung 7.3-10:	Übersicht über die Kupfer-Emissionen industrieller Direkteinleiter	91
Abbildung 7.3-11:	Übersicht über die Kupfer-Einträge in deutsche Gewässer	92
Abbildung 7.3-12:	Quecksilber-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)	93
Abbildung 7.3-13:	Übersicht über die Quecksilber-Emissionen industrieller Direkteinleiter	94

Abbildung 7.3.14: Übersicht über die Quecksilber-Einträge in deutsche Gewässer.....	95
Abbildung 7.3.15: Nickel-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997) .....	96
Abbildung 7.3.16: Übersicht über die Nickel-Emissionen industrieller Direkteinleiter.....	97
Abbildung 7.3.17: Übersicht über die Nickel-Einträge in deutsche Gewässer.....	98
Abbildung 7.3.18: Blei-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997) .....	99
Abbildung 7.3.19: Übersicht über die Blei-Emissionen industrieller Direkteinleiter.....	100
Abbildung 7.3.20: Übersicht über die Zink-Einträge in deutsche Gewässer.....	101
Abbildung 7.3.21: Zink-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997) .....	102
Abbildung 7.3.22: Übersicht über die Zink-Emissionen industrieller Direkteinleiter.....	103
Abbildung 7.3.23: Übersicht über die Zink-Einträge in deutsche Gewässer.....	104
Abbildung 7.4.1: Zeitliche Entwicklung der Stickstoff- und Phosphor-Einträge in Deutschland nach Behrendt et al. (1999; Bezugszeitraum: 1983-87) .....	109
Abbildung 7.4.2: Zeitliche Entwicklung der Emissionen im Rheineinzugsgebiet (bezogen auf das Jahr 1985) und im Bereich der Chemischen Industrie (bezogen auf das Jahr 1995), .....	110
Abbildung 7.4.3: Vergleich der Schwermetallfrachten im Rhein bei Bimmen/Lobith (Durchschnitts-, Minimum- und Maximumwert der Jahre 1991 bis 1996; IKSR, 1999) mit den Gesamteinträgen aus eigenen Berechnungen und der IKSR .....	111

Abbildung 7.4-3: Vergleich der berechneten Einträge für das deutsche Einzugsgebiet der Elbe bis Schnackenburg mit Schwermetallfrachten in der Elbe bei Schnackenburg (Mittelwert für 1993-1997; ARGE-Elbe, 2000) ..... 112

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamtübersicht über die jährlichen Stoff-Einträge in die deutschen Flusssgebiete für den Bezugszeitraum 1993-1997 .....	4
Tabelle 4.1-1: Beispielhafte statistische Auswertung von Eigenkontrollmessungen eines Direkteinleiters .....	27
Tabelle 4.1-2: Übersicht über die verwendeten Datenquellen für die verschiedenen Schadstoffe und Industriebranchen .....	30
Tabelle 4.1-3: Ergebnisse der Bestandsaufnahme der Einträge prioritärer Stoffe für Schwermetalle, AOX und Nährstoffe für den Rhein in kg/a (IKSR, 1999) .....	32
Tabelle 4.1-4: Eingeleitete Abwasserfrachten wesentlicher Einleiter im deutschen Elbebeinzugsgebiet in t/a (IKSE, 1998) .....	33
Tabelle 4.1-5: Abschätzung der Emissionen in deutsche Flüsse, Ästuarien und Küstengewässer der Nordsee in [t/a] (BMU, 1998b) .....	34
Tabelle 4.1-8: Angaben zu Abwasseremissionen der Chemischen Industrie .....	37
Tabelle 4.1-6: Flussgebietsbezogene Stickstoff- und Phosphoremissionen industrieller direkteinleitender Branchen (in t/a; nach N.N., 1998) .....	38
Tabelle 4.1-7: Stickstoff- und Phosphoremissionen in Deutschland nach Behrendt et al. (1999) in t/a; Bezugzeitraum: 1993 – 1997 .....	38
Tabelle 4.2-1: Einwohnerspezifische Emissionsfaktoren [g/E:a] für den Eintragspfad kommunale Kläranlagen .....	40
Tabelle 5.2-1: Schwermetalkonzentrationen im Niederschlag [µg/l] .....	57
Tabelle 5.2-2: Schwermetallgehalte im Ackeroberboden [mg/kg] (LABO, 1998) .....	58
Tabelle 5.2-3: Mittlere Anreicherungsfaktoren (ER) für Schwermetalle .....	59

Tabelle 5.2-4: Schwermetallkonzentrationen im Dränage- bzw. Sickerwasser .....	60
Tabelle 5.2-5: Gesamtdeposition für Schwermetalle [g/ha·a] (IKSR, 1999).....	60
Tabelle 5.2-6: Flächenspezifische Abtragspotenziale für urbane befestigte Flächen .....	61
Tabelle 5.2-7: Einwohnerspezifische Abtragspotenziale für urbane befestigte Flächen .....	61
Tabelle 5.2-8: Grobe Abschätzung der Schwermetallabgabe (nach De Waal Malefijt, 1982; Koppe/Stozek, 1999).....	62
Tabelle 5.2-9: Hintergrundkonzentrationen in Gewässern in gewerblichem Abwasser (Schäfer, 1999) .....	62
Tabelle 5.2-10: Hintergrundkonzentrationen in Oberflächengewässern .....	64
Tabelle 7.1-1: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Phosphor in Deutschland für das Bezugsjahr 1997 .....	69
Tabelle 7.1-2: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Stickstoff im Deutschland für das Bezugsjahr 1997 .....	72
Tabelle 7.2-1: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für AOX in Deutschland für das Bezugsjahr 1997 .....	77
Tabelle 7.3-1: Vergleich einiger aggregierter Auswertungen mit Verbandsangaben .....	82
Tabelle 7.3-2: Liste der sechs größten industriellen Direkteinleiter für Arsen in Deutschland für das Bezugsjahr 1997.....	82
Tabelle 7.3-3: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Cadmium in Deutschland für das Bezugsjahr 1997.....	84
Tabelle 7.3-4: Liste der zehn größten Direkteinleiter für Chrom in Deutschland für das Bezugsjahr 1997 .....	87
Tabelle 7.3-5: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Kupfer in Deutschland für das Bezugsjahr 1997 .....	90
Tabelle 7.3-6: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Quecksilber in Deutschland für das Bezugsjahr 1997 .....	93
Tabelle 7.3-7: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Nickel in Deutschland für das Bezugsjahr 1997 .....	96
Tabelle 7.3-8: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Blei in Deutschland für das Bezugsjahr 1997 .....	99
Tabelle 7.3-9: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Zink in Deutschland für das Bezugsjahr 1997 .....	102

Tabelle 7.4-1: Gesamtübersicht über die in Gewässer eingeleiteten Frachten in Deutschland für den Bezugszeitraum 1993-1997 (Bezugsjahr 1997 für die industriellen Direkteinleiter, aufgeschlüsselt nach den verschiedenen Eintragspfaden) .....	106
Tabelle 7.4-2: Übersicht über nationale Schwermetall-Frachten .....	108

## 0 Zusammenfassung

Emissionsinventare sollen zwei Zielsetzungen dienen: Sie sollen einerseits der Öffentlichkeit einen besseren Zugang zu Informationen verschaffen und damit eine Beteiligung bei Umweltfragen ermöglichen, andererseits sollen sie fachliche Entscheidungshilfen für gezielte Schritte zur Verringerung von Umweltbelastungen liefern und eine Überprüfung der Wirksamkeit dieser Maßnahmen erlauben. Die Erfüllung dieser Ziele wird in der Agenda 21 der UNCED-Konferenz in Rio de Janeiro im Jahr 1992 von den nationalen Regierungen eingefordert. Die USA, Kanada, Frankreich, Großbritannien und die Niederlande, die bereits über entsprechende Vorarbeiten verfügten, haben bereits erste Emissionsinventare erstellt und die OECD erarbeitete in den Jahren 1994 - 1996 Anleitungen für Emissionsinventare. Das Hauptaugenmerk galt dabei den Luft- und Wasseremissionen gefährlicher Stoffe.

Die EU-Kommission legte 1994 einen Vorschlag zu einem europäischen Emissionsinventar auf Basis von Selbstverpflichtungen der Industrie vor, welches jedoch nicht realisiert wurde. Sie verabschiedete 1996 die IVU-Richtlinie (Richtlinie zur Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzungen). Diese Richtlinie fordert, dass die Kommission alle drei Jahre Emissionsinventare (European Pollutant Emission Register = EPER) für die wichtigsten Schadstoffe und Quellen erstellt. Im April dieses Jahres wurde schließlich die Entscheidung der Kommission zur Ausgestaltung des EPER verabschiedet, die die zu berücksichtigenden Schadstoffe, Schwellenwerte und Branchen festlegt. Der erste Bericht wird im Juni 2003 mit Daten für 2001, der zweite Bericht im Juni 2006 mit Daten für 2004 erstellt. Ab 2008 sind möglicherweise jährliche Berichte erforderlich.

Die genannten Emissionsinventare und internationalen Aktivitäten betrafen bislang nur industrielle Direkteinleitungen, die Emissionen kommunaler Kläranlagen und die unterschiedlichen diffusen Emissionen wurden dabei nicht berücksichtigt. Das bedeutet, dass die industriellen Indirekteinleiter, deren Abwässer über die kommunalen Kläranlagen entsorgt werden, in diesen Emissionsinventaren keine Berücksichtigung fanden. Dies ist von besonderer Bedeutung, weil ein deutlicher Trend zum Anschluss von Industriebetrieben an die öffentliche Kanalisation besteht.<sup>1</sup>

Mit der erheblichen Verringerung der Frachten industrieller Direkteinleiter hat jedoch der Anteil kommunaler und vor allem diffuser Einleitungen (Einträge durch die Landwirtschaft, durch die Entwässerung versiegelter Flächen, durch atmosphärische Deposition und auf Grund geogener Gegebenheiten) stark zugenommen. Die bevorstehende EU-Wasserrahmenrichtlinie trägt der Bedeutung diffuser Schadstoffeinträge Rechnung, indem sie emissionsbezogene Regelungen mit Gewässerqualitätszielen verknüpft.

---

<sup>1</sup> Im EPER werden auch die Indirekteinleiter erfasst, vgl. im Anhang (2000/479/EWG; Anhang A2).

In dem vorliegenden Vorhaben wurden erstmals für die Bundesrepublik insgesamt die direkten industriellen und kommunalen sowie die diffusen Schadstoffeinträge in Gewässer zusammengestellt und sowohl nach den Herkunftsgebieten (Branchen) bzw. den Emissionspfaden als auch den großen Flussgebieten Donau, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder, Nordsee und Ostsee aufgeschlüsselt. Bezugszeitraum sind die Jahre 1993 bis 1997 für die diffusen und kommunalen Einträge, bzw. das Jahr 1997 für die industriellen Direkteinleutungen. Das beispielhafte Inventar betrifft folgende Schadstoffe: Stickstoff, Phosphor, adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX) und die Schwermetalle Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Blei und Zink. Für dieses Inventar wurden die unterschiedlichsten aggregierten und Einzeldaten genutzt wie Überwachungsdaten der Länder, internationale Berichte, Umweltberichte von Unternehmen, Berichte von Industrieverbänden und Ergebnisse verschiedener Forschungsvorhaben. Die Qualität der verfügbaren Daten war sehr unterschiedlich, daher mussten sie grundsätzlich auf Plausibilität und Kompatibilität überprüft werden. Hierzu waren in der Regel mehrere Iterationsschritte erforderlich, die häufiger zu Korrekturen bisher verwendeter Emissionswerte führten. Daher ergeben sich teilweise Abweichungen zu den in internationalen Berichten enthaltenen Werten.

Die unterschiedlichen Daten zu Einleitern, emittierten Frachten, Branchenzugehörigkeit, Flussgebiet bzw. Vorfluter sowie Bezugszeitraum wurden am Fraunhofer ISI gesammelt und ausgewertet. In einem Parallelvorhaben wurde außerdem das Programmsystem UDIS-A von der Fa. RISA Sicherheitsanalysen entwickelt. Dieses Programmsystem wurde im Rahmen des Vorhabens für die Datenverwaltung erprobt und optimiert.

Insgesamt haben die ermittelten Frachten industrieller Direkteinleiter zweifellos die höchste Zuverlässigkeit, auch wenn in einer Reihe von Fällen die ursprünglich vorliegenden Werte korrigiert werden mussten. Für die direkten industriellen Stickstoff- und Phosphor-Einleutungen konnten internationale Berichte, Umweltberichte von Unternehmen und übermittelte Kontrollwerte einiger Bundesländer ausgewertet werden. Teilweise konnten auch Ergebnisse von Forschungsvorhaben herangezogen werden. Entsprechende Quellen konnten auch für die Erarbeitung des AOX-Inventars genutzt werden (vgl. hierzu die Angaben in Tabelle 4.1-2). Zur Erhebung der Schwermetallemissionen industrieller Direkteinleiter wurden in einem parallel laufenden Vorhaben die in den Bundesländern vorliegenden Daten systematisch abgefragt und ausgewertet. Zusätzlich konnten noch Umweltberichte einzelner Unternehmen, internationale Berichte und Forschungsberichte für die Auswertung genutzt werden. Für alle untersuchten Schadstoffe wurden Listen der bedeutendsten industriellen Direkteinleiter erstellt (vgl. Kapitel 7.1 - 7.3), die zur Gegenkontrolle und Freigabe an die Bundesländer weitergeleitet wurden. Die Überprüfung und fallweise Korrektur der Emissionsangaben durch die Länderbehörden lassen den Schluss zu, dass zumindest für die Haupteinleiter die Frachten für 1997 mit hoher Wahrscheinlichkeit korrekt wiedergegeben werden.

Im Hinblick auf die Datenqualität dürften die Einleutungen aus kommunalen Kläranlagen den zweiten Rang einnehmen. Diese Emissionswerte wurden für alle Schadstoffe zwar

mit Hilfe von spezifischen Werten abgeschätzt, jedoch gibt es für kommunale Kläranlagen umfangreiche Statistiken zu den Abwassermengen. Für die Ablaufkonzentrationen bzw. für die Frachtberechnungen konnte bei den Nährstoffen auf die Arbeiten von Behrendt et al. (1999) zurückgegriffen werden. Für die Ablaufkonzentrationen des Parameters AOX wurden eigene Erhebungen sowie Literaturquellen ausgewertet und für die Schwermetalleinträge wurden in dem genannten Parallelvorhaben in einer bundesweiten Recherche Ablaufkonzentrationswerte ermittelt und daraus repräsentative Ablaufkonzentrationen für die großen Flussgebiete abgeleitet.

Mit den größten Unsicherheiten sind sicher die abgeschätzten diffusen Emissionen behaftet. Sowohl bei der Ermittlung der diffusen Nährstoffeinträge in einem 1999 abgeschlossenen Vorhaben (Behrendt et al., 1999), als auch bei der Abschätzung der Schwermetalleinträge in Böhm et al. (2000) musste eine Vielzahl von Annahmen getroffen werden, die zwar fachlich begründet sind, aber in der Multiplikation von Unsicherheiten bei diesen Annahmen zu deutlichen Fehlern führen können. Bei der Interpretation der Ergebnisse beider Untersuchungen, die sich im Wesentlichen auf die selben Methoden und Annahmen stützen, sollte man sich der Unsicherheiten dieser Abschätzungen bewusst sein. In weiteren Forschungsvorhaben, die zum Teil bereits angelaufen sind, sollen die zu Grunde liegenden Annahmen und Abschätzungen überprüft, verbessert und abgesichert werden.

Die geschilderten Unsicherheiten bei der Abschätzung der diffusen Eintragspfade sind bei Betrachtung der Gesamtergebnisse deshalb von ganz besonderer Bedeutung, weil die diffusen Einträge bei allen belandeten Schadstoffen außer beim Parameter AOX die Summe punktueller Einträge aus der Industrie und kommunalen Kläranlagen deutlich übersteigen (vgl. nachstehende Tabelle). Für den Parameter AOX konnten die diffusen Einträge nicht abgeschätzt werden, da die zur Verfügung stehende Datengrundlage zu unvollständig ist. Allerdings spielen nach bisherigen Einschätzungen beim AOX die diffusen Emissionen tatsächlich eine deutlich geringere Rolle (IKSR-Expertenkreis „Grundlagen und Modelle für diffuse Einträge“, 1996). Der Anteil der diffusen Quellen liegt dagegen bei den Schwermetallen im Durchschnitt bei 77 % und bei den Nährstoffen bei etwa 70 %. Die wichtigsten Eintragspfade bei den diffusen Emissionen sind die urbanen Flächen (darunter sind vor allem die bei Regen über die Trenn- oder Mischkanalisation direkt in die Gewässer abgeleiteten Wassermengen zu verstehen) die Erosion mit durchschnittlich 27 bzw. 28 % sowie die Einträge über das Grundwasser mit rund 26 %. Diese Einträge über das Grundwasser stellen bei den Schwermetallen in etwa die geogene Hintergrundbelastung dar. Beim Stickstoff dagegen sind die Einträge über das Grundwasser durch die Emissionen aus der Landwirtschaft deutlich erhöht und verursachen etwa 67 % der diffusen Einträge, ca. 21 % der diffusen N-Einträge werden über Dränen emittiert, der Anteil der Erosion ist vernachlässigbar. Die Einträge über das Grundwasser sind außerdem bei Nickel der wichtigste Eintragspfad (34 %). Die Dränen spielen außerdem noch bei Cadmium, Zink und Phosphor eine wichtige Rolle mit 17, 14 bzw. 13 % der gesamten diffusen Emissionen.

Tabelle 1:  
Gesamtübersicht über die jährlichen Stoff-Einträge in die deutschen  
Flussgebiete für den Bezugszeitraum 1993-1997

Fluss-gebiet	Fluss-Einträge	N	P	AOX <sup>1)</sup>	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
		[t]	[t]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]
Donau	Industriell	1.078	95	25,6	44	1.252	1.772	9	1.353	504	20.717
	Kommunal	24.420	1.410	54,4	207	5.514	16.834	195	7.686	5.440	115.133
	Diffus	105.610	3.790		2.438	87.523	91.066	643	61.525	85.632	543.097
	<b>Gesamt</b>	<b>131.108</b>	<b>5.295</b>	<b>80,0</b>	<b>2.689</b>	<b>94.289</b>	<b>109.673</b>	<b>847</b>	<b>70.564</b>	<b>91.576</b>	<b>678.947</b>
Rhein	Industriell	21.457	321	246,4	362	13.760	21.791	143	15.894	12.384	82.719
	Kommunal	98.010	4.990	247,3	1.707	28.822	72.862	1.571	53.209	20.677	374.064
	Diffus	165.970	6.460		4.635	120.582	188.208	1.359	97.447	148.177	1.094.817
	<b>Gesamt</b>	<b>285.437</b>	<b>11.771</b>	<b>493,7</b>	<b>6.704</b>	<b>163.164</b>	<b>282.861</b>	<b>3.073</b>	<b>166.550</b>	<b>181.239</b>	<b>1.551.599</b>
Ems	Industriell	199	13	4,3	4	44	166	2	135	73	5.041
	Kommunal	4.970	240	11,0	62	963	2.292	107	2.027	789	15.422
	Diffus	28.000	1.040		451	8.788	16.948	120	7.750	11.331	104.385
	<b>Gesamt</b>	<b>33.169</b>	<b>1.293</b>	<b>15,3</b>	<b>516</b>	<b>9.795</b>	<b>19.406</b>	<b>228</b>	<b>9.912</b>	<b>12.193</b>	<b>124.849</b>
Weser	Industriell	625	37	13,0	60	962	1.190	7	1.302	1.202	13.248
	Kommunal	17.050	1.070	39,9	246	3.830	8.986	447	6.987	2.718	54.785
	Diffus	66.690	2.690		1.696	37.611	71.025	502	31.688	51.128	422.745
	<b>Gesamt</b>	<b>84.365</b>	<b>3.797</b>	<b>53,0</b>	<b>2.003</b>	<b>42.403</b>	<b>81.201</b>	<b>956</b>	<b>39.977</b>	<b>55.049</b>	<b>490.777</b>
Elbe	Industriell	3.176	149	120,9	528	1.267	7.466	59	3.342	9.207	23.799
	Kommunal	32.230	2.380	53,9	695	9.010	18.055	376	13.348	7.358	107.216
	Diffus	106.290	4.620		3.607	76.656	185.574	1.033	63.572	114.338	876.029
	<b>Gesamt</b>	<b>141.696</b>	<b>7.149</b>	<b>174,8</b>	<b>4.830</b>	<b>86.933</b>	<b>211.094</b>	<b>1.469</b>	<b>80.263</b>	<b>130.903</b>	<b>1.007.045</b>
Oder	Industriell	338	28	2,8	16	103	141	1	350	295	9.333
	Kommunal	1.560	170	1,4	24	215	460	5	376	185	2.296
	Diffus	3.800	190		181	2.820	7.655	52	2.672	5.287	38.887
	<b>Gesamt</b>	<b>5.698</b>	<b>388</b>	<b>4,2</b>	<b>220</b>	<b>3.138</b>	<b>8.256</b>	<b>58</b>	<b>3.397</b>	<b>5.766</b>	<b>50.516</b>
Nord-see	Industriell	47	24	2,9	2	3.027	35	1	248	44	3.917
	Kommunal	20.840	840	5,2	24	368	1.490	45	769	334	8.448
	Diffus	77.000	4.880		518	6.514	15.617	109	6.353	8.346	111.961
	<b>Gesamt</b>	<b>97.887</b>	<b>5.744</b>	<b>8,1</b>	<b>544</b>	<b>9.908</b>	<b>17.141</b>	<b>155</b>	<b>7.371</b>	<b>8.724</b>	<b>124.325</b>
Ostsee	Industriell	96	3	0,8	0	20	84	0	34	43	326
	Kommunal	5.760	260	6,8	84	450	3.016	27	1.232	1.178	12.258
	Diffus	32.600	950		851	10.630	28.777	192	10.589	18.257	186.638
	<b>Gesamt</b>	<b>38.456</b>	<b>1.213</b>	<b>7,6</b>	<b>935</b>	<b>11.100</b>	<b>31.877</b>	<b>219</b>	<b>11.855</b>	<b>19.478</b>	<b>199.222</b>
D-Ge- sam	Industriell	27.015	671	416,9	1.016	20.435	32.646	223	22.659	23.752	159.099
	Kommunal	204.860	11.350	419,9	3.049	49.173	123.994	2.773	85.634	38.679	689.620
	Diffus	586.280	24.640		14.377	351.125	604.870	4.010	281.596	442.496	3.378.559
	<b>Gesamt</b>	<b>818.155</b>	<b>36.661</b>	<b>836,7</b>	<b>18.441</b>	<b>420.732</b>	<b>761.510</b>	<b>7.006</b>	<b>389.890</b>	<b>504.927</b>	<b>4.227.279</b>

<sup>1)</sup> Auf Grund fehlender Daten konnten die diffusen Einträge für AOX nicht berechnet werden.

Die Punktketten teilen sich in die kommunalen und die industriellen Einleitungen auf: der Anteil der kommunalen Emissionen liegt dabei für die Schwermetalle im Durchschnitt bei 77 % (zwischen 62 % bei Blei und knapp 93 % bei Quecksilber) und für die Nährstoffe bei 91 % (Stickstoff: 88 %, Phosphor: 94 %). Beim AOX dagegen liegt der Anteil der industriellen Einträge bei etwas unter 50 %. Ausgehend von einer Unterteilung der industriellen Direkteinleiter nach den Anhängen der AbwV nach §7a WHG, ist der mit Abstand wichtigste Bereich der Anhang 22 (Chemische Industrie), der im Durchschnitt über alle Parameter etwa 48 % der Frachten emittiert. Bedeutend sind außerdem verschiedene andere Anhänge, die ebenfalls Teile der Chemischen Industrie regeln (Anhang 30: Sodaherstellung, Anhang 43: Chemiefasern, Anhang 48: Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe, etc.). Neben diesen Bereichen spielt außerdem die Nickeleisenmetallherstellung (Anhang 39, wichtigste Branche bei Cadmium und Blei), die Zell-

stoff- und Papierindustrie (insbesondere bei Phosphor und AOX) und die Eisen- und Stahlindustrie (insbesondere bei Zink) eine Rolle.

Zusätzlich wurden bei den Auswertungen für die einzelnen Parameter die zehn größten direkten Einleitungen mit dokumentiert. Der Anteil dieser Einleiter an den gesamten industriellen Einleitungen lag zwischen 81 % beim Blei und 46 % beim Phosphor. Die Aufteilung der insgesamt eingeleiteten Frachten auf die verschiedenen Flusssgebiete ergab einen durchschnittlichen Anteil von knapp 38 % für das Einzugsgebiet des Rheins, ca. 21 % für das Elbegebiet, 15 % für das Gebiet der Donau und 10 % für das Wesergebiet.

## 1 Hintergrund

Seit einigen Jahren gibt es von unterschiedlichen internationalen Organisationen Anstrengungen, in den jeweiligen Mitgliedsländern in regelmäßigen Abständen Emissionsinventare zur Ermittlung der Belastung der Umwelt mit unterschiedlichen Schadstoffen zu erstellen. Dabei spielen die Inventare der Stoffeinführungen in die Gewässer eine zentrale Rolle. Die Emissionsinventare dienen vor allem zwei Zielsetzungen:

- Besserer Zugang zu Informationen und Beteiligung der Öffentlichkeit bei Umweltfragen,

- Schaffung von verlässlichen Unterlagen, u.a. für Entscheidungsträger, um durch gezielte Maßnahmenbindel die Umweltbelastungen zu verringern bzw. um die Umsetzung und die Wirkung von bereits eingeleiteten Maßnahmen zu überprüfen.

Die Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen (UNCED) in Rio de Janeiro im Jahre 1992 hat einen wichtigen Grundstein für die Erarbeitung von nationalen Emissionsinventaren (PRTR = Pollutant Release and Transfer Register) gelegt. In Kapitel 19 der Agenda 21 wird die Information und Beteiligung der Öffentlichkeit bei Umweltfragen gefordert. Zudem wird angeregt, dass die nationalen Regierungen auf der Grundlage der jeweiligen Emissionsinventare Programme als mögliches Instrument zur Risikominderung verabschieden. Damit soll dem Recht der Öffentlichkeit auf Unterichtung und Nutzung von Informationen Rechnung getragen werden. Die USA, Frankreich und die Niederlande verfügten zum damaligen Zeitpunkt bereits über Emissionsinventare, in Großbritannien und Kanada waren entsprechende Aktivitäten angelaufen (vgl. Kapitel 2).

Im April 1994 legte die EU-Kommission einen Vorschlag zu einem europäischen Inventar (PER: Polluting Emissions Register) auf Basis von Selbstverpflichtungen der Industrie vor (PER, 1994), der jedoch nicht realisiert wurde. Inhaltliche und konzeptionelle Arbeiten zu Emissionsinventaren wurden in den Jahren 1994 bis 1996 hauptsächlich von der OECD geleistet und mit der Veröffentlichung des „Guidance Manual“ (OECD, 1996a) und der Empfehlung der OECD, Emissionsinventare in den Mitgliedsländern einzuführen, abgeschlossen (OECD, 1996b). Im September 1996 wurde die EU-Richtlinie zur Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzungen (IVU-Richtlinie 96/61/EG; IPPC Directive) verabschiedet. Artikel 15(3) der IVU-Richtlinie fordert, dass die Kommission alle drei Jahre anhand der von den Mitgliedsstaaten übermittelten Informationen Emissionsinventare für die wichtigsten Schadstoffe und ihre Quellen erstellt. Vorgaben zur Form und zu den Inhalten (z. B. betroffene Branchen, Schadstoffe, evtl. Schwellenwerte) sind nach dieser Richtlinie von der Kommission festzulegen.

Einen weiteren Schub erhielten die Bemühungen um die Erstellung von Emissionsinventaren im Juni 1998 durch die Umweltministerkonferenz der UN-ECE. 35 Mitglieds-

staaten und die EU unterzeichneten die „Århus-Konvention über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung bei Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten“. In den Artikeln 2 bis 5 der Konvention wird der Inhalt und der Umfang des Anspruchs eines jeden Bürgers gegenüber Behörden auf Informationen über die Umwelt geregelt. Artikel 5(9) verpflichtet die Zeichnerstaaten ein „zusammenhängendes, landesweites System von Verzeichnissen zur Erfassung der Umweltverschmutzung in Form einer strukturierten, computergestützten und öffentlich zugänglichen Datenbank aufzubauen und standardisierte Berichte zu erstellen“. Die Ausgestaltung dieser Inventare befindet sich noch in der Diskussion.

Im Juli 2000 wurde die Entscheidung der Kommission über den Aufbau eines Europäischen Schadstoffemissionsregisters (EPER: European Pollutant Emission Register) veröffentlicht (2000/479/EG), vgl. Anhang. Danach haben die EU-Staaten Emissionen von 50 Schadstoffen (37 für Luft, 26 für Wasser) zu berichten, falls diese bestimmte Schwellenwerte überschreiten. Zu melden sind Namen, Daten und Emissionen aller Betriebe, die Tätigkeiten gemäß Anhang I der IVU-Richtlinie durchführen. Die Daten sollen elektronisch an die Kommission übermittelt und von dieser im Internet veröffentlicht werden. Neben den Einzelmeldungen ist von den Mitgliedsstaaten ein zusammenfassender Bericht mit den nationalen Gesamtemissionen zu erstellen. Der erste Bericht wird bis Juni 2003 mit den Daten für 2001 erstellt (alternativ auch 2000 oder 2002 möglich), der zweite Bericht bis Juni 2006 mit Daten für 2004. Ab 2008 sind möglicherweise jährliche Berichte erforderlich. Für den Vollzug durch die Bundesländer müssen gegebenenfalls die Landeswassergesetze entsprechend überarbeitet und Verordnungen zur Verpflichtung der Betriebe zur Datenlieferung erstellt werden.

Neben der IVU-Richtlinie und dem hieraus resultierenden Europäischen Schadstoffemissionsregister EPER existieren weitere EU-Richtlinien, die im Zusammenhang mit Emissionsinventaren und Berichtspflichten stehen. Die EG-Richtlinie 76/464/EWG (betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer der Gemeinschaft) und Tochterrichtlinien regeln die Beseitigung bzw. Verringerung von besonders gefährlichen Stoffen im Abwasser, welches eingeleitet wird. In der Kommissionsentscheidung 92/446/EWG über die Fragebögen zu den Wasserrichtlinien sind Berichtspflichten zu Anzahl und Grenzwerten genehmigter Ableitungen für bestimmte Stoffe, zur Geltungsdauer der Genehmigung, zu den fünf größten genehmigten Ableitungen, zur Überwachung sowie zu den Kosten der Maßnahmen enthalten. Die Richtlinie 91/271/EWG legt die Anforderungen an eine Behandlung von kommunalen Abwässern fest. Nach Artikel 15(4) der Richtlinie sind Vollzugsdaten bereit zu halten, die auf Anfrage an die Kommission zu übermitteln sind. Die Kommission hat angekündigt, im Jahre 2000 umfangreiche Daten zu allen Kläranlagen größer 10000 EW abzufragen und dies künftig regelmäßig zu wiederholen.

Die neue EU-Wasserrahmenrichtlinie (2000) soll die Inkonsistenzen und Defizite der bestehenden EU-Richtlinien für den Wasserbereich beheben und diese teilweise ablösen. Diese Richtlinie zielt unter anderem auf eine wirkungsvolle und ständige Reduzierung

der Gewässerverschmutzung, indem sie Gewässerqualitätsziele mit emissionsbezogenen Regelungen auf der Grundlage der besten verfügbaren Technik (BVT, engl. BAT = Best Available Technique) an der Quelle verknüpft („combined approach“). Hierdurch soll letztendlich der „gute Zustand“ der Gewässer erreicht werden. Nach Anhang II der Richtlinie ist vorgesehen, dass die Mitgliedsstaaten die Erhebung von Daten über anthropogene Belastungen in den einzelnen Flussgebietsseinheiten veranlassen. Dabei ist insbesondere auf signifikante Verschmutzungen durch Punkt- und diffuse Quellen einzugehen.

Mit der Zielrichtung der Verringerung des Eintrags von Schadstoffen in die Binnengewässer und Meere wurden mit der Bundesrepublik als einem der Vertragspartner in der Vergangenheit eine Reihe von Meeresschutz- und Flussgebietskonventionen abgeschlossen. Hieraus ergaben sich in den letzten Jahren in größerem Umfang regelmäßige Berichtspflichten, die neben Berichten zur formalen Umsetzung von Richtlinien und Entscheidungen sowie der konkreten technischen Umsetzung für einzelne Anlagen, auch Angaben über die emittierten Abwassermengen und Schadstofffrachten betreffen. Zu nennen sind hier im Wesentlichen die Meeresschutzkonventionen PARCOM (Paris- und Oslo-Kommission zum Schutz der Nordsee und des Nordostatlantiks) und HELCOM (Helsinki-Übereinkommen zum Schutz der Ostsee), sowie die internationalen Flussgebietskommissionen zum Schutz des Rheins (IKSR), der Elbe (IKSE), der Donau (IKSD) und der Oder (IKSO) (BMU, 1998a). Die im Rahmen der Berichtspflichten erforderlichen Angaben zu den Emissionen betreffen vorrangige Schadstoffe in einer größeren Zahl besonders wichtiger Industriebranchen/-anlagen oder sonstige relevante Emissions- schwerpunkte (Böhm et al., 1996).

Für den Vollzug wasserrechtlicher Vorschriften sind in der Bundesrepublik Deutschland die einzelnen Bundesländer zuständig. Daher liegen auf unterer und mittlerer Verwaltungsebene Einzeldaten aus der Genehmigung und Überwachung von Einleitern vor, die fallweise für die Erfüllung der anstehenden Berichtspflichten genutzt und durch Sonderabfragen ergänzt werden. Die Daten werden jeweils von den Bundesländern an den Bund weitergegeben, eine zusammenfassende und abgestimmte Aufarbeitung dieser Daten in ihrer Gesamtheit erfolgte auf Bundesebene bisher nicht. Der Stand und der Umfang der EDV-Erfassung von Einleiterdaten ist in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich und spiegelt z.T. landesspezifischen Gegebenheiten und Anforderungen wider. Für die Verarbeitung und Auswertung der erfassten Abwasserdaten gibt es keine einheitlichen Vorgaben. Im Rahmen der IKSR-Berichtspflichten wurden für 1996 erstmals diffuse Emissionen prioritärer Schadstoffe für das Rheineinzugsgebiet von einer Arbeitsgruppe abgeschätzt, an der ebenfalls die betroffenen Bundesländer beteiligt waren (IKSR, 1999).

## 2 Nationale und supranationale Emissionsinventare

### 2.1 Nationale Emissionsinventare

In Folge der UNCED-Konferenz in Rio im Jahre 1992 hat es eine äußerst rege Aktivität um PRTR (Pollutant Release and Transfer Register<sup>2</sup>) gegeben, was sich in der wachsenden Anzahl nationaler und internationaler PRTR-Initiativen widerspiegelt. Das Hauptmerkmal gilt dabei den Luft- und Wasseremissionen gefährlicher Stoffe. Als Anleitung für Regierungen, die ein PRTR-Programm in ihren Ländern einführen wollen, erarbeitete die OECD in den Jahren 1994 bis 1996 in fünf Workshops ein „Guidance Manual for Governments“ zum Thema PRTR (OECD, 1996a) und empfahl ihren Mitgliedsstaaten, PRTRs zu implementieren (OECD, 1996b). Das United Nations Institute for Training and Research unterstützt interessierte Entwicklungs- und Schwellenländer sowohl durch Ausbildungsprogramme wie auch durch die Bereitstellung von Informationsmaterial bei der Gestaltung und Entwicklung von nationalen PRTR-Systemen (UNITAR, 1996). An solchen Programmen werden sämtliche interessierte Gruppen auf der nationalen Ebene beteiligt. UNITAR finanziert derzeit Pilot-Projekte in Mexiko, Ägypten und der Tschechischen Republik.

Die längste Erfahrung mit der Entwicklung und Verwaltung von PRTRs haben sicherlich die Niederlande und die Vereinigten Staaten. Diese beiden Länder waren die ersten, die eine integrierte Form von PRTR als ein umweltpolitisches Instrument zur Vermeidung von Schadstoffeinträgen in die Umwelt einführten (1974 bzw. 1989). Danach folgten das Vereinigte Königreich (1991), Kanada (1993) und Irland (1995), mittlerweile verfügen auch Mexiko (1997) und Australien (1998) über ein integriertes PRTR-System. Frankreich erstellt seit 1984 ein Emissionsinventar, das nur die Umweltkompartimente Luft und Wasser berücksichtigt. In den übrigen europäischen Ländern stellten PRTR-Initiativen bislang eher eine Ausnahme dar. In der Entwicklungsphase befinden sich integrierte PRTR-Systeme in der Schweiz, Schweden, Norwegen, der Tschechischen Republik, Ungarn und der Slowakei. In außereuropäischen Ländern wie Russland, Japan, Südafrika oder Argentinien sind ebenfalls PRTR-Programme gestartet worden.

Neben den nationalen Programmen existieren auch Initiativen, über nationale PRTRs und Emissionsinventare aufzubauen. Beispiele dafür sind das European Pollutant Emission Register (E PER) der Europäischen Union und das North American Pollutant Release Inventory der NAFTA-Mitgliedsstaaten USA, Kanada und Mexiko. Eine weitere über nationale PRTR-Initiative für Länder der ECE (Economic Commission for Europe) wurde durch die Århus-Konvention von 1998 eingeleitet (UN-ECE, 1998).

---

<sup>2</sup> In Pollutant Release and Transfer Register sind im Gegensatz zu Emissionsinventaren auch Transporte von Schadstoffen aufgenommen.

Ausführliche Informationen und Verweise zu den verschiedenen nationalen und internationalem PRTR-Programmen sind in der PRTR-Website der UNEP (United Nations Environmental Programme) vorhanden.

## 2.1.1 Das US Toxics Release Inventory (TRI)

In den Vereinigten Staaten wurde das Toxics Release Inventory (TRI) als umfassendes nationales Emissionsinventar 1987 konzipiert. Es fasst in einer für die breite Öffentlichkeit leicht zugänglichen Datenbank wichtige Informationen zu den Emissionen toxischer Chemikalien und zu abfalltechnisch bedeutsamen Aktivitäten sowohl von Unternehmen als auch von staatlichen Betrieben zusammen. Kernpunkt des TRI ist der Umgang mit Chemikalien, d. h. wenn ein Betrieb mit einer der im TRI aufgenommenen ca. 650 Einzelsubstanzen und Stoffgruppen<sup>3</sup> arbeitet und bestimmten weiteren Kriterien (z.B. Branchenzugehörigkeit, Betriebsgröße) genügt, ist er verpflichtet, für jede TRI-Chemikalie einen Fragebogen auszufüllen. Die letzte Ausgabe des TRI liegt für das Jahr 1997 vor. Insgesamt wurden 71.670 Fragebögen von 21.490 Firmen ausgewertet.

Zur Qualität der im TRI enthaltenen Daten ist anzumerken, dass die Betriebe lediglich verpflichtet sind, ihre Emissionen abzuschätzen jedoch nicht zu überwachen. Durch die Verwendung verschiedener Schätzmethoden können unterschiedliche Schätzwerte zu stande kommen, wobei Betriebe ihre Emissionen über- oder unterschätzen können. Bei der Betrachtung der Datengenauigkeit und -vergleichbarkeit ist diese Tatsache zu berücksichtigen. Im Falle der Emissionen in Oberflächengewässer werden die Werte jedoch in den meisten Fällen auf der Basis von Messwerten ermittelt.

Die Datenerhebung erfolgt jährlich, wobei die Liste der TRI-Chemikalien und der TRI-Branchen noch erweitert wird. Die Daten sind über das Internet verfügbar. Im „1997 Public Data Release“<sup>4</sup> der EPA sind die Daten auf der nationalen Ebene sowohl staatenbezogen, substanzbezogen als auch branchenbezogen in aggregierter Form ausgewertet. Betriebspezifische Daten stehen dem Benutzer sowohl zusammengefasst in einer einzelnen Datei („National“ File) als auch getrennt nach Staaten (State Database Files) zur Verfügung<sup>5</sup>. Mit Hilfe einer Suchmaschine (ENVROFACT<sup>6</sup>) können TRI-Daten auch betriebspezifisch nach dem Namen des Betriebes, seiner geographischen Lage, seiner Branchenzugehörigkeit (SIC-Code) und/oder der emittierten Chemikalie abgefragt werden.

---

<sup>3</sup> Die aktuelle Liste der im TRI aufgenommenen Chemikalien ist unter der Internet-Adresse <http://www.epa.gov/opptintr/tri/chemical.htm> einzusehen.

<sup>4</sup> <http://www.epa.gov/opptintr/tri/tri97/drhome.htm>

<sup>5</sup> <http://www.epa.gov/opptintr/tri/tri97/disks97.htm>

<sup>6</sup> [http://www.epa.gov/enviro/html/tris/tris\\_query\\_java.html](http://www.epa.gov/enviro/html/tris/tris_query_java.html)

## 2.1.2 Das Niederländische Pollutant Emissions Register (PER)

Eine integrierte Emissionsdatenbank existiert in den Niederlanden seit 1974. Diese Datenbank hat sich zu einem nationalen Informationssystem entwickelt, dem „Pollutant Emission Register“ (PER), welches die Registrierung, Analyse, Lokalisierung und Präsentation von Emissionsdaten in den Niederlanden zur Aufgabe hat. Das PER, auch Emission Inventory System (EIS) genannt, enthält Daten zu den Emissionen aus industriellen und nicht-industriellen Quellen in die Luft, das Wasser und den Boden. Seit 1998 werden auch Daten zum Abfall im PER aufgenommen.

Das PER zeichnet sich dadurch aus, dass punktförmige und diffuse Quellen aufgenommen werden. Für relevante Industriebranchen werden punktförmige Emissionen von 700 (Emissionen in Luft) bis 1300 (Emissionen in Wasser) Betrieben erhoben, die zu den landesweit größten Emittenten gehören (IEI = Individual Emission Inventory). Die Abgabe dieser Information an das Inspektorat für Umweltschutz (HIMH), welches das PER verwaltet, erfolgte bislang nur auf freiwilliger Basis. Erst ab 1999 (Berichtsjahr 1998) werden die landesweit 320 größten industriellen Emittenten verpflichtet, ihre Emissionsdaten an das HIMH zu berichten. Für die Validierung dieser Informationen ist die zuständige Überwachungsbehörde (Provinz, Wasserbehörde, Gemeinde) verantwortlich. Darüber hinaus müssen diese Betriebe ab 1999 jährlich einen Umweltbericht erstellen, in dem sie ihre Emissionen melden. Neben dem Bericht an die Behörden, muss zusätzlich ein Bericht für die Öffentlichkeit erarbeitet werden, der relevante Informationen zu den Emissionen und dem Umweltmanagementsystem des Betriebes enthält und die EU-Normen für eine EMAS-Erklärung (Eco-Management and Audit Scheme) enthalten sollte.

Zusätzlich zu den Emissionen aus großen, punktuellen Quellen gehen auch geschätzte Emissionsdaten von kleinen und mittelgroßen Industriebetrieben sowie von nicht-industriellen, diffusen Emissionsquellen in das PER ein, welche mit Hilfe von statistischen Daten (spezifischen Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren) kollektiv berechnet werden (CEI = Collective Emission Inventory). Die Schätzmethoden, die zur Berechnung von Emissionen verwendet werden, können sich von Jahr zu Jahr verändern.

Die Emissionsdaten werden jährlich aktualisiert und in einer nationalen Datenbank zentral gespeichert. Es wird ein jährlicher Emissionsbericht erstellt, in dem aggregierte Daten veröffentlicht werden. Emissionsdaten von einzelnen Anlagen werden auf Nachfrage bekannt gegeben (RIVM, 1994).

## 2.1.3 Das Französische Emissionsinventar

In Frankreich werden die Emissionsdaten der wichtigsten industriellen Quellen seit 1984 gesammelt. Gesetzliche Grundlage ist das Gesetz über die Klassifizierung von Anlagen zum Schutz der Umwelt vom 9. Juli 1976. Danach benötigen sämtliche Anlagen, deren

Aktivitäten eine Gefährdung für die Umwelt darstellen, eine Betriebserlaubnis, die von der regionalen Behörde (Prefekt des Départements) ausgestellt wird. Alle Anlagen und Aktivitäten, die unter diese Regelung fallen, sind in einer Liste klassifizierter Anlagen (Dekret vom 20. Mai 1953) enthalten. Deren Überwachung ist Aufgabe der regionalen Abteilungen des Direktorats für Industrie, Forschung und Umwelt (DRIRE), welche unter der Führung des regionalen Präfekten die Koordinierung der Inspektion und die Anwendung der Verordnungen in Bezug auf die klassifizierten Anlagen leiten.

Als Teil der Überwachung werden regelmäßig die Emissionen der Anlagen gemessen. Die meisten großen Industriebetriebe in Frankreich unterliegen der Selbstüberwachung. Die Ergebnisse der Messungen müssen die Betriebe in monatlichen Intervallen an die Überwachungsbehörde berichten, die ihrerseits die Information an die „Direktion zur Vorsorge von Verschmutzungen und Risiken“ des Ministeriums für Raumplanung und Umwelt weiterleitet. Die Betriebserlaubnis legt die Art der Messung, ihre Regelmäßigkeit und die Bedingungen für den Bericht fest. Einmal jährlich erfolgt eine Kontrolle durch die zuständige Überwachungsbehörde. 1995 waren 4200 Anlagen von der Überwachung ihrer Abwassereinleitungen betroffen, während rund 1000 Anlagen die Anforderungen hinsichtlich ihrer atmosphärischen Emissionen erfüllen mussten.

Alle gesammelten Emissionsdaten werden vom Ministerium für Raumplanung und Umwelt in einem Jahresbericht veröffentlicht. Darin werden die jährlichen Mengen an umweltrelevanten Substanzen und Substanzgruppen dargestellt, die französische Industriebetriebe in die Luft und das Wasser emittieren (MATE, 1998). Der Bericht erscheint in französischer und zum Teil auch in englischer Sprache (MATE, 1997). Die letzte Ausgabe des Emissionsberichtes erschien im November 1998 und enthält die Emissionsdaten des Jahres 1997. Im Bericht sind insgesamt 1026 Betriebe aus Frankreich und seinen überseeischen Départements aufgeführt. Davon meldeten 848 Betriebe Emissionen in das Wasser und 254 Betriebe Emissionen in die Luft. Im Bericht werden die Emissionswerte in das Wasser (23 Substanzen und Substanzgruppen, darunter 13 Metalle) einzelner Anlagen sowie aggregierte Daten nach Industriebranchen (insgesamt 13) und im Falle der Wasseremissionen auch nach Gewässereinzugsgebieten (insgesamt 6) tabellarisch dargestellt.

Bei den Wasseremissionen nach einzelnen Anlagen und den aggregierten Daten nach Gewässereinzugsgebieten werden die Emissionen zusätzlich nach der Art der Abwasser-einleitung unterschieden (direkte und indirekte Abwassereinleitungen sowie die Ausbringung von Abwasser auf agrarwirtschaftlich genutzte Flächen). Bei allen Betrieben ist der Name des Vorfluters bzw. der Kläranlage, in welche die Einleitungen erfolgen, aufgeführt. Dariüber hinaus werden im Bericht für jede Substanz die regionalen Emissionsmengen kartographisch dargestellt.

Die meisten Daten stellen Durchschnittswerte dar, die auf der Basis von regelmäßigen Messungen berechnet worden sind. In einigen wenigen Fällen jedoch basieren die berechneten Emissionsmengen auf einer reduzierten Anzahl von Messungen. Diese Daten

sind mit der Bezeichnung CP („contrôles ponctuels“) versehen. Mit der Bezeichnung SD („seuil de détection“) versehen sind Wasseremissionen, zu deren Berechnung die Konzentration herangezogen wurde, die der jeweiligen Bestimmungsgrenze entsprach. Bei Werten, die mit dem Symbol PI („pollution importée“) gekennzeichnet sind, handelt es sich um Abwasserfrachten, die zu mehr als 50 % auf eine Vorbelastung des bezogenen Wassers zurückzuführen sind.

## 2.1.4 Das UK Pollution Inventory – PI (ehemals Chemical Release Inventory – CRI)

Im Jahr 1990 wurde im Vereinigten Königreich das Chemical Release Inventory (CRI) eingeführt. Für das CRI berichteten, in Anlehnung an die IVU-Richtlinie, große Industrieunternehmen aus England und Wales an das Her Majesty's Inspectorate of Pollution (HMIP) über Emissionen (Luft, Abwasser, Abfälle, Unfälle) von bestimmten Chemikalien. Um die Qualität der Berichterstattung im CRI zu verbessern, startete die Environment Agency (EA) im November 1997 einen Konsultationsprozess, an dem Vertreter von Regierung, Industrie und sonstigen interessierten Organisationen teilnahmen. Als Folge dieses Prozesses wurden seitens der EA Änderungen am CRI vorgenommen, welches ab dem Berichtsjahr 1998 als Pollution Inventory (PI) bezeichnet wird.

Von den Betrieben anzugeben sind die gesamten Emissionen sämtlicher berichtspflichtiger Substanzen und Substanzgruppen, wenn die Betriebe unter die Integrated Pollution Control (IPC)-Gesetzgebung fallen. Dies ist ein wichtiger Unterschied zum CRI, bei dem nur Emissionen aus spezifischen Quellen des Betriebes anzugeben waren und nicht die Gesamtemissionen. Aus diesem Grund sind auch die CRI-Daten (Berichtsjahre 1992 – 1997) nicht mit denen des PI (ab Berichtsjahr 1998) vergleichbar.

65 Substanzen und Substanzgruppen sind als berichtspflichtig für das Oberflächengewässer im Berichtsformular angegeben. Bei jeder Mengenangabe muss stets vermerkt werden, ob diese gemessen, berechnet oder geschätzt wurde. Bei den Emissionen in Oberflächengewässer muss die Art des Wasserkörpers (Fluss, See, Ästuar), nicht aber dessen Name angegeben werden.

Bei den Mengenangaben sind neben den Emissionen aus punktförmigen und nicht-punktförmigen Quellen sogenannte meldepflichtige Emissionen („notifiable releases“) zu berücksichtigen, welche in der Regel Emissionen als Folge von Unfällen oder sonstigen unvorhergesehenen Ereignissen darstellen. Bei solchen Emissionen sind zusätzlich zu der Mengenangabe (sowohl als Teil der Gesamtemissionen als auch in einer gesonderten Spalte) weitere spezifische Informationen zur Emission anzugeben. Für Substanzen und Substanzgruppen, deren Emissionen einen substanzspezifischen Grenzwert unterschreiten, brauchen keine Mengenangaben gemacht zu werden.

Informationen zum PI sind im Internet auf der Webseite der Environment Agency<sup>7</sup> erhältlich. Mit Hilfe einer lokalen Suchmaschine („What's in your backyard?“) erhält man direkten Zugriff auf die CRI- bzw. PI-Datenbank. Auf diese Weise können betriebsspezifische Emissionsdaten nach dem Namen des Betriebes, seiner geographischen Lage, dem Industrie- oder Prozess-Typ und/oder der emittierten Substanz abgefragt werden. Die geographische Lage des Betriebes wird zusätzlich auf Karten verschiedener Maßstäbe angezeigt. Emissionsdaten sind für die Berichtsjahre 1992 - 1997 (CRI) und 1998 (PI) erhältlich. Emissionsdaten des CRI (Berichtsjahre 1992 – 1996) können auch auf der Website der Umweltorganisation (NGO) Friends of the Earth<sup>8</sup> abgefragt werden. Für eine Reihe von Substanzen und Substanzgruppen werden die Standorte der wichtigsten Emittenten, einschließlich derer aus Schottland und Nordirland, auf Karten angezeigt. Darüber hinaus werden wichtige Kritikpunkte am PI von verschiedenen Seiten erläutert.

## 2.1.5 Das Irische Pollutant Emissions Register (PER)

Das Pollutant Emissions Register (PER), ein integriertes Emissionsinventar, wurde im Jahr 1995 eingeführt. Rechtliche Grundlage für das PER ist der Environmental Protection Agency (EPA) Act von 1992, nach welchem Industriebetriebe gewisser Branchen sowie Betriebe, die eine intensive Landbewirtschaftung betreiben, zur Ausübung ihrer betrieblichen Aktivitäten einer sogenannten Integrated Pollution Control (IPC)-Lizenz bedürfen. Die Beantragung einer IPC-Lizenz betrifft sowohl neue als auch bereits bestehende Betriebe. Das IPC-System fordert von diesen Betrieben u.a. die Einrichtung eines Environmental Management Systems (EMS) und dient sowohl der Überwachung der betrieblichen Umweltschutzaufgaben als auch der Förderung des Einsatzes von „Best Available Technology not Entailing Excessive Costs“ (BATNEEC: bestverfügbare Technologie, die keine übermäßigen Kosten verursacht) zur Reduktion der betrieblichen Emissionen in die Umwelt. Die Anforderungen für die IPC-Lizenzerteilung werden nach der Environmental Protection Agency (Licensing) Regulation von 1994 festgelegt. Das IPC-System (Lizenzerteilung und –kontrolle) verfügt über ein Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9002.

Verantwortlich für die Erteilung der IPC-Lizenzen sowie für die Sammlung, Kontrolle und Verwaltung der PER-Daten ist die Irische Environmental Protection Agency (EPA). Laut EPA werden die PER-Daten in Zukunft in das europäische Emissionsinventar (EPER) einfließen.

Das IPC-System verpflichtet lizenzierte Betriebe zur Veröffentlichung eines Umwelt-Jahresberichtes (Annual Environmental Report: AER). Eine ausführliche Liste der lizenpflichtigen Aktivitäten ist den jährlich erscheinenden IPC-Berichten (Report on IPC

---

<sup>7</sup> <http://environment-agency.gov.uk/>

<sup>8</sup> <http://www.foe.co.uk/Factorywatch/>

Licensing and Control<sup>9</sup>) zu entnehmen. Für jede lizenzpflichtige Aktivität erarbeitet die EPA einen Leitfaden, in welchem umweltfreundliche Technologien beschrieben werden, die von den Betrieben eingesetzt werden müssen, um die IPC-Lizenz zu erhalten (BATNEEC Guidance Notes). Nach Inkrafttreten der EU-IPPC-Richtlinie sollen die BATNEEC Guidance Notes von sogenannten BAT Reference Notes ersetzt werden. Die Kategorien von Substanzen, für die eine Berichtspflicht besteht, sind in der PER-Substanzliste (PERL) aufgeführt. Berichtsgrenzwerte für berichtspflichtige Substanzen gibt es nicht.

Falls eine Berichtspflicht besteht, muss der Betrieb für die jeweilige Substanz eine Massenbilanz aufstellen, die alle In- und Outputs berücksichtigt. Dazu gehören sämtliche Emissionen und Stoffflüsse der jeweiligen Substanz sowie die Mengen der Substanz, die im Produkt verbleiben. Bei den Emissionsmengen muss zusätzlich die Bestimmungsmethode angegeben werden (direkte Messung, Schätzung oder Berechnung).

Der aktuellste IPC-Jahresbericht liegt auf der Website für das Jahr 1998 vor<sup>10</sup>. Danach hat die EPA seit 1994, dem ersten Jahr des IPC-Systems, 328 Lizenzen vergeben. Im Jahr 1998 wurden 88 Umweltjahresberichte und 49 PER-Berichte eingereicht. Die meisten PER-Berichte wurden von Betrieben der chemischen Industrie verfasst (70 %). An zweiter Stelle folgten die Betriebe der Sparte Oberflächenbehandlung (22 %). Berichtet wurde über insgesamt 81 Substanzen. Betriebspezifische und substanzspezifische Emissionsdaten sind weder im IPC-Bericht noch auf der EPA-Website enthalten. Betriebspezifische Emissionsdaten werden jedoch von der EPA auf Anfrage zur Verfügung gestellt. In Zukunft hat die EPA vor, diverse Informationen zum PER auch im Internet zu veröffentlichen.

## 2.1.6 Das Canadian National Pollutant Release Inventory (NPRI)

Das kanadische National Pollutant Release Inventory (NPRI) ist 1993 nach dem Vorbild des amerikanischen TRI entstanden. Gesetzliche Grundlage ist der Canadian Environmental Protection Act (CEPA). In Kanada sind alle Betriebe der Industrie, des Staates und der Dienstleistungsbranche, die zehn oder mehr Vollzeitarbeitskräfte (entsprechend 20000 Arbeitsstunden pro Jahr) haben und eine im NPRI aufgelistete Substanz in einer Konzentration von mindestens 1 % und in einer Menge von mehr als zehn Tonnen herstellen, umsetzen oder anderweitig benutzen, dazu verpflichtet, für das NPRI einen Emissionsbericht zu erstellen.

Im Berichtsjahr 1996, für welches die letzte Ausgabe des NPRI vorliegt, umfasste die NPRI-Substanzliste 176 Substanzen, darunter 25, die nach dem CEPA als toxisch und

---

<sup>9</sup> EPA, 1999, Report on IPC Licensing and Control 1998 (<http://www.epa.ie/licences/default.htm>)

<sup>10</sup> <http://www.epa.ie>

karzinogen eingestuft werden. Eine Arbeitsgruppe aus Umweltschutzorganisationen, Industriegremien, Provinzregierungen und staatlichen Ämtern reichte Vorschläge zur Neuaufnahme von Substanzen für das Berichtsjahr 1999 ein, nach deren Überprüfung die Umweltbehörde 73 neue Substanzen in die NPRI-Liste aufnahm.

Die Auswertung der Daten erfolgt im Summary Report, der jährlich veröffentlicht wird. Die erste Ausgabe wurde für das Berichtsjahr 1993 erstellt. Die neueste Ausgabe, welche im Juli 1998 veröffentlicht wurde, liegt für das Jahr 1996 vor. Für das Jahr 1996 reichten 1818 Betriebe insgesamt 6635 Substanz-Berichte bei Environment Canada ein<sup>11</sup>. Betriebe, die ihre Daten aus Geschäftsründen nicht veröffentlicht haben wollen, haben die Möglichkeit einen schriftlichen Antrag auf vertrauliche Behandlung ihrer Angaben zu stellen, über welchen Environment Canada zu entscheiden hat. Im Berichtsjahr 1996 erteilte Environment Canada dieses Privileg an vier Firmen mit insgesamt 6 Standorten.

Sämtliche nicht-vertraulichen NPRI-Informationen sind im Internet in der Environment Canada National NPRI-Website verfügbar<sup>12</sup>. Die Website enthält unter anderem auch Hintergrund-Informationen zum NPRI, aktuelle Nachrichten zu den neuesten und den zukünftigen Ereignissen, eine Zusammenfassung der Anforderungen für berichtspflichtige Betriebe seit 1993, verschiedene zum Übertragen bereistehende NPRI-Datenbanken sowie die elektronische Versionen der Summary Reports seit 1993. Die NPRI-Website erlaubt es außerdem, betriebsspezifische Abfragen nach dem Namen des Betriebes, seiner geographischen Lage, seiner Branchenzugehörigkeit (SIC-Code) und/oder der NPRI-Substanz durchzuführen. Eine Abfrage der Wasserrmissionen nach Flusssgebieten ist mit Hilfe dieser Suchmaschine nicht möglich, aber der Name des Wassereinzugsgebietes ist für jeden Betrieb angegeben.

## 2.1.7 Im Aufbau befindliche nationale Emissionsinventare

### 2.1.7.1 Das Mexikanische RETC

Unter der Schirmherrschaft des United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), welches Mexiko als eines von drei Ländern (zusammen mit der Tschechischen Republik und Ägypten) für ein Pilotprojekt zum Aufbau eines nationalen PRTRs auswählte, wurde 1994 mit der Erstellung eines Emissionsinventars in Mexiko, des „Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC)“ begonnen.

---

11 Eine Liste der Betriebe, die für 1996 an Environment Canada berichteten, ist im Internet unter der Adresse <http://www.ns.ec.gc.ca/epb/npri/table1.pdf> verfügbar.

12 <http://www.ns.ec.gc.ca/epb/npri/>

Schadstoffemissionen und -transfers aus diffusen Quellen müssen von den betreffenden Betrieben berichtet werden. Das Berichtsformular sieht fünf verschiedene Abschnitte vor (Allgemeine Angaben, Luft, Wasser, Abfälle, Gefährliche Stoffe); derzeit sind die Betriebe nur verpflichtet, allgemeine Angaben zum Betrieb und Informationen zur Luftverschmutzung zu machen. Angaben zur Wassernutzung und zur Einleitung von Abwässern, Informationen zur Erzeugung, Behandlung und Transport von gefährlichen Abfällen sowie Angaben zu Emissionen sind noch freiwillig, jedoch nur solange, bis die „Offizielle Mexikanische Norm“ (NOM), die die Liste berichtspflichtiger Substanzen enthält, verabschiedet wird. Für das Berichtsjahr 1997 wurden landesweit insgesamt 2653 Emissionsberichte eingereicht, von denen nur 1129 vollständig waren und in die RETC-Datenbank eingegangen sind.

Die Emissionen aus diffusen Quellen werden anhand von verschiedenen Methoden (Extrapolation, Aufstellung von Stoffbilanzen, mathematische Modelle, Emissionsfaktoren) vom Nationalen Institut für Ökologie abgeschätzt. Sämtliche Methoden, die zur Abschätzung von Emissionen diffusen und punktuellen Quellen (berichtende Betriebe) dienen, sind im RETC vorgegeben.

1999 erschien der erste nationale Jahresbericht des RETC<sup>13</sup>. Darin werden Emissionsdaten für das Berichtsjahr 1997 vorgestellt. Diese beschränken sich jedoch nur auf die Emissionen von SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> und Kohlenwasserstoffen in die Luft in fünf mexikanischen Städten, die erzeugten Mengen an gefährlichen Abfällen und die landesweit in die Gewässer eingeleiteten Mengen an kommunalen und industriellen Abwässern. Die Daten zu den eingeleiteten Abwassermengen wurden von der Nationalen Kommission des Wassers (CNA) in das RETC eingebracht.

### 2.1.7.2 Das Tschechische PRTR

Obwohl die Vorbereitungen für die Einführung eines integrierten Emissionsinventars in der Tschechischen Republik mit Unterstützung der UNITAR seit 1994 laufen, gibt es bisher keine greifbaren Ergebnisse. Größtes Problem scheint dabei die fehlende gesetzliche Grundlage zu sein, sowie die mangelnde Bereitschaft zur Zusammenarbeit der tschechischen Behörden. Von offizieller Seite ist das Umweltministerium für das PRTR verantwortlich. Die PRTR-Initiative wird aber auch von nichtoffizieller Seite vorangetrieben, u.a. von der Pilsner Ökologischen Stiftung (PEN), auf deren Website Hintergrundinformationen und Dokumente enthalten sind, die in Zusammenhang mit dem PRTR-Vorhaben stehen<sup>14</sup>. U.a. wird eine Analyse der tschechischen Umweltgesetzgebung vorgenommen und ein Vergleich mit den umweltrechtlichen Grundsätzen der Århus-Konvention zu den Umweltrechten der Bürger angestellt (UN-ECE, 1998). Ferner ist ein

---

13 INE SEMARNAP, 1999, Informe Nacional de Emisiones y Transferencia de Contaminantes 1997-1998 ([http://www.ine.gob.mx/dggia/retc/publicacion/informes/informe1/infor1\\_1.html](http://www.ine.gob.mx/dggia/retc/publicacion/informes/informe1/infor1_1.html)), in Spanisch

14 <http://www.ecn.cz/pen/pen-deut.htm>

Vorschlag für eine Liste von Substanzen verfügbar, die in das tschechische Emissionsinventar aufgenommen werden sollen. Die Substanzliste umfasst 132 Substanzen und Substanzgruppen.

### **2.1.7.3 Das Schweizerische Vor-Pilotprojekt zum Aufbau eines nationalen PRTT**

In der Schweiz führte das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) in Zusammenarbeit mit der Basler Chemischen Industrie 1996/1997 ein Vor-Pilotprojekt zu einem nationalen Schadstoff-Emissionsregister durch. Dabei orientierte man sich an den Empfehlungen der OECD für die Erarbeitung von nationalen PRTTs. Ziel des schweizerischen Vorhabens war es, Erfahrungen mit der Umsetzung der OECD Empfehlungen zu sammeln, die Verfügbarkeit von Daten zu überprüfen und bestehende Schwachstellen zu ermitteln. Die Rechtsgrundlage für den Aufbau eines nationalen PRTT in der Schweiz ist durch das Umweltschutzgesetz (USG) von 1983, die Luftreinhalteverordnung (LRV) von 1986 und das Gewässerschutzgesetz (GSchG) von 1991 gegeben.

Eine Projektgruppe bestehend aus Vertretern der Chemischen Industrie sowie des BUWAL beschäftigte sich mit der Festlegung der Definitionen (z.B. Systemgrenzen, Stoffliste) und der Erarbeitung eines elektronischen Datenerfassungsformulars. Daraufhin wurden für die Jahre 1995 und 1996 Emissionswerte fünf ausgewählter Stoffe (Acetonitril, Bisphenol A, Chlorbenzol, Dichlormethan, Pyridin) in 17 Werken von fünf Firmen zusammengestellt.

Im elektronischen Datenerfassungsformular, welches den Werken zur Verfügung gestellt wurde, mussten zu diesen fünf Stoffen sowohl die Emissionen in die Luft, das Wasser und den Boden als auch die Abfallmengen nach Entsorgungsart (Deponie, Verbrennung, Recycling) berichtet werden. Bei den Emissionen in das Wasser wurde zwischen direkten und indirekten Abwassereinleitungen unterschieden, der Name des Gewässers, bzw. der externen Abwasserreinigungsanlage musste jedoch nicht angegeben werden.

Zuletzt veröffentlichte das BUWAL im Mai 1999 einen Situationsbericht zum Nationalen Schadstoff-Emissionsregister. Darin wird über die Entstehung des Vor-Pilotprojektes berichtet, eine Analyse der Ergebnisse vorgenommen und die gesammelten Emissionsdaten vorgestellt. Die Namen der berichtenden Werke sind nicht veröffentlicht. Seitens der BUWAL wird in einer Schlussbetrachtung die Notwendigkeit der Fortsetzung des Vor-Pilotprojektes mehrmals unterstrichen.

### **2.1.7.4 Das Australische National Pollutant Inventory (NPI)**

In Australien entsteht zur Zeit ein Emissionsinventar nach dem Vorbild des US-amerikanischen TRI. Das NPI stellt eine „Nationale Umweltschutzmaßnahme“ (National Environment Protection Measure – NEPM) dar und wurde vom National Environment

Protection Council (NEPC) entwickelt. Das NEPC ist ein gesetzlich eingerichtetes Gremium, zusammengesetzt aus den Umweltministerien des Commonwealth, der Staaten und der Territorien. Aufgabe des NEPC ist es, Maßnahmen zum Schutz der Umwelt zu implementieren. Die Konsultationen für die Ausarbeitung des NPI begannen in 1995. Erst drei Jahre später, nach einer ausgiebigen Diskussion in der Öffentlichkeit, an der sich auch die Industrie, Umweltschutzgruppen und Gewerkschaften beteiligten, und nach Verabschiedung durch das Commonwealth-Parlament, trat das NPI-NEPM im Juli 1998 in Kraft.

Das NPI ist eine Internet-Datenbank, die dafür bestimmt ist, Informationen zu den verschiedenen Arten und Mengen bestimmter in die Umwelt emittierter Substanzen für die breite Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Nach der NPI-NEPM sind alle australischen Industriebetriebe, die gewisse, im NPI aufgelistete Chemikalien ab einer festgelegten Grenzmenge verwenden, verpflichtet, die Emissionen solcher Chemikalien abzuschätzen und für das NPI zu berichten. Für jede Industriebranche sind Handbücher erarbeitet worden, die Anleitungen zur Abschätzung von Emissionen enthalten. Emissionen von Betrieben, die NPI-Chemikalien in geringeren Mengen als die festgelegte Grenzmenge für eine Berichtspflicht einsetzen, werden ebenfalls in das NPI aufgenommen. Deren Emissionen werden von der Regierung geschätzt, ebenso wie Emissionen, die aus nicht-industriellen Quellen (z.B. Haushalte und Verkehr) stammen. Bereits seit Mitte 1998 berichtet die Industrie jährlich über ihre Emissionen für 36 der insgesamt 90 im NPI aufgelisteten Chemikalien. Verantwortlich für die Sammlung der Daten sind die jeweiligen Staaten und Territorien.

Auf der Website der Australischen Umweltbehörde Environment Australia<sup>15</sup> sind Hintergrundinformationen zum NPI vorhanden, u.a. auch ein Überblick über den Stand der Implementierung der NPI-NEPM in den einzelnen Staaten und Territorien. Im Jahr 2000 sollen die ersten landesweiten Emissionsdaten für die Berichtsjahre 1998 und 1999 verfügbar sein.

Der Zugriff auf die Emissionsdaten ist über das Internet möglich<sup>16</sup>. So können z.B. aus dem Emissionsinventar über ein Suchprogramm wahlweise Emissionsdaten von Betrieben nach dem Namen des Betriebes und/oder der emittierten Chemikalie abgefragt werden. Die Emissionen aggregierter Quellen (industrielle und nicht industrielle Quellen) können ebenfalls abgefragt werden. Bei den aggregierten Daten industrieller Quellen handelt es sich jedoch nur um Emissionen von Betrieben, die nicht bereits einzeln aufgeführt werden (und demnach unter dem Grenzwert für die Berichtspflicht liegen). Auffallend ist, dass im Queensland-Emissionsinventar die überwiegende Anzahl von Einträgen den Luftemissionen zugeordnet werden können. Eine Zuordnung der Wassermissionen zu Wassereinzugsgebieten ist nicht vorhanden.

---

15 <http://www.environment.gov.au/epg/npi/>

16 <http://www.environment.gov.au/epg/npi/database/download.html>

## 2.2 Supranationale Emissionsinventare

### 2.2.1 Das North American Pollutant Release Inventory (NAPRI)

Im Oktober 1995 wurde von den Umweltministern der Vereinigten Staaten, Kanada und Mexiko die Einführung eines North American Pollutant Release Inventory (NAPRI) beschlossen. Verantwortlich für das NAPRI-Projekt ist die North American Commission for Environmental Cooperation (CEC), die durch das North American Agreement on Environmental Cooperation (NAAEC) von 1993 von den drei NAFTA (North American Free Trade Association)-Mitgliedsstaaten gegründet wurde. Durch die Einführung des NAPRI soll in Zukunft die Vergleichbarkeit der in den drei nordamerikanischen PRTR-Systemen (TRI, NPRI, RETC) enthaltenen Information gewährleistet werden.

In einer im Februar 1996 veröffentlichten Studie wurden für das Einzugsgebiet der Great Lakes bereits erste gemeinsame Auswertungen von TRI- und NPRI-Daten vorgenommen (EC, 1996). Die letzte Veröffentlichung des PRTR-Berichtes erfolgte im Juli 1999 für das Jahr 1996 (CEC, 1999). Die Veröffentlichung des 1997er Jahresberichtes ist für das Jahr 2000 vorgesehen. In 1998 wurde mit finanzieller Unterstützung der CEC die Arbeit für die Errichtung einer dreisprachigen Internetseite aufgenommen, in welcher relevante Information zu den drei nordamerikanischen PRTR-Systemen dargestellt werden soll. Unter anderem sollen darin zueinander passende Datensätze aus den drei PRTR-Systemen miteinander verglichen und die Vergleichbarkeit des Datenmaterials analysiert werden.

### 2.2.2 Das European Pollutant Emission Register (EPER)

Im September 1996 wurde mit dem Erlass der Richtlinie zur Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzungen (IVU bzw. IPPC: Integrated Pollutant Prevention and Control)-Richtlinie (EWG/96/61) die rechtliche Grundlage für die Einführung eines integrierten Europäischen Schadstoffemissionsregisters (European Pollutant Emission Register, EPER), geschaffen. Die IVU-Richtlinie legt unter anderem die Anforderungen für die Erteilung von Erlaubnissen für den Betrieb von neuen und bereits existierenden Anlagen mit den dazugehörigen Emissionsgrenzwerten für Schadstoffe fest (Artikel 9) und sieht die Veröffentlichung eines Inventars vor, das relevante Information zu den wichtigsten Emissionen und Emissionsquellen in der Europäischen Union enthalten soll (Artikel 15, Paragraph 3). Ziel des EPER ist es nicht, bereits existierende, nationale Emissionsinventare zu ersetzen, sondern vielmehr auf diesen aufzubauen bzw. diese zu ergänzen. Vor allem aber soll das EPER die Öffentlichkeit über die Leistungen der Industrie im Umweltbereich informieren und Entscheidungsträgern eine Grundlage bieten für die Überwachung der Umsetzung von festgelegten umweltpolitischen Zielen sowohl auf nationaler als auch auf internationalen Ebene. Darüber hinaus soll durch das EPER der Vergleich von Emissionsdaten auf europäischer Ebene ermöglicht werden.

Nach der Entscheidung der Europäischen Kommission vom April 2000 (2000/479/EG) soll der erste Emissionsbericht im Juni 2003 mit Angaben zu 2001 erscheinen (alternativ Angaben zu 2000 oder 2002), der zweite Bericht im Juni 2006 mit Angaben zu 2004 und ab 2008 sollen voraussichtlich jährliche Berichte für das jeweilige Vorjahr erstellt werden. Die Mitgliedsstaaten erstatten Bericht über Emissionen aus IVU-Betrieben, bei denen die Schwellenwerte von gelisteten Schadstoffen überschritten werden (insgesamt 50 Stoffe, 37 für Luft und 26 für Wasser).

Im Rahmen der Århus-Konvention sind Empfehlungen ausgesprochen worden, das Emissionsinventar auch auf Abfälle auszudehnen und einen jährlichen Bericht zu erstellen. Sollten diese Empfehlungen von der Signatarstaatenkonferenz (in 2001/2002) beschlossen werden, müsste die Europäische Kommission, als Zeichner der Århus-Konvention, entsprechende Änderungen an der IVU-Richtlinie und am gerade beschlossenen EPER vornehmen.

Eine wichtige Rolle bei der Entwicklung und Instandhaltung der EPER-Datenbank soll die europäische Umweltbehörde EEA (European Environment Agency) übernehmen. Die EEA verfügt bereits über langjährige Erfahrungen im Umgang mit CORINAIR, dem europäischen Inventar für Luftemissionen, was der Durchführung des EPER zugute kommen könnte.

### 3 Konzeptioneller Rahmen für ein Gesamtinventar punktueller und diffuser Schadstoffeinleitungen in die Gewässer

Im Hinblick auf die zunehmende Bedeutung internationaler Berichtspflichten und Emissionsinventare wurde das Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung vom Umweltbundesamt mit der Erarbeitung eines fachlichen Konzeptes für ein nationales Emissionsinventar Wasser und mit der Erstellung der hiermit vorliegenden beispielhaften branchen-, gebiets- und stoffbezogenen Emissionsinventare beauftragt. Das Vorhaben diente dazu, konzeptionelle, fachliche und inhaltliche Schwierigkeiten bei der Erarbeitung von Emissionsinventaren deutlich zu machen und Lösungen hierfür vorzuschlagen. Hierzu sollten unterschiedlichst aggregierte und Einzeldatenquellen wie internationale Berichtspflichten, Dateien der Bundesländer, Umweltberichte von Unternehmen, Forschungsvorhaben etc. genutzt und auf ihre Kompatibilität überprüft werden. Die entsprechenden Daten wurden am FhG-ISI gesammelt und aufbereitet (Daten zu den Einleitern, den emittierten Frachten, der Branche, den Flussgebieten bzw. Vorflutern sowie dem Bezugszeitraum). Außerdem wurde in einem Parallelvorhaben das Programmsystem UDIS-A von der Fa. RISA Sicherheitsanalysen entwickelt. Dieses Programmsystem wurde im Rahmen des Vorhabens für die Datenverwaltung erprobt und optimiert. Mit Hilfe dieses Werkzeugs, das auch für die Verwaltung diffuser Emissionen erweiterbar ist, soll es künftig möglich sein, die unterschiedlichen internationalen Berichtspflichten gleichermaßen zu erfüllen.

Während das Europäische Schadstoffemissionsregister EPER nur die industriellen IVU-Anlagen betrifft, die für bestimmte Parameter diskrete Schwellenwerte überschreiten, sollte das Konzept für das „Emissionsinventar Wasser für die Bundesrepublik Deutschland“ eine möglichst vollständige Berücksichtigung aller relevanten Emissionen erlauben, d. h. insbesondere auch die Emissionen kommunaler Kläranlagen und die unterschiedlichen diffusen Emissionen. Dabei stellten sich vor allem die folgenden Fragen:

- Welche in der Bundesrepublik verfügbaren Datenquellen, d. h. sowohl anlagenspezifische und aggregierte, als auch produktions- oder einwohnerspezifische Daten sind für ein Emissionsinventar nutzbar?
- Inwieweit sind die vorliegenden Emissionsdaten miteinander kompatibel? Wie kann die Plausibilität der unterschiedlichen Daten überprüft werden?
- Wie werden aus gemessenen Konzentrationen in den eingeleiteten Abwässern Frachten berechnet?
- Wie werden Emissionen behandelt, wenn ein Teil der Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze liegt?

- Welche Anforderungen ergeben sich hinsichtlich Datenqualität, Datenerfassung und Datenauswertung, um die Emissionen in ein gesamtes Emissionsinventar übernehmen zu können?
- Wie sind unterschiedliche diffuse Stoffeinträge für ein Emissionsinventar plausibel abzuschätzen?

- Wie können eine Gesamtdarstellung und vergleichende Wiedergaben der Ergebnisse realisiert werden, auch im Hinblick auf eine Veröffentlichung im Internet?

Die exemplarische Erarbeitung von Emissionsinventaren für ausgewählte Schadstoffe musste sich einerseits an der Datenverfügbarkeit orientieren, andererseits sollten besonders relevante Beispiele ausgewählt werden. Damit richtete sich die Aufmerksamkeit zwangsläufig auf Schadstoffe, bei denen nationale oder internationale Vorgaben vorliegen. Auf Grund dieser Auswahlkriterien ergab sich für das beispielhafte Emissionsinventar der nachfolgend erläuterte konzeptionelle und inhaltliche Rahmen.

Bezugsjahr für das Emissionsinventar ist das Jahr 1997. Bei den industriellen und kommunalen Direkteinleitern musste aus Mangel an geeigneten Daten in einzelnen Fällen auch auf Daten aus den Jahren 1996 und 1998 zurückgegriffen werden. Für die Basisdaten der diffusen Emissionen (Niederschlags- Abflussmengen, etc.) wurde entsprechend Behrendt et. al. (1999) auf den Zeitraum 1993 – 1997 zurückgegriffen.

Beispielhafte Inventare wurden für Stickstoff und Phosphor erstellt, da hierfür auf Grund von verschiedenen, kürzlich abgeschlossenen Forschungsarbeiten eine gute Datengrundlage vorliegen sollte (vgl. Kapitel 3 und 4). Die Nährstoffe sind ein wichtiger Teil der Berichtspflichten internationaler Meeresschutz- und Flussgebietskommissionen und sie werden häufig auch in Umweltberichten von Unternehmen aufgeführt. Zudem werden die Qualitätsziele für Nährstoffe in Fließgewässern nur an weniger als 20 % der Messstellen eingehalten (UBA, 1999) und die für 1995 international vereinbarten Reduktionen der Stickstoffeinträge in die Nord- und Ostsee wurden nur in etwa zur Hälfte erreicht. Stickstoff und Phosphor eignen sich schließlich besonders gut für die exemplarische Behandlung diffuser Emissionen, da sehr unterschiedliche Emissionswege für die Nährstoffe existieren, die in verschiedenen Arbeiten auch bereits ausführlich behandelt wurden.

Die Summenkenngröße „Adsorbierbare organisch gebundene Halogene“ (AOX) ist ein wichtiger Parameter für die Beurteilung der anthropogenen Gewässerbelastung, der in das Umweltbarometer für Deutschland, in Regelungen nach § 7a des Wasserhaushaltsgesetzes und in das Abwasserabgabengesetz aufgenommen wurde. Der Parameter umfasst das gesamte Spektrum der halogenierten organischen Verbindungen mit teilweise sehr unterschiedlicher ökotoxikologischer Relevanz und einem breiten Einsatzfeld in Industrie und Gewerbe (z. B. Löse- und Reinigungsmittel, Additive in Lacken und Kunststoffen, Desinfektions- und Konservierungsmittel). Für AOX liegen in der Literatur zahlreiche einzelne Emissionsdaten aus internationalen Berichten, Branchenveröffentlichungen,

Umweltberichten von Firmen, Forschungsvorhaben sowie Daten der Überwachungsbehörden vor, so dass es möglich erschien, ein Inventar der punktuellen Einleiter (Betriebe und Kläranlagen) zu erstellen. Für eine Abschätzung der diffusen AOX-Emissionen liegen keine ausreichenden Grundlagen vor, so dass sie in dem beispielhaften Inventar nicht berücksichtigt werden konnten.

Für Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Blei und Zink wurden sowohl von der Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) als auch von der Nordseeschutzzkonferenz (INK) und der Helsinki-Kommission zum Schutz der Ostsee (HELCOM) Mengenreduktionsziele von 50 % und teilweise 70 % vereinbart (UBA, 1999). Für die Gehalte der Schwermetalle in Oberflächengewässern wurden zudem für die Bundesrepublik und von der IKSR Zielvorgaben als Qualitätsziele erarbeitet, denen unterschiedliche Schutzzüge oder Nutzungsarten zu Grunde liegen. Bei der Überprüfung der Reduktionsziele und der Zielvorgaben zeigte sich, dass sie – wenn auch für die unterschiedlichen Schwermetalle in unterschiedlicher Häufigkeit und in unterschiedlichem Umfang – insbesondere bei den Zielvorgaben vielfach nicht erreicht wurden (UBA, 1999). Daher wurden in einem parallel laufenden Vorhaben für das Umweltbundesamt die punktförmigen und diffusen Einträge der genannten Schwermetalle in die deutschen Gewässer untersucht (Böhm et al., 2000). Die Ergebnisse dieser Untersuchung wurden direkt in das vorliegende Emissionsinventar übernommen. Die acht Schwermetalle sind zudem in der EPER-Stoffliste enthalten.

Die Darstellung der Emissionen erfolgt für die ausgewählten Schadstoffe nach Herkunftsbereichen (kommunale Kläranlagen, unterschiedliche industrielle Branchen, verschiedene diffuse Eintragspfade) für die großen Flussgebiete Donau, Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder sowie für die übrigen Einträge in die Nord- und Ostsee. Die Emissionen in den deutschen Anteil des Einzugsgebiets der Maas wurden dem Rhein zugeschlagen, die Emissionen in die IJssel der Nordsee. Eine Unterteilung der großen Flussgebiete war nicht möglich, da in der Regel die in der Literatur verfügbaren Daten und auch die Detailiertheit der Datenlieferungen aus mehreren Bundesländern eine solche Unterscheidung nicht zuließen.

## 4 Inventar punktförmiger Schadstoffeinleitungen in die Gewässer in Deutschland

### 4.1 Industrielle und gewerbliche Direkteinleitungen

#### 4.1.1 Inhaltliche und methodische Festlegungen

Entsprechend dem aktuellen Stand der in Kapitel 1 beschriebenen internationalen Aktivitäten und Konventionen zum Zeitpunkt des Beginns des Vorhabens im Sommer 1996, orientierten sich die Überlegungen zu den beispielhaften Emissionsinventaren zu Anfang an der Frage der Datenverfügbarkeit an den Anforderungen der internationalen Berichtspflichten (OSPAR, HELCOM, IKSР) sowie an den Schwerpunkten der IVU-Richtlinie. Weitere Hinweise zu verfügbaren Daten enthielten die Umwelerklärungen einer Reihe größerer Unternehmen. Ausgangspunkt für das Konzept des Emissionsinventars Wasser waren somit einige wichtige Industriebranchen und deren Emissionen betreffend die Schadstoffe Stickstoff, Phosphor und ausgewählte Schwermetalle. Die diffusen Stoffeinträge sollten zum damaligen Zeitpunkt nur konzeptionell berücksichtigt werden.

Im Herbst 1998 wurde dann mit dem UBA-Vorhaben zur Bilanzierung des Eintrags prioritärer Schwermetalle in Gewässer begonnen (Böhm et al., 2000), in dem vom Umweltbundesamt neben den acht Schwermetallen auch die relevanten Industriebranchen gemäß den Anhängen nach § 7 a WHG festgelegt wurden, nach denen die industriellen Direkt-einleitungen aufgeschlüsselt werden sollten (vgl. hierzu Tabelle 4.1-2). Das Europäische Emissionsinventar EPER befand sich damals zwar noch in der Abstimmungsphase, aber es diente dennoch als wesentliche Orientierungshilfe. Im Laufe der Projektarbeiten kam schließlich noch der Vorschlag des Umweltbundesamtes hinzu, die Summenkenngröße AOX als weiteren Parameter in das Inventar der punktförmigen Emissionen aufzunehmen.

Nachdem feststand, für welche Schadstoffe flussgebiets- und branchenbezogene Emissionsinventare erstellt werden sollten, kam, in Anlehnung an die Auflistung der Haupteinleiter in den Berichten der Flussgebietskommisionen, noch der Wunsch des Auftraggebers hinzu, für jeden Schadstoff flussgebiets- und branchenübergreifend die zehn wichtigsten industriellen Einleiter gesondert zusammenzustellen. Da die einzelnen Bundesländer die Emissionsdaten meist nur in anonymisierter Form weitergegeben hatten, wurde mit Hilfe von Angaben in internationalen Berichten und auf Basis der ausgewerteten Umweltberichte (vgl. Abschnitt 4.1.2.3) eine erste Liste für jeden Schadstoff erstellt. Durch eine Rückfrageaktion bei den Bundesländern und betroffenen Unternehmen gegen Ende des Vorhabens wurde die Liste ergänzt. Gleichzeitig wurde um das Einverständnis gebeten, die relevanten Unternehmen, deren Einleiterdaten noch nicht in den genannten Publikationen genannt waren, in der Zehnerliste veröffentlichen zu dürfen. Dem wurde trotz der bevorstehenden Meldungen im Rahmen des Europäischen Emissionsregisters

EPER nicht in allen Fällen zugestimmt, weshalb in den in Kapitel 7 wiedergegebenen Listen noch einige wenige Lücken bestehen.

Ein für die Qualität des Inventars besonders wichtiges Ergebnis der Arbeit an der Liste der zehn größten Einleiter war, dass auf Grund von Plausibilitätsüberlegungen und Quervergleichen in vielen Fällen die vorliegenden Daten genauer hinterfragt wurden und dabei in einer größeren Zahl von Beispielen Fehler oder Ungenauigkeiten bei der Ermittlung der Emissionsdaten erkannt werden konnten. Aus diesem Grund ergeben sich gegenüber den in internationalen Berichten oder in Umweltberichten der Unternehmen veröffentlichten Emissionsdaten teilweise erhebliche Abweichungen. Im Hinblick auf das künftige EPER-Inventar konnten durch die Arbeiten an dem vorliegenden Emissionsinventar eine Reihe von Problemen bei der Datenermittlung und -auswertung erkannt werden, die für die künftigen Arbeiten genutzt und gegebenenfalls in die nationalen und internationalen Abstimmungen zu dem EPER-Inventar eingearbeitet werden können.

Diese Möglichkeit besteht auch hinsichtlich der methodischen Festlegungen, die bei der Datenauswertung erforderlich waren oder hinsichtlich von Schwierigkeiten, die im Rahmen dieses Vorhabens noch nicht zufriedenstellend gelöst werden konnten. Zu nennen sind hierzu vor allem folgende Punkte:

- Bei Konzentrationsangaben unter der Bestimmungsgrenze wurde mit der Hälfte der Datenauswertung erforderlich waren oder hinsichtlich von Schwierigkeiten, die im Rahmen dieses Vorhabens noch nicht zufriedenstellend gelöst werden konnten. Zu nennen sind hierzu vor allem folgende Punkte:
  - Bei Konzentrationsangaben unter der Bestimmungsgrenze wurde mit der Hälfte der Bestimmungsgrenze gerechnet, es sei denn, alle Messwerte waren kleiner als die Bestimmungsgrenze. In diesem Fall wurde angenommen, dass die Konzentration gleich 0 ist.
  - Erhöhte Frachten auf Grund von Störfällen in 1997 wurden in das Inventar aufgenommen. Wenn diese Frachten erheblich für das Gesamtergebnis sind, werden sie als Resultat eines Störfalls kenntlich gemacht.
  - Direkteinleiter, bei denen es nach 1997 auf Grund von Betriebsschließungen oder Produktionsumstellungen zu einer erheblichen Änderung der Emission kam, werden mit entsprechenden Anmerkungen zu den aktuellen Emissionswerten erläutert. In dem Emissionsinventar werden aber die tatsächlichen Daten für 1997 verwendet.
  - Basis für Frachtberechnungen sind die aktuell ermittelten Konzentrationen und Abwassermengen der Überwachung. Falls diese nicht vollständig zur Verfügung standen, mussten in Einzelfällen zur Ergänzung auch Genehmigungswerte herangezogen werden. Zu den Abwassermengen lagen häufig mehrere, zum Teil sehr unterschiedliche Angaben vor: genehmigte Abwassermenge; erklärte Abwassermenge nach Abwasserabgabengesetz; über das Jahr gemessene, tatsächliche Jahresabwassermenge; aus einzelnen, über kurze Probenahmezeiten gemessenen Daten hochgerechnete Jahresabwassermenge. Bei Einleitern mit mehreren Abwasserteilströmen (Prozess-, Sanitärbwasser, Kühl- und Regenwasser) bestanden teilweise auch Unklarheiten bzgl. der

Zuordnung zu den Ergebnissen der Konzentrationsmessungen. In verschiedenen Fällen konnte erst durch Nachfragen die einzusezende Abwassermenge festgelegt werden. Die Berechnung der Jahresfracht erfolgte dann i.d.R. über die mittlere Abwasserkonzentration im Jahresdurchschnitt und die Jahresabwassermenge.

- Auf Grund der Berücksichtigung unterschiedlicher Datenquellen lagen teilweise für einzelne Einleiter mehrere, zum Teil voneinander abweichende Angaben vor (z.B. Daten aus der behördlichen Überwachung und Daten aus Umweltterklärungen). Grundsätzlich wurde dabei den Überwachungsdaten eine höhere Priorität zugeordnet. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass diesen Überwachungsdaten i.d.R. eine sehr geringe Zahl an Messwerten zugrunde liegt (sehr häufig wurden auch bei Großeinleitern nur 1 bis 5 Proben pro Jahr analysiert) und es deshalb zwangsläufig zu Ungenauigkeiten und hohen Schwankungen zwischen verschiedenen Jahren kommen kann. Dass die Zusammensetzung von industriellem Abwasser größeren Schwankungen unterliegt, zeigt beispielhaft die statistische Auswertung der Eigenkontrollwerte eines großen Direkteinleiters aus der chemischen Industrie in Tabelle 4.1-1. In der Tabelle sind für verschiedene Parameter die mittleren Frachtwerte angegeben sowie das Verhältnis der maximalen zu der mittleren Fracht, das zwischen 2 und 77 schwankt. An der zusätzlich angegebenen Zahl der Messungen ist zu erkennen, dass dieses Verhältnis tendenziell umso größer wird, je geringer die Zahl der Messungen ist. Auf Grund der höheren Messwertdichte wurden bspw. auch bei der Berechnung der Frachten für das IKSR-Einleiterinventar für 1996 von den Bundesländern teilweise zusätzlich die Eigenkontrollwerte der Einleiter miteinbezogen. Diese Werte lagen häufig über denen der behördlichen Überwachung. Zur Berechnung der Daten für das Emissionsinventar Wasser wurde deshalb in begründeten Fällen entsprechend vorgegangen und Eigenkontrollwerte mitberücksichtigt.

Tabelle 4.1-1: Beispielhafte statistische Auswertung von Eigenkontrollmessungen eines Direkteinleiters

Parameter	Fracht-Mittelwert (kg/a)	Verhältnis maximale zu mittlere Fracht	Zahl der Messungen
	$x(\text{mittel})$	$x(\text{max})/x(\text{mittel})$	
Hg	5	5	116
Cd	0,8	15	116
Cu	7,2	44	116
Ni	360	4	116
Zn	280	7	22
As	4	77	6
AOX	400	9	365
N	153.000	2	365

Anmerkungen:  
Mittlere Jahresfracht  $x(\text{mittel})$  wurde aus der angegebenen Anzahl von Messungen errechnet. Zur Berechnung des Verhältnisses maximale zu mittlere Fracht wurde der Wert des 2-Stunden-Zeitraums mit der höchsten Fracht verwendet.

- Vorbelastungen des in der Produktion eingesetzten Wassers können in Branchen mit hohem Wasserbedarf einen starken Anteil an den Emissionswerten ausmachen. Wenn hierzu Messwerte vorlagen würden diese Vorbelastungen bei der Auswertung berücksichtigt. Da die entsprechenden Informationen jedoch nur lückenhaft waren, war eine durchgängige Berücksichtigung nicht möglich.
- Die Listen der Direkteinleiter sind für die einzelnen Bundesländer nicht vollständig, da von den Überwachungsbehörden in der Regel nur Direkteinleiter ab einem bestimmten frachtbbezogenen Schwellenwert aufgeführt wurden, um die Auswertung zu vereinfachen. Eine Ausnahme stellt das Bundesland Berlin dar, in dem nach Darstellung der Behörden keine Direkteinleiter ansässig sind. Da kleinere Einleiter nur sehr selten beprobt werden, sind für einzelne Jahre auch häufig keine auswertbaren Datenkollektive vorhanden. So gibt z. B. Hamburg die Zahl seiner Direkteinleiter mit ca. 350 an, hiervon werden aber nur 60 regelmäßig beprobt. Für N, P, AOX und die Schwermetalle wurden für das vorliegende Vorhaben von Hamburg zu 40 Firmen Daten zur Verfügung gestellt.
- Die Betriebe waren nicht in allen Fällen eindeutig einem Anhang nach § 7a zuzuordnen. Gerade bei den großen Firmen gibt es häufig mehrere Abwassereinleitungen, die nach jeweils geeigneten Anhängen überwacht werden. Auf der anderen Seite gibt es auch einzelne Einleitungen, die nach drei oder mehr Anhängen überwacht werden. In Einzelfällen werden von den Bundesländern auch keine Anhänge für überwachte Abwassereinleitungen angegeben. Wenn ein Vergleich der Länderdaten mit Umweltberichten u.a. notwendig wurde, sind die einzelnen Einleitungen unter dem am sinnvollsten erscheinenden Anhang zusammengefasst worden.
- Direkteinleitungen in Flüsse und Bäche, die dann in eine Kläranlage einmünden, werden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Bekanntestes Beispiel für ein Gewässer mit Flussklärwerk ist die Emscher: Frachten von Firmen, die in die Emscher einleiten, wurden als indirekt eingeleitet betrachtet und nicht mit ausgewertet.
- In Sachsen und Brandenburg werden erhebliche Mengen an Grubenwasser aus dem Braunkohletagebau in Oberflächengewässer eingeleitet. Diese Einleitungen stellen im wasserrechtlichen Sinne jedoch keine Abwassereinleitungen dar und wurden deshalb bei den Berechnungen nicht einbezogen, zumal die Belastungen des Wassers sehr gering sind und bspw. bei den Nährstoffen in der Größenordnung der Anforderungen der chemischen Gewässergütekasse II liegen.

#### 4.1.2 Erläuterungen zu den Datenquellen für die industriellen und gewerblichen Direkteinleitungen

Auf Grund der oben beschriebenen, besonderen Situation bzgl. der Erfassung, Auswertung und Veröffentlichung von Abwasseremissionsdaten mussten Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammengetragen und ausgewertet werden. Grundsätzlich konnte auf folgende Datenquellen zurückgegriffen werden:

- Daten der Wasserwirtschafts- bzw. Umweltverwaltungen der Bundesländer,
- Daten, die im Rahmen von internationalen Berichtspflichten oder der Arbeiten von Flussgebietskommissionen zusammengetragen und veröffentlicht wurden,
- Umwelterklärungen bzw. Umweltberichte von Unternehmen,
- sonstige Datenquellen wie z.B. Ergebnisse aus Forschungsvorhaben (bzgl. N, P, Schwermetalle, Ostsee, Textilindustrie, WWF), Daten des Statistischen Bundesamtes, Veröffentlichungen des Verbandes der Chemischen Industrie.

Bei einzelnen Datenquellen standen teilweise für Einleiter nur Daten zu den eingeleiteten Abwassermengen zur Verfügung. Um diese Emissionen mitberücksichtigen zu können, wurden für die besonders relevanten Branchen anhand sonstiger zur Verfügung stehender Daten mittlere Durchschnittskonzentrationen errechnet, über die anschließend die Abwasserfrachten abgeschätzt werden konnten. Die Daten zu den Abwasserkonzentrationen stammen zum einen aus den Umwelterklärungen und Umweltberichten, aus den übermittelten Daten einzelner Bundesländer sowie aus zusätzlichen Literaturquellen (z.B. Braun et al., 1999). In Tabelle 4.1-2 sind nach den einzelnen Herkunftsbereichen die verwendeten Datenquellen für die untersuchten Schadstoffe zusammengestellt.

Tabelle 4.1-2: Übersicht über die verwendeten Datengüellen für die verschiedenen Schadstoffe und Industriemärchen

#### 4.1.2.1 Daten der Bundesländer

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Bilanzierung des Eintrags prioritärer Schwermetalle in Gewässer“ (Böhm et al., 2000) wurden alle Bundesländer nach den zur Verfügung stehenden Emissionsdaten von industriellen Direkteinleitern für die Schwermetalle As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb und Zn befragt. Diese zum Teil anonymisierten Datensätze bildeten die Grundlage der Inventare für die Schwermetalle, die anschließend um Daten aus anderen Quellen ergänzt und/oder mit diesen abglichen wurden. Zu den Parametern Stickstoff, Phosphor und AOX erfolgten dagegen keine systematischen Abfragen bei den Bundesländern. Durch die während der Projektlaufzeit sich ergebenden Datensituation konnten jedoch auch für diese Stoffe Inventare erstellt werden, die jedoch viel stärker auf anderen Datenquellen (internationale Berichtspflichten, Umwelerklärungen, etc.) beruhen.

Grundsätzlich wurden soweit verfügbar die Daten der Wasserwirtschafts- bzw. Umweltverwaltungen der Bundesländer verwendet. Für die Schwermetalle lagen Daten aus allen Bundesländern vor, für Stickstoff, Phosphor und AOX aus Baden-Württemberg, Brandenburg, Hamburg, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Saarland sowie bei AOX zusätzlich aus Nordrhein-Westfalen. Übermittelt wurden Ergebnisse aus der behördlichen Überwachung der Einleiter für das Jahr 1997 bzw. für 1997/1998, teilweise direkt als Frachtangaben, teilweise auch als Einzelanalysen in Verbindung mit den entsprechenden Abwassermengen (i.d.R. Jahresschmutzwassermenge). Von einigen Bundesländern wurden auch Informationen aus der Ermittlung der Abwasserabgabe der wesentlichen Direkteinleiter übersandt. In Einzelfällen standen nur Genehmigungswerte zur Verfügung. Außerdem wurde eine detaillierte Dokumentation zur Abwassersituation in Nordrhein-Westfalen einbezogen, in der u.a. die Abwassermengen der industriellen Direkteinleiter in Nordrhein-Westfalen sowie deren Zuordnung zu den Anhängen der Abwasserverordnung angegeben sind (MURL, 1999). Die Berechnungen der N- und P-Frachten der nordrhein-westfälischen direkteinleitenden Industriebetriebe, für die keine sonstigen Angaben vorlagen, wurden anhand dieser Abwassermengen sowie der mittleren Konzentrationen der jeweiligen Branche vorgenommen<sup>17</sup>.

#### 4.1.2.2 Emissionsangaben aus internationalen Berichtspflichten oder Flussgebietskommisionen

Aus den Arbeiten der Flussgebietskommisionen konnten Daten für den Rhein, die Elbe sowie für die Donau übernommen werden.

---

<sup>17</sup> Diese Dokumentation wird nach Angaben des Landesumweltamtes derzeit überarbeitet, die aktuelle Version lag allerdings bis zum Projektschluss noch nicht vor.

### Rhein:

Die aktuelle Übersicht über die Einträge prioritärer Stoffe in den Rhein wurde für das Jahr 1996 erstellt (IKSR, 1999). Die darin veröffentlichten Daten stammen i.d.R. aus der behördlichen Überwachung der Einleiter und wurden von den Landesbehörden an die Flussebene-Kommision weitergeleitet. Teilweise wurden zu dem Werte aus der Eigenkontrolle mitberücksichtigt, soweit sich aus den Überwachungswerten bspw. im Vergleich zu Daten in Umwelterklärungen offensichtlich zu niedrige Emissionsfrachten ergaben. Veröffentlicht werden die Gesamtfrachten sowie für die einzelnen Parameter jeweils die Haupteinleiter, deren Fracht 1 % der Gesamtemissionsfracht übersteigt. Die Zahl der Haupteinleiter, die genannt werden, liegt im Allgemeinen zwischen drei und fünf, beim Stickstoff werden jedoch nur zwei und beim Phosphor wird kein Einleiter aufgeführt. In Tabelle 4.1-3 sind die wichtigsten Ergebnisse für die Jahre 1985 und 1996 für die Schwermetalle, AOX und die Nährstoffe zusammengefasst.

Tabelle 4.1-3: Ergebnisse der Bestandsaufnahme der Einträge prioritärer Stoffe für Schwermetalle, AOX und Nährstoffe für den Rhein in kg/a (IKSR, 1999)

	Kommunal	Industriell	Summe Punktquellen	diffuse Einträge <sup>18</sup>	Gesamtsumme
<b>Gesamtstickstoff</b>	1992	93.149	930	18.305.990	111.455.920
<b>Gesamtphosphor</b>	1985	20.335.000	3.250.000	23.585.000	-
<b>AOX</b>	1996	6.005.191	483.782	6.488.973	-
	1985	523.000	925.000	4.448.000	-
	1996	147.049	256.317	393.366	-
<b>Arsen</b>	1985	-	-	156	-
	1996	-	1.380	1.380	-
<b>Cadmium</b>	1985	2.460	1.775	4.235	-
	1996	395	203	598	3.631
<b>Chrom</b>	1985	222.600	220.400	443.000	-
	1996	8.011	13.442	21.453	38.250
<b>Kupfer</b>	1985	235.000	86.000	321.000	-
	1996	35.975	26.683	62.658	105.800
<b>Quecksilber</b>	1985	650	725	1.375	-
	1996	202	152	354	654
<b>Nickel</b>	1985	236.000	79.000	315.000	-
	1996	11.826	17.576	29.402	66.014
<b>Blei</b>	1985	126.000	82.400	208.400	-
	1996	27.248	15.593	42.841	101.669
<b>Zink</b>	1985	1.232.000	501.000	1.733.000	-
	1996	349.378	78.355	427.733	492.541
					<b>920.274</b>

<sup>18</sup> Bei den diffusen Einträgen sind auch die direkt in Gewässer eingetragenen diffusen Einträge mit eingerechnet, z. B. Antifoulings und Anoden.

**Elbe:**

Emissionszahlen für die Elbe werden von der IKSE veröffentlicht. Die Daten stammen ebenfalls aus der behördlichen Überwachung der Einleiter, in Einzelfällen wurden jedoch auch Genehmigungswerte weitergegeben. Im zuletzt veröffentlichten Bericht von 1998 werden für 1994 und 1997 die Gesamtfrachten der wesentlichen Einleiter sowie die wichtigsten Direkteinleiter, geordnet nach Branchen, aufgelistet (IKSE, 1998; s. Tabelle 4.1-4).

Tabelle 4.1-4: Eingeleitete Abwasserfrachten wesentlicher Einleiter im deutschen Elbebeinzugsgebiet in t/a (IKSE, 1998)

	1994	1997
	t/a	t/a
<b>Stickstoff</b>	4300	2400
<b>Phosphor</b>	108	76
<b>AOX</b>	364	200
<b>Arsen</b>	0,08	0,52 <sup>19</sup>
<b>Cadmium</b>	0,3	< 0,21
<b>Chrom</b>	6,77	0,15
<b>Kupfer</b>	1,96	0,82
<b>Quecksilber</b>	0,53	0,05
<b>Nickel</b>	7,15	0,62
<b>Blei</b>	0,98	0,7
<b>Zink</b>	160	17

**Donau:**

Im Rahmen eines EU-PHARE-Projektes wurde im Auftrag der IKSD ein Inventar der industriellen Direkteinleutungen erarbeitet (Haskoning, 1999). Dabei wurden jedoch nur die Parameter COD, BOD, N, P und AOX einbezogen. Die Daten werden einleiterbezogen aufgeführt, die Einleiter werden einzelnen Sektoren zugeordnet.

**Weser:**

Für die Weser liegen nur ältere Emissionszahlen für den Bereich der Unterweser bis 1993 vor (ARGE Weser, 1994). Genannt sind sowohl die Gesamtfrachten als auch die Frachten aller relevanten Direkteinleiter für die Parameter Stickstoff, Phosphor, AOX, Schwermetalle, etc. Diese Daten wurden jedoch auf Grund der fehlenden Aktualität i.d.R. nur zu Vergleichszwecken herangezogen. Eine neueliche Erhebung ist geplant, der Zeitpunkt derzeit aber noch unklar.

19 Die Erhöhung des Arsenwertes ist auf die zusätzliche Erfassung eines Direkteinleiters im Jahr 1997 zurückzuführen.

### **HELCOM:**

Im Rahmen des Helsinki-Übereinkommens zum Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebiets bestehen für Deutschland umfangreiche Berichtspflichten, die in einem dreijährigen Turnus anfallen (Böhm et al., 1996). Derzeit liegen die ersten Berichte für die Jahre 1997/1998/1999 vor. Neben allgemeinen Berichten zum Stand der Abwassertechnik wurden auch deutsche Berichte mit Angaben zu Abwassereinleitungen durch die Stahlindustrie (HELCOM 17/5), Lebensmittelindustrie (HELCOM 17/10), Textilindustrie (HELCOM16/10) und für die Glasindustrie (HELCOM 14/3) erstellt.

### **OSPAR:**

Auch für das Abkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks sind von Deutschland nationale Berichte zu erstellen, die inzwischen in einer eigenen Schriftenreihe des OSPARCOM Sekretariats zusammengefasst veröffentlicht werden. Im industriellen Bereich wurden Angaben zu Raffinerien (PARCOM, 1997a), zur Chloralkaliindustrie (PARCOM 1997b) und zur Titandioxid-Industrie (PARCOM 1998) herausgegeben.

### **INK:**

Für die Internationalen Nordseeschutzkonferenzen werden hoch aggregierte Daten zu Schwermetallemissionen der einzelnen Anliegerstaaten zusammengetragen (vergl. Tabelle 4.1-5). Im Umfeld der Nordseeschutzkonferenzen wurden für den World Wide Fund for Nature (WWF) von der Firma Ökopol ein Katalog der Einleiter der deutschen Nordseeküste (Neumann-Hensel et al., 1993) und ein Bericht zu den Stickstoffeinträgen in das Nordsee-Einzugsgebiet erstellt (Winteler, 1993).

Tabelle 4.1-5: Abschätzung der Emissionen in deutsche Flüsse, Ästuarien und Küstengewässer der Nordsee in [t/a] (BMU, 1998b)

	<b>Kommunen + Industrie</b>		<b>Diffuse Quellen</b>	
	<b>1985</b>	<b>1990/92</b>	<b>1995/96</b>	<b>1985</b>
Arsen	-	0,2	1,5	21
Cadmium	6,6	2,1	1,1	5,2
Chrom	526	93	32	95
Kupfer	418	128	28	96
Quecksilber	1,9	0,6	0,7	2
Nickel	416	108	38	98
Blei	264	87	54	183
Zink	2.499	737	528	686
+/-: keine Veränderung, -/-: Verringerung				

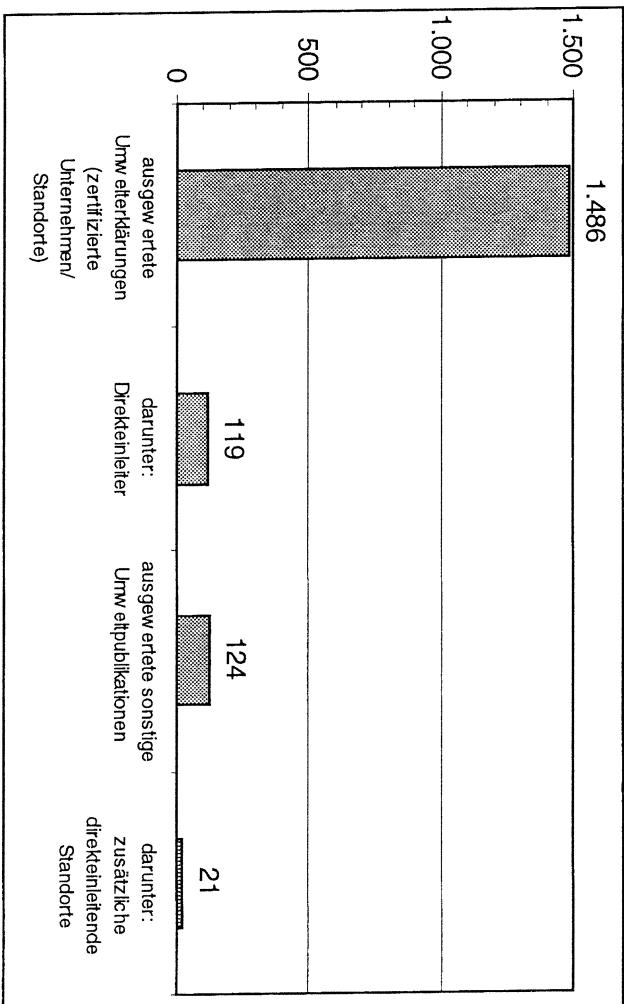
#### 4.1.2.3 Angaben zu Abwasseremissionen in Umwelterklärungen und Umweltberichten

Aus Umwelterklärungen und Umweltberichten von Unternehmen bzw. Unternehmensstandorten wurden ebenfalls die relevanten Emissionsdaten ausgewertet. Die Herkunft dieser Daten ist meistens unklar, wahrscheinlich stammen sie überwiegend aus der Eigenkontrolle der Einleiter. Soweit möglich wurden Daten des Jahres 1997 verwendet, teilweise waren jedoch nur Daten aus anderen Jahren verfügbar.

Insgesamt wurden ca. 1600 Umwelterklärungen und Umweltberichte ausgewertet. Darunter waren ungefähr 140 direkteinleitende Unternehmensstandorte, die in die Auswertungen einbezogen werden konnten (s. Abbildung 4.1-1). Allerdings waren die Angaben in diesen Berichten bzgl. der benötigten Daten (Frachtangaben zu den relevanten Parametern, Angabe ob Direkt- oder Indirekteinleiter, Flussgebiet bzw. Vorfluter, Branchenzugehörigkeit) sehr unvollständig, in fast allen Fällen mussten fehlende Daten nachgefragt werden. In den meisten Fällen konnten dadurch die Angaben zumindest soweit vervollständigt werden, dass sie bei den Auswertungen berücksichtigt werden konnten.

Zusätzlich zu den Auswertungen der eingeleiteten Abwasserfrachten einzelner Betriebe konnten die Angaben in den Firmenpublikationen auch hinsichtlich der typischen Abwasserkonzentrationen für verschiedene Branchen verwendet werden. Bei diesen Auswertungen wurden dann auch die Angaben von Indirekteinleitern mit berücksichtigt.

Abbildung 4.1-1: Ausgewertete Umwelterklärungen sowie sonstige Umweltpublikationen von Unternehmen



#### 4.1.2.4 Sonstige Datenquellen

Im Folgenden werden verschiedene zusätzliche Datenquellen beschrieben, die ausgewertet und zumindest teilweise in die Berechnungen einbezogen wurden:

- Im Rahmen eines weiteren, parallel laufenden Forschungsvorhabens (Schönberger, 2000) wurden sehr systematisch Daten zu den Emissionen der Textilveredlungsindustrie ermittelt, die hier verwendet werden konnten. Diese Daten beinhalteten i.d.R. die Ergebnisse der Einzelanalysen aus der behördlichen Überwachung von mehreren Jahren ergänzt um Angaben zur durchschnittlichen täglichen Abwassermenge. Ausgehend von 228 Arbeitstagen wurden diese Angaben zu Jahresfrachten hochgerechnet (im allgemeinen wurden dazu die Daten von 1996 bis 1998 eingesetzt).
- Vom Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes das Forschungsvorhaben „Emissionsinventar deutsches Ostsee-Einzugsgebiet“ durchgeführt (Gluschke, 1999). In diesem Vorhaben wurden die punktförmigen Schadstoffeinträge in die Oberflächengewässer über Abwasseruntersuchungen sowie ergänzende Datenrecherchen bei den Überwachungsbehörden erfasst. Einbezogen wurden dabei Schwermetalle, AOX sowie verschiedene Pestizide und organische Spurenenschadstoffe. Die N- und P-Frachten wurden über die dokumentierten Abwassermengen und die Durchschnittskonzentrationen in den jeweiligen Branchen (siehe unten) berechnet. Da in dem Forschungsbericht die Einzelanalysen-Werte angegeben sind, konnten aus diesen die Frachten nach der in 4.1.1 genannten Vorgehensweise ausgewertet werden (vgl. Pkt.1: Umgang mit Werten unter der Bestimmungsgrenze).
- Aufgabe eines im Auftrag des Umweltbundesamtes an der Universität Hannover bis 1998 laufenden Vorhabens war es, „Branchenbezogene Inventare zu Stickstoff- und Phosphoremissionen in die Gewässer“ zu erstellen (Rosenwinkel/Hippen, 1998). Die Datensammlung blieb noch sehr unvollständig, so dass die Ergebnisse nur eine erste Abschätzung darstellen konnten. Die Gesamtergebnisse wurden nach Abschluss des Vorhabens nochmals vom Umweltbundesamt aktualisiert (s. Tabelle 4.1-6). Die gesammelten Einzeldaten wurden mit den Daten aus den sonstigen Quellen abgeglichen und teilweise einbezogen. Diese Daten stammen überwiegend aus den Jahren 1993 bis 1996.
- Die Daten von Rosenwinkel/Hippen (1998) zu Stickstoff und Phosphor waren Grundlage der Abschätzungen zu den industriellen Direkteinleitungen im Rahmen des Projektes „Nährstoffbilanzierung der Flusssgebiete Deutschlands“ (Behrendt et al., 1999). In geringem Umfang wurden dazu die Zahlen ergänzt bzw. korrigiert. In Tabelle 4.1-7 sind die Ergebnisse dieses Projektes zu den industriellen Einleitungen sowie zu den zusätzlich erarbeiteten kommunalen und diffusen Emissionen zusammengefasst (Bezugszeitraum 1993 bis 1997).

- Statistisches Bundesamt: Nach dem Umweltstatistikgesetz (UStatG, 1994) werden von den statistischen Ämtern abwasserrelevante Daten erhoben. Die letzte Erhebung fand für das Jahr 1998 statt, deren Daten für den Bereich „Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe“ werden allerdings erst 2001 veröffentlicht. Vorläufige Zahlen sind Ende 2000 zu erwarten. Entsprechend dem Fragebogeninhalt wurden als Wasserinhaltsstoffe für 1998 nur noch CSB und AOX erhoben, obwohl laut UStatG ursprünglich alle Schadstoffe nach dem AbwAG (d. h. auch P, N, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb) erhoben werden sollten. Für 1995 wurden die direkt abgeleiteten Abwassermengen in Abhängigkeit vom Flussgebiet für die einzelnen Branchen vom Statistischen Bundesamt gesondert ausgewertet und für das Vorhaben zur Verfügung gestellt. Mit den Daten der Abwassermengen wurden die Frachten der Papierindustrie über durchschnittliche branchenspezifische Konzentrationen berechnet.
- VCI: Die Chemische Industrie berichtet seit 1996 jährlich im Rahmen der Initiative „Responsible Care“ über ihre Abwasserfrachten. Diese Aktion wurde von der CEFIC (European Chemical Industry Council), dem Dachverband der europäischen Chemieindustrie, im Juni 1993 mit der Verabschiedung der CEFIC Leitlinien zur Umweltberichterstattung initiiert. Für den letzten erschienenen Bericht 1999 stellten über 800 Werke der Mitgliedsunternehmen (zu denen auch Betriebe der Nichteisenmetallerzeugung, Erdölverarbeitung u.a. gehören) ihre Zahlen zur Verfügung (VCI, 1999). Es werden nur die Gesamtfrachten berichtet (vergl. Tabelle 4.1-8), eine Aufteilung der Werte z. B. in Flussgebiete ist nicht möglich. Daher waren diese Werte nur für Überprüfung von Summenangaben nutzbar. Im Rahmen der Vereinbarung des VCI mit dem Hafen Rotterdam werden die Direkteinleitungen der Chemischen Industrie in den Rhein nach Rotterdam berichtet (VCI, 2000).

Tabelle 4.1-8: Angaben zu Abwasseremissionen der Chemischen Industrie

	Deutschland (VCI, 1999)				Rhein (VCI, 2000)		
	1995	1996	1997	1998	1996	1998	1999
<b>Stickstoff [1.000 t]</b>	13,4	12,7	11,8	11,2			
<b>Phosphor [t]</b>	537	393	339	310			
<b>AOX [t]</b>	479	341	304	256	230	210	180
<b>Arsen [t]</b>	1,8	1,8	2,0	2,1	1,8	2,0	1,8
<b>Cadmium [kg]</b>	450	427	340	317	350	250	230
<b>Chrom [t]</b>	21	17	22	19	15	13	14
<b>Kupfer [t]</b>	28	31	28	24	25	20	20
<b>Quecksilber [kg]</b>	294	223	222	192	150	130	120
<b>Nickel [t]</b>	24	21	22	22	20	18	15
<b>Blei [t]</b>	19	15	13	16	15	14	11
<b>Zink [t]</b>	123	117	116	112	100	80	75

Tabelle 4.1-6: Flussgebietsbezogene Stickstoff- und Phosphoremissionen industrieller direkteinleitender Branchen  
(in t/a; nach N.N., 1998)

Branchen	Donau		Rhein		Ems		Weser		Elbe		Oder		Nordseeküste		Ostseeküste		Deutschland	
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Lebensmittel	k. A.	k. A.	296,1	15,8	22,5	7,4	98,8	8,2	8,0	4,8	41,5	0,1	85,7	23,6	51,7	3,7	<b>604,4</b>	<b>63,6</b>
Tierkörper	k. A.	k. A.	20,0	0,3	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	<b>20,0</b>	<b>0,3</b>	
Chemie <sup>1)</sup>	k. A.	k. A.	10.306,2	383,4	19,6	1,0	123,9	1,3	4.861,2	177,9	k. A.	k. A.	132,8	4,2	k. A.	k. A.	<b>15.443,7</b>	<b>567,8</b>
Papier/Zellstoff	k. A.	k. A.	483,7	75,2	120,9	5,3	12,2	4,9	82,1	31,2	205,0	10,4	8,1	2,3	k. A.	k. A.	<b>912,0</b>	<b>129,3</b>
Düngemittel <sup>1)</sup>	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	9,9	1,1	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	1,9	0,1	<b>11,8</b>	<b>1,2</b>	
Eisen/Stahl	k. A.	k. A.	312,2	4,8	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	360,0	3,0	k. A.	k. A.	k. a.	k. A.	k. A.	k. A.	<b>672,0</b>	<b>7,8</b>
Sonstiges	k. A.	k. A.	950,0	45,2	137,0	4,6	984,6	34,8	53,3	2,2	837,9	33,8	136,9	3,5	k. A.	k. A.	<b>3.100,1</b>	<b>124,1</b>
keine Angaben	k. A.	k. A.	921,9	69,7	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	2,3	0,2	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	<b>924,2</b>	<b>69,9</b>
Gesamt, erhoben (1993/1995)	2.000	150	13.290,5	594,4	300,0	18,3	1.229,0	50,3	5.366,9	219,3	1.084,4	44,3	363,5	33,6	53,6	3,8	<b>23.688,2</b>	<b>1.114,0</b>
<b>Gesamt, geschätzt (1996)</b>	<b>2.000</b>	<b>150</b>	<b>18.500</b>	<b>590</b>	<b>300</b>	<b>20</b>	<b>1.300</b>	<b>55</b>	<b>5.400</b>	<b>200</b>	<b>1.100</b>	<b>50</b>	<b>400</b>	<b>35</b>	<b>60</b>	<b>5</b>	<b>29.000</b>	<b>1.105</b>

1) Eine Differenzierung der Einleiterdaten nach Düngemittel und Chemischer Industrie war nicht in jedem Fall möglich.

Tabelle 4.1-7: Stickstoff- und Phosphoremissionen in Deutschland nach Behrendt et al. (1999) in t/a; Bezugszeitraum: 1993 – 1997

	Donau		Rhein		Ems		Weser		Elbe		Oder		Nordseeküste		Ostseeküste		Deutschland	
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
industrielle Direkteinl.	1.270	100	13.740	590	300	18	1.320	50	9.000	160	1.080	44	720	280	50	4	<b>27.490</b>	<b>1.250</b>
kommunale Kläranl.	24.420	1.410	98.010	4.990	4.970	240	17.050	1.070	32.320	2.380	1.560	170	20.840	840	5.760	260	<b>204.860</b>	<b>11.350</b>
diffuse Emissionen	105.610	3.790	165.970	6.460	28.000	1.040	66.690	2.690	106.290	4.620	3.800	190	77.000	4.880	32.600	950	<b>586.280</b>	<b>24.640</b>
<b>Gesamt</b>	<b>131.300</b>	<b>5.300</b>	<b>277.720</b>	<b>12.040</b>	<b>33.270</b>	<b>1.300</b>	<b>85.050</b>	<b>3.810</b>	<b>147.520</b>	<b>7.160</b>	<b>6.440</b>	<b>410</b>	<b>98.560</b>	<b>6.000</b>	<b>38.410</b>	<b>1.220</b>	<b>818.630</b>	<b>37.250</b>

- VDEh: Auch der Verband Deutscher Hüttenleute erhebt Schwermetallemissionswerte bei seinen Mitgliedsunternehmen: 1998 wurden 1.065 kg Blei, 8.910 kg Zink, 5 kg Cadmium, 514 kg Kupfer und 970 kg Chrom emittiert. Ziel einer freiwilligen Kooperation mit Rotterdam ist es, die für den Hafen Rotterdam problematischen Stoffe gezielt weiter zu reduzieren (Ameling, 2000).

## 4.2 Einleitungen kommunaler Kläranlagen

Für kommunale Kläranlagen bestehen entsprechend den Anforderungen des Anhangs 1 der AbwV Anforderungen für die Parameter BSB<sub>5</sub>, CSB und je nach Anhanggröße für NH<sub>4</sub>-N, N<sub>ges</sub> und P<sub>ges</sub>. Da für Schwermetalle und AOX im Allgemeinen keine Beschränkungen gelten, lagen für diese Stoffe bislang keine detaillierten Abschätzungen der emittierten Frachten weder bei den Bundesländern noch im Rahmen anderer Forschungsvorhaben vor. Für diese Parameter mussten deshalb eigene Datenerhebungen und Frachtabsschätzungen durchgeführt werden. Bei Stickstoff und Phosphor konnte dagegen auf die Arbeiten von Behrendt et al. (1999) zurückgegriffen werden.

Da über die Statistik des Statistischen Bundesamtes Zahlen zu den in die Gewässer eingeleiteten Abwassermengen aus kommunalen Kläranlagen flussgebietsspezifisch vorliegen, ist es grundsätzlich möglich, über die durchschnittlichen Konzentrationen im gereinigten Abwasser die emittierten Frachten zu berechnen. Dazu wurden die verfügbaren Angaben zu den durchschnittlichen Abwasserkonzentrationen zusammengetragen und ausgewertet.

### 4.2.1 Schwermetalleinträge kommunaler Kläranlagen

Die Schwermetalleinträge aus kommunalen Kläranlagen wurden auf der Basis einer bundesweiten Recherche von Schwermetallablaufkonzentrationen ermittelt. Umfang und Güte der recherchierten Datensätze variieren sehr stark. Insbesondere die teilweise große Schwankungsbreite der angegebenen Bestimmungsgrenzen (BG) für die einzelnen Metalle kann erhebliche Unsicherheiten bei der Frachtberechnung verursachen, da Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze mit dem halben Wert der Bestimmungsgrenze in die Frachtberechnungen eingehen. In einem mehrstufigen Ausleseverfahren (s. Böhm et al., 2000) wurden daher unplausible Daten eliminiert und die Qualität der Eingangsdaten sichergestellt. Auf Basis der verbleibenden Datensätze (i.d.R. 5.000-10.000 Einzelwerte pro Metall) wurden daraufhin mittlere Ablaufkonzentrationen auf Ebene der Bundesländer berechnet. Aus den für die Bundesländer berechneten Ablaufkonzentrationen wurden anschließend repräsentative Ablaufkonzentrationen für die großen Flussgebiete ermittelt. Eine Gewichtung

wurde hierbei über die Einwohnerwertanteile<sup>20</sup> eines Bundeslandes am jeweiligen Flussgebiet vorgenommen.

Die mittleren Ablaufkonzentrationen für die Flussgebiete dienten schließlich zur Ableitung der einwohnerspezifischen Emissionsfaktoren [g/E-a] nach folgendem Ansatz:

$$E_{fak} = \frac{C_{KA} \cdot Q_{KA}}{E_{KA}}$$

$E_{fak}$  = Emissionsfaktor [g/E-a]

$C_{KA}$  = Ablaufkonzentration [ $\mu\text{g/l}$ ]

$Q_{KA}$  = Abwassermenge [ $1000 \text{ m}^3/\text{a}$ ]

$E_{KA}$  = angeschlossene Einwohner [-]

Die hierzu erforderlichen Informationen zu den angeschlossenen Einwohnern und Abwassermengen für die Flussgebiete wurden den Angaben des Statistischen Bundesamtes (StaBu, 1998a) entnommen. Die berechneten Emissionsfaktoren sind in Tabelle 4.2-1 aufgelistet. In diesen Emissionsfaktoren sind die industriellen Indirekteinleiter mitberücksichtigt (vgl. Böhm et al., 2000). Die Frachten aus dem Eintragspfad Kläranlage ergeben sich durch Multiplikation der einwohnerspezifischen Emissionsfaktoren mit der an Kläranlagen angeschlossenen Einwohnerzahl.

Tabelle 4.2-1: Einwohnerspezifische Emissionsfaktoren [g/E-a] für den Eintragspfad kommunale Kläranlagen

[g/E-a]	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Donau	0,03	0,68	2,09	0,02	0,95	0,68	14,30
Rhein	0,05	0,81	2,04	0,04	1,49	0,58	10,48
Ems	0,03	0,40	0,96	0,04	0,85	0,33	6,45
Weser	0,03	0,47	1,09	0,05	0,85	0,33	6,65
Elbe	0,05	0,64	1,28	0,03	0,94	0,52	7,58
Oder	0,05	0,45	0,96	0,01	0,79	0,39	4,81
Küstengebiet Nordsee	0,02	0,34	1,37	0,04	0,71	0,31	7,77
Küstengebiet Ostsee	0,04	0,21	1,40	0,01	0,57	0,55	5,69

## 4.2.2 AOX-Emissionen kommunaler Kläranlagen

Zur AOX-Belastung kommunaler Abwässer liegen nur wenige neuere Untersuchungen vor. Die Belastungen stammen zum einen aus dem Haushaltsbereich (z.B.

<sup>20</sup> Die Einwohnerwertanteile der Bundesländer an den Flussgebieten wurden freundlicherweise von Herrn Schmoll (IGB, Berlin) zur Verfügung gestellt.

Elutionen aus papierhaltigen Feststoffen, Ausscheidungsprodukte, Trinkwasseraufbereitung; vgl. Dierschke, 1995; Hagendorf, 1992; Welker/Schmitt, 1997), zum anderen aus industriellen und gewerblichen Einleitungen in die Kanalisation (Industrieleinleiter). Nach Schulz (1998) ist die Herkunft eines großen Teils der AOX-Belastung von häuslichem Abwasser allerdings noch ungeklärt (s. Abbildung 4.2-1). Von Koppe/Stozek (1993) werden Ergebnisse statistischer Auswertungen zu den AOX-Konzentrationen in den Abläufen der Kläranlagen des Ruhrverbandes dargestellt, nach denen der Medianwert im Jahr 1988 bei 45 µg/l lag (s. Abbildung 4.2-2). Die Ergebnisse zeigten eine gute Übereinstimmung mit Ergebnissen der HOV-Studie (Ballschmiter et al., 1987), die in Abbildung 4.2-2 zusätzlich dargestellt sind. Außerdem stimmen diese Ergebnisse gut mit anderen Angaben aus diesem Zeitraum überein, nach denen die mittlere Belastung des Zuflusses kommunaler Kläranlagen bei rund 100 µg/l bzw. zwischen 50 bis 150 µg/l liegt (Hagendorf, 1987; ATV-Fachausschusses 2.3, 1987)<sup>21</sup>, wenn eine Eliminationsrate in einer mechanisch-biologischen Kläranlage von etwa 40 bis 70 % (Schulz, 1998) berücksichtigt wird<sup>22</sup>.

Um der Abschätzung der AOX-Emissionen aus kommunalen Kläranlagen aktuelle Daten zu Grunde legen zu können, wurde entsprechendes Zahlenmaterial aufgearbeitet. Dabei konnte zum einen auf Daten zurückgegriffen werden, die beim Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe im Rahmen der Recherchen zu den Schwermetallkonzentrationen im kommunalen Abwasser mit erhoben wurden (Böhm et al., 2000). Zusätzlich konnten noch Daten aus anderen Quellen einbezogen werden (Daten aus verschiedenen Bundesländern; Gluschke, 1999). Der Bezugszeitraum der Daten lag zwischen 1994 und 1998. Für eine flussgebietbezogene Auswertung war allerdings die Datennmenge zu klein. Die Ergebnisse der statistischen Auswertungen sind in Abbildung 4.2-3 dargestellt. Danach ergibt sich ein Medianwert von 43 µg/l, bzw. ein Mittelwert von 65 µg/l, d.h. dass sich die durchschnittlichen AOX-Ablaufkonzentrationen im Vergleich zu den älteren Literaturangaben nur unwesentlich verringert haben.

Eine Auswertung der von einzelnen statistischen Landesämtern (Brandenburg, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Sachsen) für 1995 veröffentlichten aggregierten Angaben zu AOX-Konzentrationen im Ablauf kommunaler Kläranlagen ergab einen Mittelwert von 80 µg/l, der allerdings überwiegend durch hohe Konzentrationsangaben für Brandenburg bestimmt wird (Mittelwert ohne Brandenburg: 52 µg/l). Nach den Zusatzauswertungen des Statistischen Bundesamtes zur Abwasserschädlichkeit (StaBu, 1998c) ergibt sich für Gesamtdeutschland dagegen eine durchschnittliche AOX-Konzentration im Ablauf der kommunalen Kläranlagen von 42 µg/l und damit eine sehr gute Übereinstimmung mit den eigenen Ergebnissen.

---

21 Bei Zufluss gewerblicher und industrieller Einleiter können bis zu 500 µg/l erreicht werden.

22 Der Anteil des mikrobiellen Abbaus spielt dabei allerdings eine eher untergeordnete Rolle.

Abbildung 4.2-1: Bisher untersuchte AOX-Quellen im häuslichen Abwasser  
(Schulz, 1998)

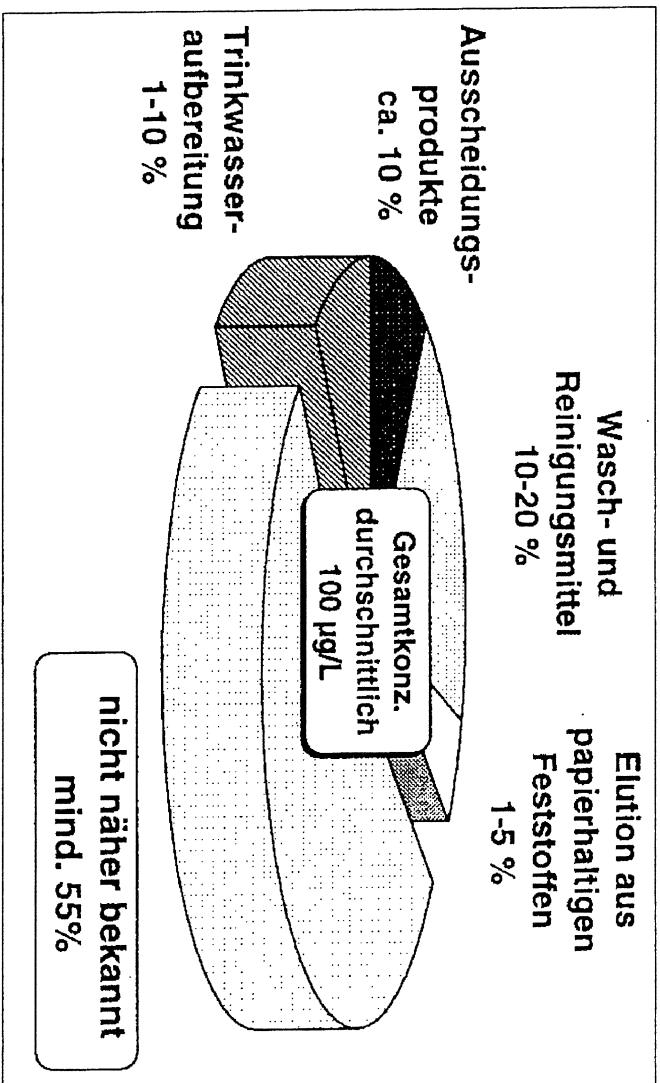


Abbildung 4.2-2: Häufigkeitssumme der AOX-Konzentrationen in Kläranlagen- abläufen des Ruhrverbandes (RV) sowie nach Angaben der HOV-Studie (Koppe/Stozek, 1998)

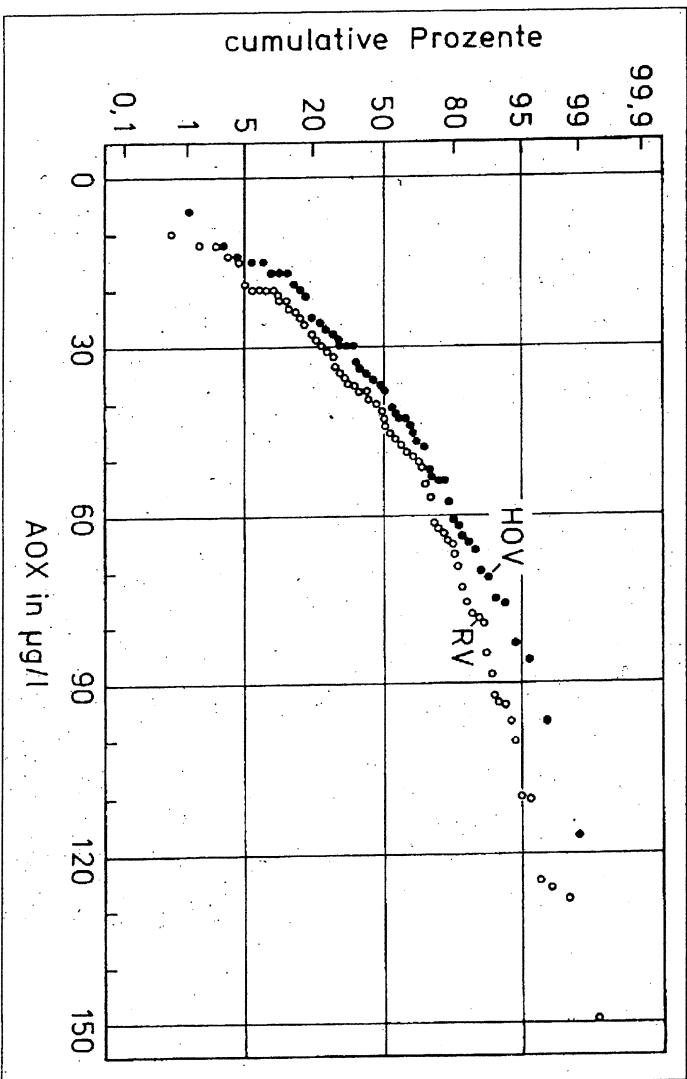
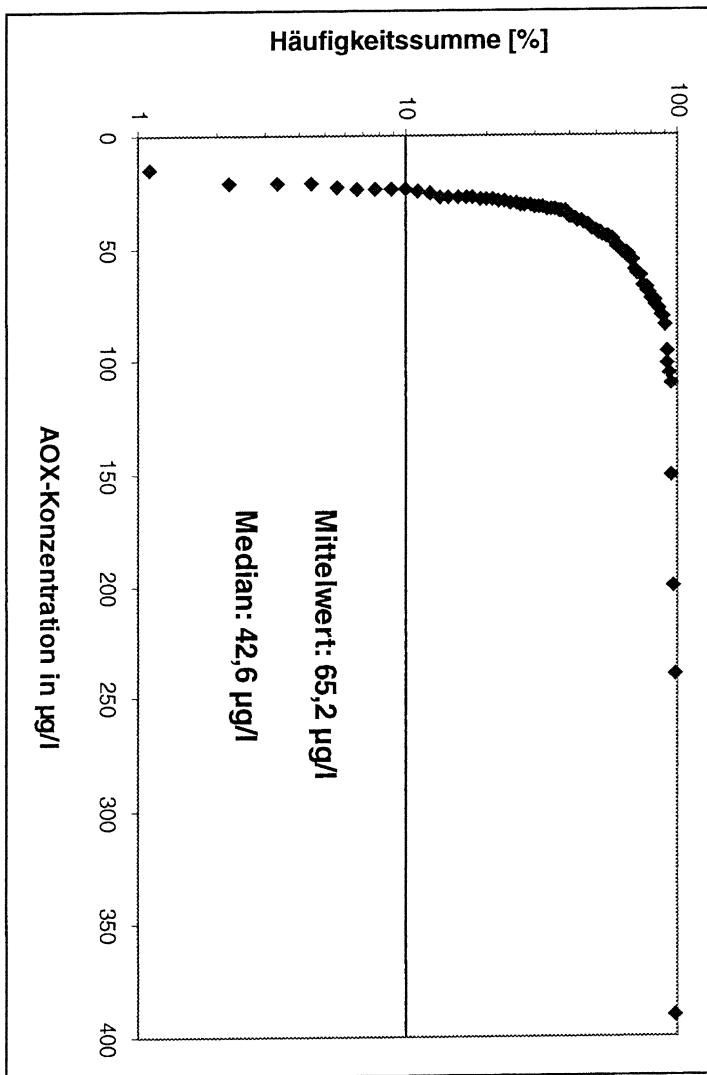


Abbildung 4.2-3: Statistische Auswertung der erhobenen Daten zu den AOX-Konzentrationen im Ablauf kommunaler Kläranlagen  
(Bezugszeitraum der Daten: 1994 - 1998)



Grundlage der Ergebnisse des Statistischen Bundesamtes waren Angaben von 18 % der kommunalen Kläranlagen in Deutschland, in denen 51 % der Abwassermenge in Deutschland behandelt wird. Für die Berechnungen der AOX-Frachten aus kommunalen Kläranlagen wurde der Wert von 43 µg/l verwendet.

#### 4.2.3 Nährstoffemissionen kommunaler Kläranlagen

Wie oben erwähnt wurden von Behrendt et al. (1999) die N- und P-Frachten der kommunalen Kläranlagen in Deutschland detailliert abgeschätzt. Dazu wurden sowohl möglich für die in unterschiedlichen Quellen (z.B. ATV, Bundesländer, Flussgebietskommissionen) aufgelisteten kommunalen Kläranlagen ein Basisdatensatz erzeugt, mit Angaben u.a. zu den angeschlossenen bzw. behandelten Einwohnerwerten und der behandelten Jahresabwassermenge. Dieser Datensatz basiert auf der Ausbaugröße der Anlagen und wurde – soweit keine näheren anlagenspezifischen Daten vorlagen – anhand mittlerer Werte für den Auslastungsgrad sowie für die Aufteilung zwischen Einwohner und Einwohnerwerten und über die spezifischen Abwassermengen in den einzelnen Bilanzgebieten nach der Statistik des Statistischen Bundesamtes (1998a) berechnet. Insgesamt wurden 8.189 Anlagen mit einer Gesamtausbaugröße von 154 Mio. EW erfasst. Dies entspricht ungefähr 80 % aller nach der Statistik des Statistischen Bundesamtes vorhandenen Anlagen bzw. knapp

100 % der vorhandenen Ausbaugröße. Soweit keine direkten Angaben zu den N- und P-Emissionen der Anlagen vorlagen, wurden anschließend entsprechend den verfügbaren Daten die Nährstoffemissionen

- (1) über mittlere Ablaufkonzentrationen,
- (2) über eine Rückrechnung aus der ATV-Belastungsstufe auf die Ablaufkonzentrationen und
- (3) über spezifische Emissionen und durchschnittliche Eliminationsleistungen der verschiedenen Reinigungsverfahren

berechnet. Aus den verschiedenen Ergebnissen wurden dann die arithmetischen Mittelwerte in die Berechnungen einbezogen (zu weiteren Einzelheiten s. Behrendt et al., 1999; Kap. 3.1.1.1). Die Gesamtergebnisse für Deutschland sind in Tabelle 4.1-4 enthalten.

### 4.3 Datenerfassung und -verwaltung mit dem Programmsystem UDIS-A

Im Rahmen eines parallelens Forschungsvorhabens wurde vom Institut für wassergefährdende Stoffe, Berlin, und der RISA GmbH, Berlin, der Prototyp eines Datenerfassungswerkzeuges zum Aufbau eines Emissionsinventars Deutschland erstellt und vom Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (Fh-IST) erstmalig eingesetzt.

Da zur Aufstellung von Emissionsinventaren in Deutschland bei weitem noch nicht alle Eingangsinformationen vorliegen, sollte das erstellte Programmsystem UDIS-A offen zur Eingabe für alle verfügbaren Informationsquellen sein, wie z. B. Umweltberichte, diffuse Abwassereinleitungen u.a. Der Name UDIS-A leitet sich vom Programmsystem UDIS (Umweltdateninformationssystem) ab, welches im Auftrag des Umweltbundesamtes für die Bundesländer als Fachinformationssystem zur Verwaltung von Abwassereinleiterdaten entwickelt wurde (Heidemeyer et al., 1996).

Alle in UDIS-A erfassten Datenbestände müssen auf Plausibilität und Konsistenz geprüft, ggf. korrigiert und ergänzt und in einer für die endgültige Erstellung der Emissionsinventare leicht zugriffsfähigen Form gespeichert werden.

#### Softwarekonzept

Das Softwarekonzept sieht ein dezentrales Erfassungswerkzeug und eine zentrale Datenbankanwendung mit dem Schwerpunkt auf der Prüfungs- und Auswertungsseite vor. Die Schnittstelle zwischen beiden Anwendungen ist ein offenes und flexibel erweiterbares Austauschformat, das objektorientiert ist und als Basis den

ISO8859-1 Zeichensatz (Westeuropa) verwendet. Dieses Format wird auch vom Programmsystem UDIS unterstützt.

### **Dezentrale Erfassungssoftware**

Das dezentrale Erfassungsprogramm ist eine Windows-basierte Access-Anwendung die zur Zeit Access 2.0, 97 und 2000 unterstützt. Bei der Entwicklung wurde besonderer Wert auf eine leichte Konfigurierbarkeit gelegt, um Änderungen oder Erweiterungen der Datenstruktur mit geringem Aufwand durchführen zu können. Es ist seit 1997 probeweise beim Fh-ISI im Einsatz. Für eine detaillierte Beschreibung der Funktionalität und der Oberfläche wird auf das 'Handbuch zum Programm UDIS-A/dezentral' verwiesen (UDIS-A, 2000).

### **Zentrales Auswertungssystem**

Die detaillierte Beschreibung der Software ist im 'Handbuch zum Programm UDIS-A/zentral' niedergelegt. An dieser Stelle sollen die wesentlichen Designmerkmale sowie die Datenstruktur erläutert werden.

### **Versionen- und Seitenkonzept**

Die Handhabung der Daten wird durch das objektorientierte und lange bewährte Versionen- und Seitenkonzept der Firma RISA mit einer grafischen Benutzeroberfläche sicher und einfach gestaltet. Dabei enthält eine Version einen vollständigen und in sich abgeschlossenen Satz Daten, der zu Sicherungszwecken archiviert oder kopiert (oder gelöscht) werden kann. So können Datenmanipulationen auf einer Kopie ausgeführt werden, wobei die volle Funktionalität aller Softwaremodule vorhanden ist. Das Seitenkonzept unterteilt sowohl den Datenbestand als auch die Softwaremodule zu ihrer Handhabung durch die Einführung sogenannter Seitentypen. Im diesem Fall ist z.B. ein Seitentyp ‚Quellen‘ und ein weiterer Seitentyp ist ‚Meldungen‘. Daneben gibt es einen Seitentyp zur Durchführung von Plausibilitätschecks und einen zur Erstellung von Abfragen (Reports). Durch die Seitentypen wird die Strukturierung von Daten und Software erreicht, die Handhabung erheblich vereinfacht und übersichtlicher gestaltet; sie stellen also einen Objekttyp im Sinne der Objektorientierung dar. Der Benutzer kann sich die Zusammenhänge (Relationen) zwischen den Objekten anzeigen lassen und erhält somit eine weitere effektive Funktionalität zur übersichtlichen Handhabung der Daten.

Die Konsistenz der Daten ist jederzeit gewährleistet. Es gibt keine Meldungen ohne Quellen etc., da bei allen Operationen die abhängigen Objekte mit berücksichtigt werden.

### **Architektur**

Die ‚Architektur‘ der Software ist eine Client-Server-Lösung, die neben der Entlastung des Datenbankservers von Benutzeroberfläche und Anwendungssoftware

auch den Vorteil bietet, dass mehrere Benutzer (Clients) gleichzeitig auf dem aktuellen Datenbestand arbeiten können.

Da von vornherein damit gerechnet werden musste, dass sich die Datenstruktur kontinuierlich ändert bzw. erweitert werden muss (z. B. um diffuse Einleitungspfade), wird für die interne Administration der Daten ein eigens dafür entwickeltes Konzept, die ‚Data Dictionaries‘, verwendet.

#### **Flexibilität durch Data Dictionaries**

Dieses Konzept wurde von der Firma RISA zunächst im Rahmen eines Forschungsauftrages für das Umweltbundesamt entwickelt und ist für zwei kommerzielle Projekte erweitert und erfolgreich eingesetzt worden. Es ermöglicht durch eine standardisierte Ablage der Datenstruktur eine besonders einfache und flexible Änderung der Software, da die Softwaremodule sich mit den Informationen aus den ‚Data Dictionaries‘ selbst konfigurieren. Die oben erwähnte Archivierungsmöglichkeit der Datenbestände muss z. B. nicht umprogrammiert werden, wenn neue Seitentypen hinzukommen. Weiterhin können archivierte Datenbestände direkt (auf Knopfdruck) auch in geänderte Datenstrukturen zurückgelesen werden. Der Aufwand, die ‚Data Dictionaries‘ nachzuführen, ist in jedem Fall geringer als ein zusätzlicher Programmieraufwand. Weiterhin stellen sie eine exzellente Dokumentation dar, was die Wartung der Software, insbesondere nach einigen Jahren, erheblich vereinfacht.

#### **Portabilität der Oberfläche und des Programmsystems**

Da die am Markt befindlichen Computerbetriebssysteme, insbesondere die der Firma Microsoft, einem ständigen Wandel unterliegen und bereits heute allein fünf verschiedene Windows-Betriebssysteme gleichzeitig im Einsatz sind, wurde bei der Entwicklung von UDIS-A besonders auf die Portabilität und damit auf die Zukunftssicherheit geachtet.

UDIS-A ist mit der Programmiersprache Tcl/Tk realisiert, die sich seit vielen Jahren bei den Programmiersprachen etabliert hat und weiterhin steigende Verwendung findet. Der Vorteil von Tcl/Tk liegt in seiner Kompatibilität zu allen Windows-Betriebssystemen ab Windows 3.1, zu Macintosh-Betriebssystemen sowie nahezu allen UNIX-Betriebssystemen. Das bedeutet, dass mit Tcl/Tk sehr leicht Software erstellt werden kann, die unter allen diesen Umgebungen ohne Änderungen lauffähig ist. (Die bisher von RISA entwickelten Applikationen laufen ohne Änderung unter UNIX, Windows95, 98, NT und 2000). Tcl/Tk führt dabei dankenswerter Weise nicht zu gravierenden Performanceverlusten, wie dies bei Java der Fall ist. Es ist weiterhin für extrem rechenintensive Vorgänge sehr einfach möglich, in C programmierte Module anzubinden, was für UDIS-A jedoch nicht erforderlich war.

### Portabilität bezüglich der Datenbank

Ein weiterer Vorteil von Tcl/Tk ist, dass es einen sehr vollständigen Satz von Datenbankschnittstellen besitzt (Informix, Oracle, Adabas, Ingres, alle ODBC fähigen Windows-Datenbanken wie Access2.0, Access97/2000, Delphi und noch ein Dutzend weitere UNIX- und Windows-Datenbanken wären zu nennen).

Um eine möglichst leichte Portabilität zwischen den Datenbanksystemen zu ermöglichen, enthält UDIS-A eine sogenannte „Datenbankabstraktionssschicht“ (DAS). Das heißt, dass alle datenbankspezifischen Kommandos in einem Modul zusammengefasst werden, so dass der gesamte restliche Programmcode keiner Änderung bedarf, wenn die Datenbank gewechselt werden soll. Die bereits heute von RISA verwendete „DAS“ beherrscht den Zugriff auf Informix, Access2.0/97/2000 und wird für UDIS-A für Oracle8/8i ausgerüstet. Der Oracle Datenbankserver wird zunächst auf einem LINUX-PC betrieben, ein Umstieg auf den zentralen Oracleserver des Umweltbundesamtes ist jedoch jederzeit möglich.

### Schnittstellen

UDIS-A verfügt mit dem Abfragewerkzeug und dem dazugehörigen Reporttool über frei konfigurierbare Schnittstellen zu Excel, zu SPSS sowie über Exportfilter im HTML- und Postskript-Format und kann seine Inhalte damit in nahezu allen denkbaren Formen anderen Anwendungen zur Verfügung stellen. Die Anbindung an ein geographisches Informationssystem (GIS) ist beispielsweise über den Excel-Export realisiert. Damit kann die Information über den Emissionszustand in den zugehörigen geographischen Kontext gestellt werden. Beispielsweise sind nicht nur die Lageinformationen darstellbar, sondern es kann auch qualitative Information über die Farbe und die Form (Quadrat, Kreis, Dreieck etc.) und quantitative Information über die Größe der Emissionen vermittelt werden.

Der Export als HTML- oder Postskript-Datei ermöglicht die Darstellung von Inhalten im Internet sowie die Verbreitung der Ergebnisse auf CD, da HTML-Dokumente mit jedem Internetbrowser (Microsoft Internet Explorer, Netscape Communicator etc.) betrachtet werden können.

### Datenstruktur

UDIS-A kennt die Seitentypen (Objekttypen) Quellen, Meldungen, Prüfungen und Abfragen (vgl. Abbildung 4.3-1).

Der Seitentyp Quellen nimmt die Information zur Beschreibung der Datenquellen (Titel, Erscheinungsjahr, Verlag, ISBN, Autor etc.) auf und verweist auf den Seitentyp Meldungen.

Der Seitentyp Meldungen nimmt die Informationen zur Emissionsmeldung (Name, Typ der Meldung, Bearbeiter, Bearbeitungsdatum, Prüfungsdatum etc.) auf und besitzt 23 Unterobjekttypen die den Kategorien

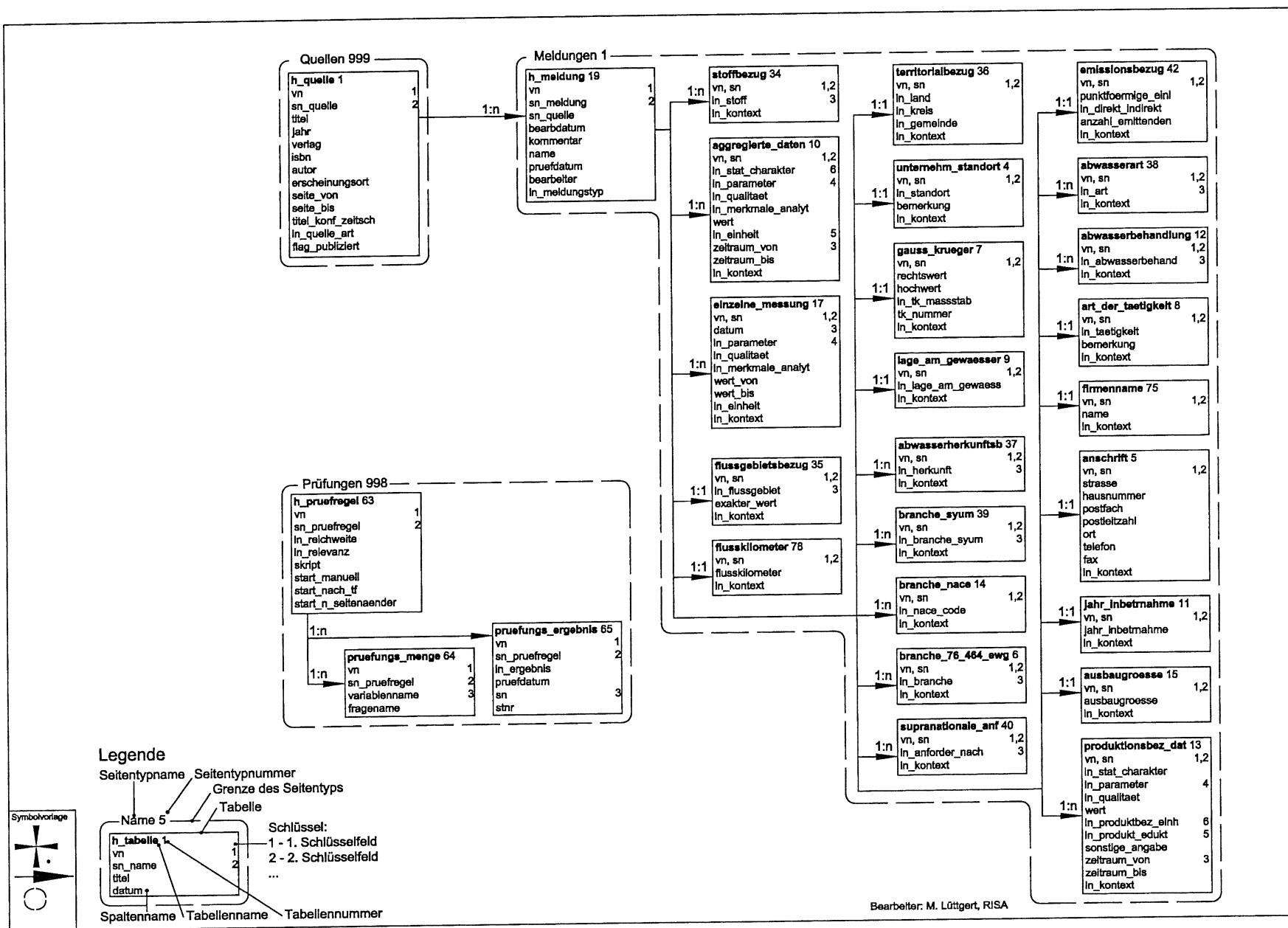
- Stoffbezug,
- Flussgebietsbezug,
- Territorialbezug,
- Abwasserherkunftsgebiet/Branchenbezug und
- Emissionsbezug/Einleiterdaten

zugeordnet werden können. Diese Objekte stehen in 1:1 bzw. in n:1-Relation zur Meldung.

Der Seitentyp Prüfungen enthält Prüfungs Routinen, die die Plausibilität der in den Meldungen enthaltenen Emissionsdaten, soweit diese einer algorithmischen Prüfung zugänglich sind, sicherstellen sollen. Im Wesentlichen beziehen sich diese Prüfungen auf den Vergleich von Emissionsmengen miteinander. Beispielsweise muss der chemische Sauerstoffbedarf (CSB) höher sein als der biologische (BSB<sub>5</sub>).

Der Seitentyp Abfragen enthält die vom Benutzer mit der grafischen Oberfläche erstellten Datenbankabfragen. Diese erlauben den Zugriff auf alle Datenelemente von UDIS-A sowie die Formulierung von komplexen Filterbedingungen.

Abbildung 4.3-1: Struktur der Datenbank UDIS-A auf Tabellenebene



## 5 Abschätzung der diffusen Schadstoffeinträge in die Gewässer

Im Bereich der diffusen Einträge gibt es bislang noch keine einheitliche Festlegung, welche Eintragspfade dieser Kategorie zuzurechnen sind. DVWK (1999) bzw. Bach (1996) haben Abgrenzungen unterschiedlicher Autoren zusammengestellt. Danach erfolgt die Abgrenzung der punktuellen von den diffusen Quellen beispielsweise nach den Abflusskomponenten, mit denen die Einträge verbunden sind (diffus ist identisch mit Abflüssen hoher Variabilität, abhängig von Witterungseinflüssen) oder danach, ob die Einträge in Verbindung mit dem natürlichen hydrologischen Kreislauf in die Gewässer gelangen oder unabhängig davon sind.

Die IKSR (1999) ordnet nur die eindeutig definierten Einleitungen aus Kläranlagenabläufen und direkteinleitenden Industriebetrieben den Punktquellen zu, alle anderen Emissionen zählen zu den diffusen Einträgen. Ähnlich ist das Vorgehen von Behrendt et al. (1999) bei der Berechnung der Emissionen für Stickstoff und Phosphor, die ebenfalls die kommunalen und industriellen, direkteinleitenden Kläranlagen den Punktquellen zurechnen und die diffusen Einträge in die Pfade atmosphärische Deposition, Erosion, Abschwemmung, Grundwasser, Dränagen und urbane Flächen unterteilen. Diese Pfade werden ebenfalls von Böhm et al. (2000) bei der Berechnung der diffusen Emissionen von Schwermetallen berücksichtigt (ergänzt wurde hier noch der Eintragspfad „Einträge durch die Schifffahrt“ entsprechend den Arbeiten der IKSR).

Für die Quantifizierung der diffusen Emissionen in Oberflächengewässer bestehen ähnlich den unterschiedlichen Definitionen ebenfalls unterschiedliche Ansätze. Grundsätzlich kann zwischen immisions- und emissionsbasierten Ansätzen unterschieden werden (vgl. DVWK, 1999). Bei den immisionsbasierten Methoden werden die diffusen Einträge bspw. über die Differenz zwischen gemessener Gesamtfracht und gemessener bzw. geschätzter Fracht aus Punktquellen (mit oder ohne Berücksichtigung des Stoffumsatzes im Gewässer) oder über eine Aufteilung der Gesamtfracht nach Abflusskomponenten durch Interpretation der Fracht-Abfluss-Beziehung berechnet (Behrendt, 1993; Werner/Wodsak, 1994). Zu den Emissionsverfahren kann der Ansatz von Raderschall (1996) gezählt werden, wonach die Gewässerfracht in Repräsentativ-Einzugsgebieten ohne punktuelle Einträge gemessen und anschließend auf das gesamte Einzugsgebiet hochgerechnet wird. Außerdem zählen hierzu die verschiedenen Arbeiten, bei denen die einzelnen diffusen Eintragspfade jeweils für sich berechnet bzw. abgeschätzt werden (z. B. IKSR, 1999). Nach diesem Verfahren wurden auch von Böhm et al. (2000) bzw. Behrendt et al. (1999) für die Schwermetalle bzw. für die Nährstoffe in separaten Projekten die diffusen Einträge in die Gewässer in Deutschland detailliert untersucht. Die Ergeb-

nisse dieser Arbeiten wurden hier übernommen; das grundsätzliche Vorgehen für diese Parameter ist deshalb in den folgenden Kapiteln zusammengefasst.

Für den Parameter AOX liegen dagegen keine detaillierten Untersuchungen zu den diffusen Emissionen vor. Die Bedeutung der diffusen Emissionen ist allerdings bei diesem Parameter auch wesentlich geringer. Beispielsweise werden beim Rhein den diffusen Emissionen nur eine sehr geringe Bedeutung für die AOX-Gesamtbelastung zugemessen (IKSR, 1999; Expertenkreis „Grundlagen und Modelle für diffuse Einträge“, 1996). Allerdings geben Koppe/Stozek (1999) auch für Regenwasser AOX-Belastungen von durchschnittlich  $10 \mu\text{g/l}$  und für verschmutzten, über die Trennkanalisation abfließenden Niederschlag Konzentrationen von durchschnittlich  $80 \mu\text{g/l}$  an. Auf Grund der unzureichenden Datenlage können jedoch im Folgenden keine Abschätzungen zur Höhe der diffusen Emissionen beim AOX durchgeführt werden.

## 5.1 Diffuse Nährstoffeinträge

Über ein Modellsystem (MONERIS: MOdelling Nutrient Emissions in RIver Systems) wurden von Behrendt et al. (1999) die diffusen Nährstoffeinträge für die verschiedenen Flusseinzugsgebiete in Deutschland detailliert berechnet. Im Folgenden sind die dabei berücksichtigten diffusen Eintragspfade kurz beschrieben. In Tabelle 7.4-1 sind die Gesamtergebnisse für Deutschland enthalten.

### 5.1.1 Direkteinträge in die Gewässer durch atmosphärische Deposition

Für die Berechnung der direkt in die Oberflächengewässer durch atmosphärische Deposition eingetragenen Nährstoffmengen wurde die Wasserfläche der Flusseinzugsgebiete in Deutschland auf Basis der Bodenbedeckungskarte, der Angaben in der Gemeindestatistik und zusätzlichen Berechnungen abgeschätzt. Zur Berechnung der Einträge wurde die Wasserfläche mit den Depositionsraten für N und P multipliziert:

$$E_D = A_w \cdot D$$

$E_D$  = Einträge durch atmosphärische Deposition [ $\text{kg/ha}$ ]

$A_w$  = Gesamtfläche der Oberflächengewässer [ $\text{ha}$ ]

$D$  = atmosphärische Deposition für Nährstoffe [ $\text{kg/ha/a}$ ]

## 5.1.2 Nährstoffeinträge durch Abschwemmung

In diesem Pfad werden die gelösten Nährstoffmengen, die mit dem Oberflächenabfluss von unversiegelten Flächen in das Gewässer gelangen, betrachtet. Dazu wird der spezifische Oberflächenabfluss über einen allgemeinen Zusammenhang aus dem mittleren Jahresniederschlag und dem mittleren spezifischen Gesamtabfluss berechnet<sup>23</sup>. Über die landwirtschaftliche Nutzfläche und die offenen Flächen kann die Jahressumme des Oberflächenabflusses bestimmt werden. Für den Nährstoffeintrag, der über Abschwemmung in die Gewässer gelangt, gilt dann:

$$ERO_{N,P} = \frac{Q_{ro} \cdot C_{roN,P}}{1.000}$$

$ERO_{N,P}$  = Nährstoffeintrag über Abschwemmung [kg/a]

$Q_{ro}$  = Jahressumme des Oberflächenabflusses [ $m^3/a$ ]

$C_{ro}$  = mittlere flächengewichtete Nährstoffkonzentration im Oberflächenabfluss [mg/l]

Die mittlere Nährstoffkonzentration im Oberflächenabfluss wird dazu über die Konzentrationen im Abfluss von Ackerland, Grünland und offenen Flächen berechnet.

## 5.1.3 Nährstoffeinträge durch Erosion

Der Nährstoffeintrag durch Erosion ist abhängig von dem P- bzw. N-Gehalt im Oberboden, vom Sedimenteintrag in die Oberflächengewässer sowie von der Nährstoffanreicherung, die während des Transports des erodierten Bodenmaterials stattfindet:

$$EER_{N,P} = P, N_{Boden} \cdot ER_{N,P} \cdot SED \cdot 10^6$$

$ER_{N,P}$  = Nährstoffeinträge durch Erosion [t/a]

$P, N_{Boden}$  = mittlerer Nährstoffgehalt im Oberboden [mg/kg]

$SED$  = Sedimenteintrag [t/a]

$ER_{P,N}$  = Anreicherungsfaktor

Der Sedimenteintrag wurde über ein Modell u.a. aus dem Bodenabtrag, dem Anteil der Ackerfläche, der Hangneigung und einem Wichtungsfaktor für den Betrachtungszeitraum (auf Grund der unterschiedlichen Anzahl der Starkniederschläge) bestimmt. Zur Festlegung verschiedener Koeffizienten des Modells wurden Untersuchungsergebnisse aus verschiedenen Flussgebieten verwendet.

---

<sup>23</sup> Zur Berechnung des mittleren spezifischen Gesamtabflusses wiederum sind Daten zum mittleren Niederschlag im Sommerhalbjahr und im Winterhalbjahr notwendig.

Der P- bzw. N-Gehalt im Oberboden wurde über die Gehalte von Ackerböden und anhand der Nährstoffüberschüsse ermittelt bzw. von Böden der Gebirgsflächen abgeschätzt. Das Anreicherungsverhältnis wurde beim Phosphor als Quotient zwischen dem P-Gehalt im Schwebstoff und dem P-Gehalt im Oberboden bestimmt. Auf Grund des Fehlens dieser Daten wurde für den Parameter Stickstoff dieses Verhältnis über Ergebnisse aus bereits untersuchten Flussgebieten abgeleitet.

## 5.1.4 Nährstoffeinträge durch Dränage

Zur Berechnung dieses Pfades wurden Angaben zur Dränflächengröße, zur Dränspende und zu den mittleren Nährstoffkonzentrationen im Dränwasser verwendet:

$$E_{DR} = \frac{q_{DR} \cdot A_{DR} \cdot C_{DRN,P}}{1.000}$$

$$\begin{aligned} E_{DR} &= \text{Nährstoffeinträge aus Dränagen [kg/a]} \\ q_{DR} &= \text{Dränspende [m}^3\text{hm}^{-2}\text{a]} \\ A_{DR} &= \text{Größe der dränierten Fläche [m}^2\text{]} \\ C_{DR} &= \text{Nährstoffkonzentration im Dränagewasser [mg/l]} \end{aligned}$$

Die Dränflächengröße musste für die alten und die neuen Bundesländer auf Grund der sehr unterschiedlichen Datenlage getrennt berechnet werden. Für die alten Bundesländer wurde auf Basis einer Umfrage bei Landwirtschaftsverwaltungen, für die neuen Bundesländer wurde auf Basis von Daten für die ehemaligen Meliorationsbetriebe der DDR und unter Einbeziehung der Bodenstandorttypen nach der landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) die Fläche abgeschätzt. Die Dränspende wurde über die Niederschlagsmenge im Winter und im Sommer berechnet. Bei der Berechnung der P-Konzentrationen im Dränwasser wurden unterschiedliche P-Konzentrationen im Dränwasser bei verschiedenen Bodentypen verwendet. Die Nitrat-Konzentrationen wurden u.a. anhand der N-Überschüsse bestimmt.

## 5.1.5 Nährstoffeinträge über das Grundwasser

Die für die Berechnung der Nährstoffeinträge über das Grundwasser wichtigen Parameter sind der Grundwasserauffluss und die Konzentration im Grundwasser:

$$E_{GW} = \frac{Q_{GW} \cdot C_{GWN,P}}{1.000}$$

$$E_{GW} = \text{Nährstoffeintrag über das Grundwasser [kg/a]}$$

$$Q_{GW} = \text{Grundwasserabfluss und natürlicher Interflow [m}^3/\text{a}]$$

$$C_{GW} = \text{mittlere Nährstoffkonzentration im Grundwasser [mg/l]}$$

Der Grundwasserabfluss wurde über die Differenz zwischen dem gemessenen Abfluss und den einzelnen Abflusskomponenten und einem anschließenden Abgleich mit der berechneten Sickerwassermenge bestimmt.

Bei der Berechnung der P-Konzentrationen wurden typische P-Konzentrationswerte im Grundwasser für verschiedene Bodentypen zu Grunde gelegt. Zusätzlich wurde berücksichtigt, dass die üblicherweise gemessenen Konzentrationen an anorganisch gelöstem P bei anaeroben Grundwasserverhältnissen nicht der P-Gesamtbelastrung entsprechen und deshalb für entsprechende Flächen (bestimmt über einen Vergleich der Nitratkonzentrationen im Grundwasser und im Sickerwasser) die P-Konzentration um den Faktor 2,5 erhöht werden musste. Die Stickstoffkonzentrationen wurden über ein Modell unter Verwendung verschiedener Annahmen und auf Basis der N-Überschüsse ermittelt.

## 5.1.6 Nährstoffeinträge von urbanen Flächen

Folgende Pfade sind unter diesem Punkt zusammengefasst:

- Einträge von versiegelten Flächen über die Trennkanalisation,
- Einträge von Mischkanalisationsüberläufen,
- Einträge von Haushalten und von versiegelten Flächen, die an eine Kanalisation aber an keine Kläranlage angeschlossen sind und
- Einträge von Haushalten, die weder an eine Kanalisation noch an eine Kläranlage angeschlossen sind.

Der dabei benötigte Anteil der versiegelten Fläche wurde auf Basis der gesamten urbanen Fläche und der Bevölkerungsdichte bestimmt und anschließend über verfügbare Statistiken in Misch- und Trennkanalisation aufgeteilt. Über den Abflussbeiwert und die Niederschlagsmenge wurde dann der Gesamtabfluss von den versiegelten Flächen ermittelt.

### Nährstoffeinträge über Trennkanalisation

Die P- und N-Mengen, die über die Trennkanalisationen emittiert werden, wurden über die im Trennsystem entwässerte, versiegelte Fläche und die spezifischen P- und N-Abschwemmungsraten berechnet:

$$EUT_{N,P} = AS_{URBN,P} \cdot A_{URBVT} \cdot 100$$

$$EUT_{N,P} = \text{Nährstoffemissionen aus Trennkanalisationen [t/a]}$$

$$AS_{URB} = \text{spezifische Nährstoffabschwemmungsrate von der urbanen Fläche [kg/ha-a]}$$

$$A_{URBVT} = \text{an die Trennkanalisation angeschlossene versiegelte urbane Fläche [km}^2]$$

Die N-Abschwemmungsrate wurde über einen festen Wert für die Einträge durch Laubfall und tierische Exkreme sowie der gebietsspezifischen, atmosphärischen N-Deposition bestimmt. Beim Phosphor wurde von einem mittleren spezifischen Eintrag von 2,5 kg P/(ha · a) ausgegangen.

### Nährstoffeinträge über Mischkanalisationüberläufe

In den Berechnungsgang dieses Pfades flossen die Entlastungsrate des Mischsystems, die Nährstoffkonzentrationen im Mischkanal und der Abfluss im Mischsystem an Starkregentagen ein:

$$EUM_{N,P} = C_{M_{N,P}} \cdot RE \cdot Q_{URBM}$$

$EUM_{N,P}$  = über die Mischkanalisation eingetragene Schwermetallfracht [t/a]  
 $C_M$  = Nährstoffkonzentration im Mischkanal im Entlastungsfall  
 $Q_{URBM}$  = an Starkregentagen realisierter Abfluss im Mischsystem  
 $RE$  = Entlastungsrate des Mischsystems

Der Berechnung der Konzentrationen liegen u.a. Daten zur einwohnerspezifischen N- bzw. P-Abgabe und zu den mittleren Nährstoffkonzentrationen im gewerblichen Abwasser zu Grunde; bei der Entlastungsrate geht die Regenabflussspende und das Speichervolumen von Regenüberlaufbecken ein. Der Abfluss an Starkregentagen wird über die versiegelte urbane Fläche, die Zahl der Starkregentage und die Abwassermenge der Einwohner bzw. des Gewerbes bestimmt.

### Nährstoffeinträge von nicht mit Kläranlagen verbundenen Kanälen

Der Bevölkerungsanteil, der zwar an eine Kanalisation aber nicht an eine Kläranlage angeschlossen ist, wird in den Statistiken des Statistischen Bundesamtes separat ausgewiesen. Für diesen Bevölkerungsanteil wurde angenommen, dass der gelöste Anteil an Nährstoffen ( $1,05 \text{ g P/(E · d; 9 g N/(E · d)}$ ) im Abwasser vollständig in die Kanalisation und damit ins Gewässer gelangt. Es wurde davon ausgegangen, dass entsprechend dem Bevölkerungsanteil auch ein Anteil der urbanen Fläche an einer Kanalisation, aber nicht an eine Kläranlage angeschlossen ist. Diese Flächen wurden wie die Flächen mit Trennkanalisation behandelt.

### Nährstoffeinträge von weder mit Kläranlagen oder Kanälen verbundenen Haushalten

Für diesen Bevölkerungsanteil wird davon ausgegangen, dass nur die gelösten Nährstoffmengen in den Boden gelangen und dort ein zusätzlicher Rückhalt von 50 % stattfindet. Zusätzlich wird berücksichtigt, wie viel der gesammelten Abwasser bzw. Fäkalien den kommunalen Kläranlagen zugeführt wird (Abfuhrgrad). Der Rückhalt im Boden gilt auch für die von den versiegelten Flächen ohne Kanalisationsanschluss abgeschwemmten Nährstoffmengen.

## 5.2 Diffuse Schwermetalleinträge

Die Bilanzierung der meisten diffusen Eintragspfade erfolgte durch Anpassung des Modells MONERIS (MOdelling Nutrient Emissions in RIver Systems; s. Behrendt et al., 1999) für Schwermetalle in Zusammenarbeit mit dem Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB). Die Vorgehensweise entspricht somit weitestgehend den für die Nährstoffe verwendeten Bilanzierungsansätzen. Die Einträge aus Hofabläufen, Abdrift und Abschwemmung von Düngemitteln sowie die Direkteinträge durch die Schifffahrt wurden nach der von der IKSР (IKSR, 1999) vorgeschlagenen Vorgehensweise berechnet.

### 5.2.1 Hofabläufe und Abdrift

Mit diesem Eintragspfad werden alle Schwermetalleinträge erfasst, die infolge der in landwirtschaftlichen Betrieben anfallenden Düngemittel direkt von Hofflächen in die Oberflächengewässer gelangen. Die Berechnung der Schwermetalleinträge aus diesem Eintragspfad wurde entsprechend der Vorgehensweise der IKSР (1999) vorgenommen:

$$E_{HA} = a \cdot b \cdot c$$

$E_{HA}$  = Einträge von Hofabläufen und Abdrift [kg/a]

$a$  = Düngemittelauflaufwand [kg/a]

$b$  = Anteil der aufgewendeten Düngemittel, der direkt in die Oberflächengewässer gelangt (Wirtschaftsdünger = 0,2 %, Mineraldünger = 0,01 %)

$c$  = Schadstoffgehalt im Düngemittel (separat nach Hof- und Mineraldünger) [mg/kgTS]

Die angewandten Mengen für Wirtschafts- und Mineraldünger wurden nach Angaben des StaBu (1998b, 1996a) und Eurich-Menden et al. (1997) ermittelt. Die Schwermetallgehalte in Düngemitteln wurden entsprechend der IKSР (Mohaupt et al., 1998) angenommen.

### 5.2.2 Oberflächenabfluss von unbefestigten Flächen

Mit diesem Eintragspfad wird der Anteil der gelösten Schwermetalle erfasst, der durch Oberflächenabfluss von Grün-, Acker- und anderen offenen Flächen bei Starkregenereignissen in die Oberflächengewässer gelangt. Der Anteil des Oberflächenabflusses am Gesamtabfluss wurde wie im Modell MONERIS gewählt (vgl. Kapitel 5.1.2).

Für die Schwermetallkonzentration im Oberflächenabfluss von unbefestigten Flächen liegen in der Literatur keine Messwerte vor. Deshalb wurde für die Frachtrechnung auf Schwermetallkonzentrationen im Niederschlag (UBA, 1997) zurückgegriffen. Für die Metalle Cd, Cu, Pb und Zn liegen aktuelle Jahresfrachten für die

nasse Deposition aus dem UBA-Messnetz (UBA, 1997) vor. Aus den angegebenen Frachten wurden mittlere Konzentrationswerte für Deutschland unter der Annahme eines mittleren Niederschlags von 800 mm errechnet. Die nicht im UBA-Messnetz erfassten Metalle wurden durch Literaturangaben ergänzt (vgl. Tabelle 5.2-1).

Für Ackerland und landwirtschaftlich genutzte Grünflächen muss für den Eintragspfad Oberflächenabfluss zusätzlich zur Fracht aus dem abfließenden Niederschlag der Anteil der Schwermetalle berücksichtigt werden, der durch Abschwemmung von Mineral- und Wirtschaftsdünger in die Oberflächengewässer gelangt. Die Berechnung der zusätzlichen Fracht ( $E_{AD}$ ) erfolgte nach dem Verfahren der IKSR (1999) mit der schon in Kapitel 5.2.1 erläuterten Gleichung. Der mit dem Oberflächenabfluss in die Gewässer gelangende Anteil der Düngemittel beträgt nach Angaben der IKSR (Mohaupt et al., 1998) 0,3 %.

Der Gesamteintrag von Schwermetallen mit dem Oberflächenabfluss ergibt sich somit aus nachfolgender Gleichung:

$$E_{OA} = \frac{Q_{OA} \cdot C_{OA}}{1.000.000} + E_{AD}$$

$E_{OA}$  = Schwermetalleinträge durch Oberflächenabfluss von unbefestigten Flächen [kg/a]

$Q_{OA}$  = Oberflächenabfluss von unbefestigten Flächen [ $m^3/a$ ]

$C_{OA}$  = Schwermetallkonzentration im Oberflächenabfluss [ $\mu\text{g/l}$ ]

$E_{AD}$  = Schwermetallfracht durch Abschwemmung von Wirtschafts- und Mineraldünger im Oberflächenabfluss von Acker- und Grünlandflächen [kg/a] (Berechnung entsprechend Kapitel 5.2.1)

Tabelle 5.2-1: Schwermetallkonzentrationen im Niederschlag [ $\mu\text{g/l}$ ]

Metall	Wert [ $\mu\text{g/l}$ ]	Literaturangabe
Cd	0,14	Mittelwert aus UBA-Messnetz (UBA, 1997)
Cr	0,4	Norddeutsche Waldstandorte (Schulz, 1987)
Cu	2,0	Mittelwert aus UBA-Messnetz (UBA, 1997)
Hg	0,002	Westerland (Oslo and Paris Commissions, 1994)
Ni	0,59	Westerland (Oslo and Paris Commissions, 1994)
Pb	1,5	Mittelwert aus UBA-Messnetz (UBA, 1997)
Zn	11,8	Mittelwert aus UBA-Messnetz (UBA, 1997)

### 5.2.3 Erosion

Die Einträge aus diesem Pfad werden durch den Schwermetallgehalt im Oberboden, den Sedimenteneintrag in die Oberflächengewässer und durch eine transportbedingte Anreicherung bestimmt:

$$E_{ER} = C_B \cdot SED \cdot ER \cdot 1.000$$

$E_{ER}$  = Schwermetalleinträge durch Erosion [kg/a]

$C_B$  = Schwermetallgehalt im Oberboden [mg/kg]

$SED$  = Sedimenteneintrag [t/a]

$ER$  = Anreicherungsfaktor

Die Sedimenteneinträge in die Flussgebiete wurden von Behrendt et al. (1999) im Rahmen der Bilanzierung der Nährstoffeinträge berechnet (vgl. Kapitel 5.1.3).

Von der Länderarbeitsgemeinschaft Boden (LABO, 1998) wurden Hintergrundkonzentrationen für Schwermetalle im Oberboden für verschiedene Nutzungen zusammengestellt (vgl. Tabelle 5.2-2). Anhand der mittleren Schwermetallgehalte im Ackeroberboden der Bundesländer wurden anschließend für die Flussgebiete mittlere Schwermetallgehalte entsprechend der Anteile der Bundesländer an einem Flussgebiet berechnet.

Tabelle 5.2-2: Schwermetallgehalte im Ackeroberboden [mg/kg] (LABO, 1998)

Bundesland	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Baden-Württemberg	0,2	36	19	0,1	27	27	60
Bayern	0,23	48,75	16,7	0,08	25,7	34,7	73,25
Berlin	0,15	2,2	10	-	0,8	22	16
Brandenburg	0,1	4	4,5	<0,05	2	11,5	15,5
Bremen	0,1	13	8	0,05	3	50	31
Hamburg				gleiche Schwermetallgehalte wie Schleswig-Holstein			
Hessen	0,24	33,7	15,2	0,07	25,1	25,2	62,3
Mecklenburg-Vorpomm.	0,133	22,7	13,33	-	12,7	16,7	45,33
Niedersachsen	0,25	22,26	12,8	0,078	13,9	26,2	59,5
Nordrhein-Westfalen	0,42	25	12	-	12	30	67
Rheinland-Pfalz	0,29	30,5	16,5	0,125	24	24	62,5
Saarland	0,29	25,59	13,66	0,06	20,5	28,8	76,6
Sachsen	0,418	37	95,5	0,1	13,8	52,5	71
Sachsen-Anhalt	0,15	22,25	12,5	0,086	17,3	26,8	56,5
Schleswig-Holstein	0,12	12,19	8,24	0,038	8,88	13,5	34,25
Thüringen	0,23	45,2	21,9	0,085	29,4	31,8	76,2

Der transportbedingte Anreicherungsfaktor (ER) kann für Schwermetalle nicht entsprechend dem Nährstoff Phosphor angenommen werden. Vink (2000) ermittelte Anreicherungsfaktoren für Cadmium, Kupfer, Quecksilber, Blei und Zink anhand des Verhältnisses von Schwermetallgehalten in Schwebstoffen zum Schwermetallgehalt im Oberboden für kleine Einzugsgebiete. Durch den Zusammenhang zwischen spezifischer Schwebstofffracht und dem berechneten Anreicherungsverhältnis

wurden für alle Flusssgebiete Anreicherungsfaktoren basierend auf den Angaben von Vink (2000) berechnet. Die resultierenden mittleren Anreicherungsfaktoren sind Tabelle 5.2-3 zu entnehmen. Für die Metalle Chrom und Nickel wurden Anreicherungsfaktoren verwendet, die für Baden-Württemberg ermittelt wurden (Böhm et al., 2000)

Tabelle 5.2-3: Mittlere Anreicherungsfaktoren (ER) für Schwermetalle

	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Hg</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
Verwendete Anreicherungsfaktoren	3,9 <sup>a)</sup>	1,8 <sup>b)</sup>	2,2 <sup>a)</sup>	1,6 <sup>a)</sup>	1,7 <sup>b)</sup>	2,6 <sup>a)</sup>	5,2 <sup>a)</sup>

a) ER ermittelt nach Vink (2000)

b) ER ermittelt für Baden-Württemberg (vgl. Böhm et al., 2000)

## 5.2.4 Dränagen

Für die Quantifizierung des Eintrages mit dem Dränagewasser werden die Größe der dränierten Fläche, die Dränspende und die Schwermetallkonzentration im Dränagewasser benötigt:

$$E_{DR} = \frac{Q_{DR} \cdot A_{DR} \cdot C_{DR}}{1.000.000}$$

$E_{DR}$  = Schwermetalleinträge aus Dränagen [kg/a]

$Q_{DR}$  = Dränspende [ $m^3/m^2 \cdot a$ ]

$A_{DR}$  = Größe der dränierten Fläche [ $m^2$ ]

$C_{DR}$  = Schwermetallkonzentration im Dränagewasser [ $\mu g/l$ ]

Die Dränspende sowie die Größe der dränierten Fläche wurden dem Modell MONERIS entnommen (vgl. Kapitel 5.1.4). Für die Schwermetallkonzentrationen im Dränagewasser liegen kaum Messwerte aus der Literatur vor. Alternativ können Konzentrationen im Sickerwasser unter der Wurzelzone als Abschätzungshilfe herangezogen werden. Die in dieser Studie verwendeten Konzentrationswerte in Dränagen basieren auf mittleren jährlichen Austragsfrachten mit dem Sickerwasser, die von Wilcke/Döhler (1995) im Rahmen einer Schwermetallbilanz für landwirtschaftliche Nutzflächen ermittelt wurden (Tabelle 5.2-4).

Tabelle 5.2-4: Schwermetallkonzentrationen im Dränage- bzw. Sickerwasser

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
verwendete Konz. [ $\mu\text{g/l}$ ]	0,4	1,2	7,1	0,005 <sup>b)</sup>	1,8	2,0	80
Ausgangsdaten [g/ha·a] <sup>a)</sup>	1,2	3,5	21,3	-	5,5	5,9	240

- a) Die Umrechnung der Jahresfrachten nach Wilcke/Döhler (1995) in Konzentrationen erfolgte unter der Annahme einer mittleren Versickerungsrate von 300 mm.
- b) IKSR (1999)

## 5.2.5 Atmosphärische Deposition

Die durch atmosphärische Deposition direkt in die Oberflächengewässer eingetragenen Schwermetalle werden nach folgender Gleichung berechnet:

$$E_D = A_{GEW} \cdot D \cdot 1.000$$

$E_D$  = Schwermetalleinträge durch atmosphärische Deposition [kg/a]

$A_{GEW}$  = Gesamtfläche der Oberflächengewässer [ha]

$D$  = atmosphärische Deposition für Schwermetalle [g/ha·a]

Die Wasserfläche der Flusseinzugsgebiete wurde dem Modell MONERIS entnommen (vgl. Kapitel 5.1.1), die Depositionsraten sind Tabelle 5.2-5 zu entnehmen.

Tabelle 5.2-5: Gesamtdeposition für Schwermetalle [g/ha·a] (IKSR, 1999).

Werte in g/ha·a	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
IKSR (1999)	2	5	30	0,2	15	40	250

## 5.2.6 Urbane Flächen

In diesem Pfad werden die diffusen Schwermetalleinträge aus der Siedlungsentwässerung zusammengefasst. Dazu zählen Einträge von versiegelten Flächen über Mischkanalisationenüberläufe und Trennkanalisationen, sowie Haushalte, die nicht an eine Kläranlage angeschlossen sind (mit und ohne Anschluss an die Kanalisation). Die versiegelte urbane Fläche sowie die Anschlussgrade an die Kanalisationen wurden von MONERIS übernommen (vgl. Kapitel 5.1.6).

## 5.2.6.1 Einträge aus Trennkanalisationen

Die Einträge von versiegelten Flächen über Regenwasserkanäle wurden mit Hilfe von flächenspezifischen Abtragspotenzialen berechnet:

$$E_{UR} = AS_{URB} \cdot A_{URWT} \cdot 100$$

$E_{UR}$  = Schwermetallemissionen aus Trennkanalisationen [kg/a]

$AS_{URB}$  = Spezifische Schwermetallabschwemmungsrate von versiegelten Oberflächen [g/ha·a]

$A_{URWT}$  = an die Trennkanalisation angeschlossene versiegelte urbane Fläche [km<sup>2</sup>]

Für die flächenspezifischen Abtragspotenziale (vgl. Tabelle 5.2-6) wurden Messwerte zu Grunde gelegt, die durch Literaturangaben ergänzt wurden.

Tabelle 5.2-6: Flächenspezifische Abtragspotenziale für urbane befestigte Flächen

Werte in g/ha·a	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Verwendetes Abtragspotenzial	7	70	312	2	88	154	2130
Stotz/Knoche (2000)	7	18	58	2	22	169	2130
Fuchs et al. (2000)	18	70	312	-	88	154	-

## 5.2.6.2 Einträge aus Mischwasserüberläufen

Der über Mischkanalüberläufe in die Oberflächengewässer entlastete Schwermetalleintrag setzt sich aus der von der versiegelten urbanen Fläche abgespülten Fracht und dem Schmutzwasseranteil zusammen, der während der Entlastung von angeschlossenen Haushalten und Gewerbebetrieben in den Kanal gelangt. Behrendt et al. (1999) schätzen den schmutzwasserbürtigen Anteil für Nährstoffe in Abhängigkeit von der Anzahl der effektiven Starkregentage im Jahr ab. Für die Schwermetalle wurde eine davon abweichende Berechnungsmethode gewählt und die tatsächlich wirksame Entlastungsdauer zu Grunde gelegt. Diese wird von Brombach/Wöhrle (1997) als Median für Durchlaufbecken mit 230 h im Jahr angegeben. Die Berechnung der gewerblichen Abwassermenge basiert auf Angaben der IKSR (Mohaupt et al., 1998), wobei der Anteil der Gewerbeflächen an der gesamten urbanen Fläche mit 0,8 % und eine gewerbliche Abflussspende von 0,5 l/ha·s angenommen wird:

$$E_{UM} = (AG_E \cdot E_{KA} + Q_{GEWM} \cdot TE + (AS \cdot A_{URBVM} \cdot 100) \cdot \frac{RE}{100}$$

$E_{UM}$	=	über die Mischkanalisation eingetragene Schwermetallfracht [kg/a]
$AG_E$	=	einwohnerspezifische Schwermetallabgabe [mg/E·h]
$E_{KA}$	=	an Kläranlagen angeschlossene Einwohner
$GEWM$	=	Schwermetallkonzentration im gewerblichen Abwasser [µg/l]
$Q_{GEWM}$	=	Abfluss von Gewerbegebieten mit Mischkanalisationsanschluss [l/h]
$TE$	=	Entlastungsdauer pro Jahr [h]
$AS$	=	Schwermetallabschwemmrate von der Oberfläche [g/ha·a]
$A_{URBVM}$	=	an ein Mischsystem angeschlossene versiegelte urbane Fläche [km <sup>2</sup> ]
$RE$	=	Entlastungsrate

Die Entlastungsrate im Mischsystem wurde für MONERIS nach Meißen (1991) berechnet. Die Parameter für die Berechnung der Schmutzwasserfracht im Entlastungsfall sind in den Tabellen 5.2-7 und 5.2-8 aufgelistet. Die flächenspezifischen Abtragspotenziale entsprechen den Werten für die Trennkanalisation (vgl. Tabelle 5.2-6).

Tabelle 5.2-7: Einwohnerspezifische Schwermetallabgabe (nach De Waal Malfijt, 1982; Koppe/Stozek, 1999)

Werte in [mg/E.d]	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Gesamteintrag	0,45	4,5	22,5	0,15	6,0	15,1	74,5
Gelöster Anteil	0,35	4,4	21	0,15	5,8	14,8	65,8

Tabelle 5.2-8: Grobe Abschätzung der Schwermetallkonzentrationen in gewerblichem Abwasser (Schäfer, 1999)

Werte in $\mu\text{g/l}$	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Gewerbliches Abwasser	4,6	44,6	149,2	1,5	50	152,3	523,1

### 5.2.6.3 Einwohner, die nur an die Kanalisation angeschlossen sind

In diesem Pfad werden Schwermetalleinträge von urbanen Flächen sowie Haushalten und Gewerbebetrieben berücksichtigt, die zwar an eine Kanalisation aber nicht an eine Kläranlage angeschlossen sind. Die Bilanzierung dieses Eintragspfades erfolgte mit dem Modell MONERIS entsprechend der in Kapitel 5.1.6 beschriebenen Vorgehensweise für die Nährstoffe. Der gelöste einwohnerspezifische Schwermetalleintrag ist Tabelle 5.2-7 zu entnehmen. Die Einträge von gewerblichen Betrieben wurden entsprechend dem Eintragspfad „Mischwasserüberläufe“ ermittelt.

### 5.2.6.4 Einwohner, die weder an die Kanalisation noch an eine Kläranlage angeschlossen sind

Für Haushalte, die weder an eine Kanalisation noch an eine Kläranlage angeschlossen sind, wird davon ausgegangen, dass nur die gelösten Bestandteile des Abwassers (vgl. Tabelle 5.2-7) ins Gewässer gelangen (vgl. Kapitel 5.1.6). Dabei wurde für Schwermetalle ein Rückhalt im Boden von 95 % angenommen.

## 5.2.7 Schiffahrt

Die Abschätzung der Frachten für Kupfer, Blei und Zink erfolgt nach der Methode der IKSR (Mohaupt et al., 1998) über die Anzahl der Fracht- und Sportboote pro Einheit Wasserfläche (StaBu, 1996b).

## 5.2.8 Grundwassereinträge/Geogener Hintergrund

Im Gegensatz zu den Nährstoffen, insbesondere Stickstoff, bei dem ein Großteil der landwirtschaftlich bedingten Einträge durch den Eintragspfad Grundwasser in die Oberflächengewässer gelangt (Behrendt et al., 1999), kann bei Schwermetallen auf der Maßstabsebene der großen Flussgebiete angenommen werden, dass der Schwermetalleintrag mit dem Grundwasserzufluss überwiegend durch natürliche geogene Quellen bedingt ist.

Der Grundwasserzufluss wurde für MONERIS als Differenz zwischen dem gemessenen Abfluss und den einzelnen Abflusskomponenten sowie anhand von berechneten Sickerwasserhöhen bestimmt (vgl. Kapitel 5.1.5). Das so berechnete Restglied aus der Abflussbilanz entspricht zum Großteil dem Basisabfluss.

Die eingetragene Schwermetallfracht berechnet sich aus dem Produkt von Grundwasserabfluss und der geogenen bedingten Schwermetallkonzentration:

$$E_{GW} = \frac{Q_{GW} \cdot C_{GW}}{1.000.000}$$

$$\begin{aligned} E_{GW} &= \text{Schwermetalleintrag über das Grundwasser [kg/a]} \\ Q_{GW} &= \text{Grundwasserzufluss [m}^3/\text{a]} \\ C_{GW} &= \text{Schwermetallkonzentration im Grundwasser [\mu g/l]} \end{aligned}$$

Für die Schwermetallkonzentrationen in diesem Eintragspfad können sowohl Konzentrationen im Grundwasser als auch Hintergrundkonzentrationen der Fließgewässer herangezogen werden. Die Hintergrundkonzentration der Schwermetalle im Gewässer wird maßgeblich von der Geologie des Untergrundes und dem Wasserchemismus (Wasserhärté, pH-Wert, Ionenstärke) bestimmt (LAWA, 1998). Die Schwermetallkonzentration im Grundwasser hängt zudem vom Sauerstoffgehalt und von den Aufenthaltszeiten ab. Für diese Abschätzung wurden die von der LAWA (1998) zusammengestellten Hintergrundkonzentrationen für Fließgewässer als Emissionsfaktoren verwendet mit Ausnahme von Chrom, da der empfohlene Wert maßgeblich oberhalb der Grundwasserkonzentrationen liegt (z.B. LfU Baden-Württemberg, 1994, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 2000). Der Emissionsfaktor für Chrom wurde deshalb auf 1,5  $\mu\text{g/l}$  festgesetzt (Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 2000) (vgl. Tabelle 5.2-9).

Tabelle 5.2-9: Hintergrundkonzentrationen in Oberflächengewässern

Werte in $\mu\text{g/l}$	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
verwendete Konzentration	0,018	1,5	1,0	0,01	1,1	0,83	3,5
LAWA (1998)	0,018	2,5	1,0	0,01	1,1	0,83	3,5

## 6 Plausibilitätskontrollen

Grundsätzlich wurden im Forschungsvorhaben EDV-technische und „händische“ Plausibilitätskontrollen eingesetzt. Bei den durchgeföhrten EDV-technischen Plausibilitätskontrollen kann grundsätzlich zwischen Syntaxprüfung, Konsistenzprüfung und Plausibilitätsprüfung unterschieden werden:

- Syntaxprüfung: Einhaltung formaler Regeln für die DV-technische Speicherung in Datenfeldern.
- Konsistenzprüfung: Formale Korrektheit der Bezüge auf Datenbankebene.
- Plausibilitätsprüfung: Überprüfung fachlich sinnvoller Werte durch verschiedene Plausibilitätsregeln.

Bei der Syntaxprüfung werden eingegebene oder eingelesene Daten auf die syntaktische Ordnung geprüft, wie z.B. Interpunktions- und Trennzeichen oder das bei Integer-Werten keine Buchstaben eingegeben werden. Dariüber hinaus wird sichergestellt, dass eingegebene Daten zu den entsprechenden Listen passen, so kann z.B. beim „Bundesland“ nicht „Kupfer“ eingegeben werden.

Bei der Konsistenzprüfung wird untersucht, ob Verknüpfungen zwischen einzelnen Daten korrekt sind. Wenn z. B. bei einer Abwasserfracht ein Quelle erscheint, muss eine entsprechende Literaturquelle existieren.

Zur Plausibilitätsprüfung sind im Programmsystem UDIS-A einfache „Regeln“ eingebettet, die die Prüfung sozusagen auf „Expertenniveau“ durchführen. Derzeit wurden folgende Regeln vereinbart:

- (1)  $\text{BSB}_5 \leq \text{CSB}$
- (2)  $\text{CSB} \leq \text{TOC} * 5$  und  $\text{CSB} \geq \text{TOC} * 2$
- (3)  $\text{CSB} \geq \text{BTX} * 3,1$
- (4)  $\text{CSB} \geq \text{IR-MKW} * 3,4$
- (5)  $\text{AOX} > \text{EOX}$
- (6)  $\text{AOX} > \text{POX}$

mit:

AOX:	Adsorbierbares organisch gebundenes Halogen, in mg Chlor/l
BSB5:	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen, in mg/l
BTX:	BTX-Aromaten (Benzol, Ethylbenzol, Toluol, Xylool), in mg/l
CSB:	Chemischer Sauerstoffbedarf, in mg/l
EOX:	Extrahierbares organisch gebundenes Halogen, in mg Chlor/l
IR-MKW:	Infrarot-bestimmbare Mineralölkohlenwasserstoffe, in mg/l
POX:	Ausblasbares organisch gebundenes Halogen, in mg/l
TOC:	Gesamter organischer Kohlenstoff, in mg/l

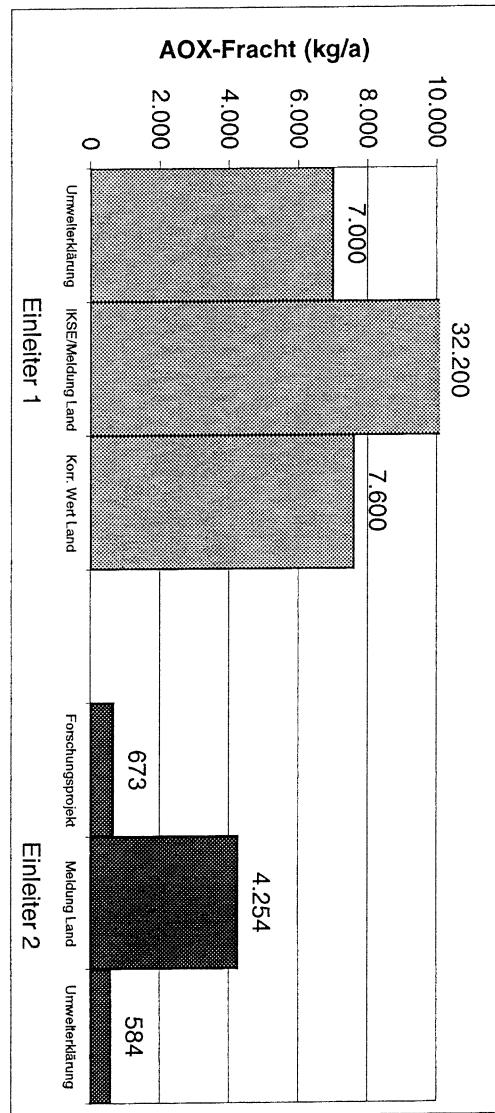
Einige weitere Regeln der Plausibilitätskontrolle sind derzeit noch nicht EDV-technisch realisiert. So wäre es wünschenswert, schon bei der Eingabe einen Hinweis zu bekommen, wenn ein angegebener Frachtwert höher als der deutsche Gesamtwert oder der Gesamtwert eines Bundeslandes/einer Branche ist. Für einzelne Einleitungen wäre ein automatischer Vergleich der Frachtangaben mit Konzentrations- und Abwassermengenangaben ebenso sinnvoll, wie ein Vergleich eines neuen Wertes mit älteren Daten (Zeitreihen).

Die datentechnische Behandlung von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze bereitet auch in den EDV-Systemen der Bundesländer Schwierigkeiten, weshalb diese Werte auch in sehr unterschiedlicher Form in den Ländern zu Frachten aggregiert oder weggelassen werden. Durch Einfügen von entsprechenden Regeln sollten diese Werte alle nach einem einheitlichen Verfahren in das Endergebnis eingehen.

Zusätzliche EDV-unabhängige Plausibilitätsüberprüfungen sind nach den Erfahrungen dieses Forschungsvorhabens unbedingt erforderlich. Bei der Datenerhebung zeigte es sich, dass Abweichungen bis zu 100 % bei Frachtangaben von Behörden und Unternehmen keine Ausnahme sind. Dies kann u.a. daran liegen, dass die Anzahl der Probennahmen bei Überwachung und Eigenkontrolle sehr unterschiedlich sind.

Es wurden auch Fälle mit gravierenden Abweichungen gefunden, die im Einzelnen aufgeklärt werden mussten. Beispielsweise traten Einheiten- und Berechnungsfehler oder auch Eingabefehler auf, die einen erheblichen Einfluss auf das Gesamtergebnis hatten. Teilweise wurden von den Überwachungsbehörden nicht die aktuellen Abwassermengen, sondern die genehmigte oder erklärte Menge für die Berechnung zu Grunde gelegt. So berechnete Frachten unterscheiden sich deutlich von den tatsächlich eingeleiteten Frachten, wie der Vergleich der offiziellen Meldungen (jeweils mittlerer Balken) mit dem der Umwelterklärungen und mit den korrigierten Daten aus der Überwachung bzw. Forschungsprojekten zeigt (vgl. Abbildung 6-1).

Abbildung 6-1: Zwei Beispiele für Einleiterdaten aus unterschiedlichen Quellen



## 7 Emissionsinventare für Deutschland – Ergebnisse

In den folgenden Abschnitten werden die Emissionen der Nährstoffe (Abschnitt 7.1), des AOX (Abschnitt 7.2) und der Schwermetalle (Abschnitt 7.3) wiedergegeben. Die Darstellung der Emissionen erfolgt i. d. R. jeweils in einer Übersichtsgrafik, einer Tabelle mit den 10 größten Einleitern und zwei Karten der Flusssgebiete.

Die Übersichtsgrafik stellt die wichtigsten Emissionspfade und die Anteile der Wassereinzugsgebiete in einem Balkendiagramm dar. Die Emissionen in den deutschen Anteilen des Einzugsgebietes der Maas wurden dem Rhein zugeschlagen, die Emissionen in die IJssel der Nordsee (vgl. Kapitel 3).

Wenn möglich, wurden die Namen der zehn größten Emittenten für 1997 in einer Tabelle veröffentlicht. Diese Listen können raschen Änderungen unterliegen, in Einzelfällen wurden Anmerkungen zu veränderten Emissionsbedingungen gemacht. Wenn kein Name angegeben ist, war der Emittent in keiner Veröffentlichung, beispielsweise internationalen Berichtspflichten, genannt und die jeweilige Firma nicht mit einer Veröffentlichung einverstanden (gekennzeichnet mit N.N.).

In der ersten Karte werden die industriellen Direkteinleitungen nach den wichtigsten Herkunftsgebieten in den Flusssgebieten dargestellt. Zum Vergleich können die Emissionswerte der zehn größten Einleiter, die Gesamtemission aller industriellen Direkteinleiter Deutschlands und die Gesamtemissionen der relevanten Branchen herangezogen werden. In der Karte sind die Standorte der zehn größten Direkteinleiter durch Dreiecke markiert und die Emission durch einen Balken in der Farbe des jeweiligen Anhanges dargestellt. In einer zweiten Karte werden die Einträge aus

komunalen Kläranlagen, industriellen Direkteinleitungen und diffusen Eintragspfaden dargestellt.

## 7.1 Einträge von Nährstoffen

Für die Parameter Phosphor und Stickstoff lagen nicht von allen Bundesländern Emissionsdaten zu den industriellen Direkteinleitern vor. Auf Grund der ansonsten zur Verfügung stehenden Datenquellen (insbesondere Umweltberichte und Daten von Flussgebietskommissionen) ist am ehesten mit Lücken bei den Flussgebieten von Weser und Ems sowie den Küstengebieten von Nord- und Ostsee zu rechnen. Bei einzelnen Einleitern lagen nur Angaben zu Abwassermengen vor, aus denen über branchenspezifische Durchschnittskonzentrationen die Abwasserfrachten berechnet wurden. Insgesamt ist jedoch davon auszugehen, dass alle größeren industriellen Direkteinleiter erfasst wurden. Bei den kommunalen Kläranlagen sowie den diffusen Emissionen wurde auf die Ergebnisse von Behrendt et al. (1999) zurückgegriffen. Den Berechnungen für die kommunalen Kläranlagen liegt dabei eine sehr detaillierte Datenbasis zu Grunde. Bei den Betrachtungen zu den verschiedenen diffusen Eintragspfaden mussten teilweise Abschätzungen und Annahmen verwendet werden, so dass diese Ergebnisse sicherlich mit einer höheren Ungenauigkeit behaftet sind als die Ergebnisse zu den Punktquellen.

Der Vergleich der Ergebnisse von Behrendt et. al. (1999) mit anderen Abschätzungen für die einzelnen diffusen Eintragspfade zeigte teilweise zwar sehr gute Übereinstimmungen, teilweise ergaben sich jedoch auch erhebliche Abweichungen (z.B. bei den Phosphorfrachten über Erosion bzw. über das Grundwasser; Behrendt et al., 1999). Für die gesamten diffusen Einträge lagen die Abweichungen zu Literaturangaben beim Stickstoff im Mittel bei 16 % und beim Phosphor im Mittel bei 35 %. Zur Überprüfung der Ergebnisse wurden von Behrendt et al. (1999) außerdem die ermittelten Gesamtemissionen für N und P mit den aus Güte- und Durchflussmesswerten berechneten Nährstofffrachten in den Flussgebieten verglichen. Da dabei jedoch die Nährstoffrückhalte und -verluste im Flussgebiet berücksichtigt werden müssen, wurde zuerst ein entsprechendes empirisches Modell abgeleitet, dass auf bisherigen Abschätzungen zu Einträgen und Frachten in unterschiedlichen Flussgebieten basiert. Als Schlussfolgerung dieses Vergleichs gehen Behrendt et al. davon aus, dass für die Mehrzahl der Flussegebiete die Stickstoff- bzw. die Phosphorfrachten mit einem Fehler von weniger als 30 % bzw. 50 % berechnet werden können.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass bei Phosphor-Gesamtemissionen von ca. 37 kt/a fast 70 % durch diffuse Einträge verursacht werden. Der Anteil der kommunalen Kläranlagen liegt bei 30 %, während die industriellen Einträge nur etwa 2 % ausmachen (s. Abbildung 7.1-1). Die wichtigsten diffusen Eintragspfade sind dabei die Erosion (33 %), das Grundwasser (23 %) und die urbanen Flächen (16 %, Pro-

zentangaben jeweils bezogen auf die diffus eingeleitete Gesamtfracht). Bei den industriellen Einträgen sind die wichtigsten Branchen Anhang 22 (Chemische Industrie), die Zellstoff- und Papierindustrie, Anhang 3 (Milchverarbeitung) und der Anhang 31 (Wasseraufbereitung, Kühlsysteme). Der Anteil der zehn größten Einleiter in Deutschland an den gesamten industriellen Einträgen liegt bei ca. 45 % (vgl. hierzu Tabelle 7.1-1). Bei der Verteilung der Frachten auf die Flusseinzugsgebiete ist der hohe Anteil des Nordseeküstengebietes auffällend, der durch die hohen diffusen Einträge in diesem Bereich verursacht wird (mit 5,7 kt/a bspw. höher als im gesamten Donaugebiet mit 5,3 kt/a).

Der Vergleich der in diesem Projekt erarbeiteten Daten für die industriellen P-Einleitungen mit bisherigen Abschätzungen ergibt ein uneinheitliches Bild. Die von Behrendt et al. (1999) berechnete Fracht für die industriellen Direkteinleitungen (Bezugszeitraum 1993 bis 1997) liegt mit 1,25 kt/a bei etwa dem Doppelten der eigenen Ergebnisse (0,67 kt/a). Dabei ist zu berücksichtigen, dass von Behrendt deutlich ältere Daten einbezogen wurden und zusätzlich die verschiedenen Datenlücken über Abschätzungen und Hochrechnungen geschlossen werden mussten. Die Zahlen der IKSR für 1996 liegen bei den industriellen Einträgen mit 0,48 kt/a zu 0,32 kt/a etwas über den eigenen Berechnungsergebnissen (bei den kommunalen Kläranlagen liegen die Werte mit 6 kt/a zu 5 kt/a in einem ähnlichen Verhältnis). Im Vergleich zu der von der IKSE veröffentlichten Zahl von 0,08 kt/a für die industriellen P-Einträge im Elbegebiet liegt der berechnete Wert mit 0,15 kt/a allerdings deutlich höher. Dagegen stimmt das für den Anhang 22 (Chemische Industrie) ermittelte Ergebnis mit dem vom VCI für 1997 erhobenen Wert für die Chemische Industrie überein (jeweils 0,34 kt/a).

Auch beim Stickstoff ist der überwiegende Teil der emittierten Frachten den diffusen Emissionen zuzuordnen (72 %). Die kommunalen Einträge liegen bei 25 %, die industriellen Emissionen bei 3 % (s. Abbildung 7.1-2). Mit großem Abstand wichtigster Eintragspfad ist der Bereich Grundwasser mit fast 50 % der Gesamteinträge. Durch Dräneragen werden 15 % der Gesamtemissionen bzw. 21 % der diffusen Einträge verursacht. Wichtigste Industriebranche ist ebenfalls der Anhang 22 (Chemische Industrie) mit etwa 80 % der industriellen Direkteinleitungen. Etwa 50 % der industriellen Emissionen leiten die zehn größten Einleiter ein (vgl. hierzu Tabelle 7.1-2).

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse für die industriellen Direkteinleitungen zu den von Behrendt et al. (1999) veröffentlichten Werten zeigt eine deutlich bessere Übereinstimmung als beim Phosphor (27,0 kt/a zu 27,5 kt/a). Sowohl beim Rhein als auch bei der Elbe liegen die bislang veröffentlichten Werte (IKSR: 18,3 kt/a; IKSE: 2,4 kt/a) etwas unter den Ergebnissen von 21,5 kt/a bzw. 3,2 kt/a. Der Wert des VCI für die Chemische Industrie liegt sogar mit 11,8 kt/a deutlich unter dem für den Anhang 22 berechneten Ergebnis von 21,7 kt/a.

Abbildung 7.1-1: Phosphor-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in t/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)

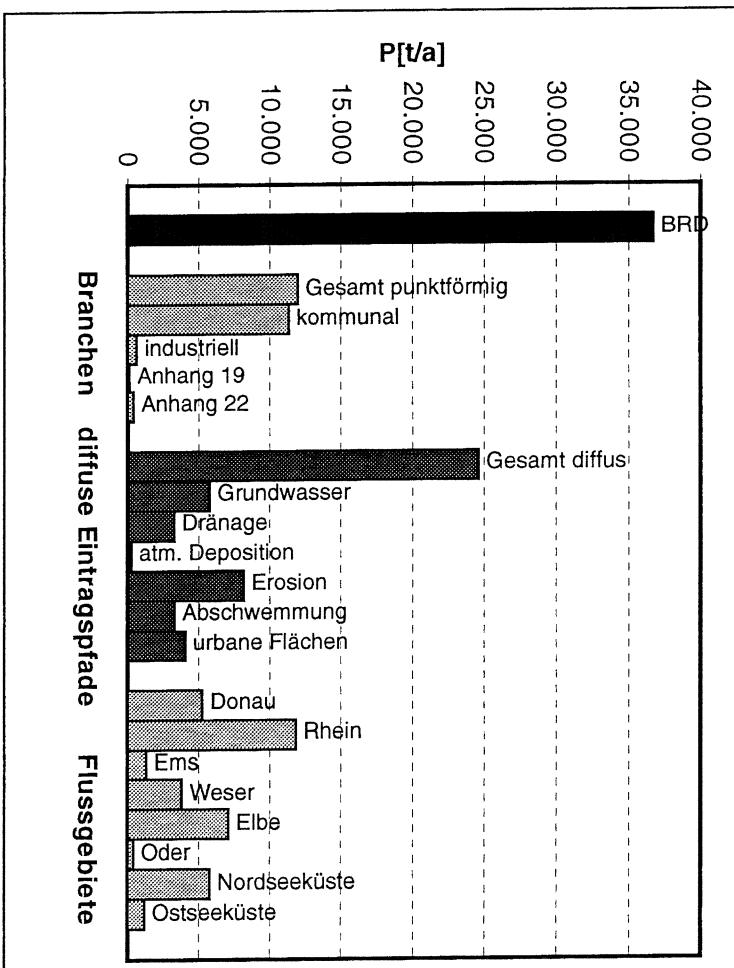


Tabelle 7.1-1: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Phosphor in Deutschland für das Bezugsjahr 1997

Firmenname	Ort	Anhang nach § 7a	Flussgebiet	Fracht [t/a]	Bemerkung
BASF AG	Ludwigshafen	22	Rhein	87,0	Umweltberichte 1996 - 1998
Nitrochemie GmbH	Aschau	22	Donau	45,0	Haskoning, 1999
Bayer AG, Bayer Faser GmbH	Dormagen	22	Rhein	32,0	Umwelterklärungen 1995, 1998
Solvay Alkali GmbH	Rheinberg	22/30	Rhein	29,0	Umweltdaten 1991-1997
Gemeinschaftsklärwerk Bitterfeld-Wolfen	Bitterfeld	22	Elbe	22,6	IKSE, 1999
LEUNA-Werke Standortservice GmbH	Leuna	22	Rhein	20,8	N.N.
Märkische Faser	Premnitz	43	Elbe	20,0	IKSE, 1999
Wacker Chemie GmbH	Burghausen	22	Donau	15,0	Haskoning, 1999
Hobum Öle und Fette 24	Hamburg	unbekannt	Elbe	12,6	Direkteinleiter Hamburg

24 Hobum war bis August 1998 Besitzer. Umbau der Phosphatfallung läuft derzeit, dann sollen weniger als 600 kg/a Phosphor emittiert werden.

Abbildung 7.1-2: Übersicht über die Phosphoremissionen industrieller Direkteinleiter

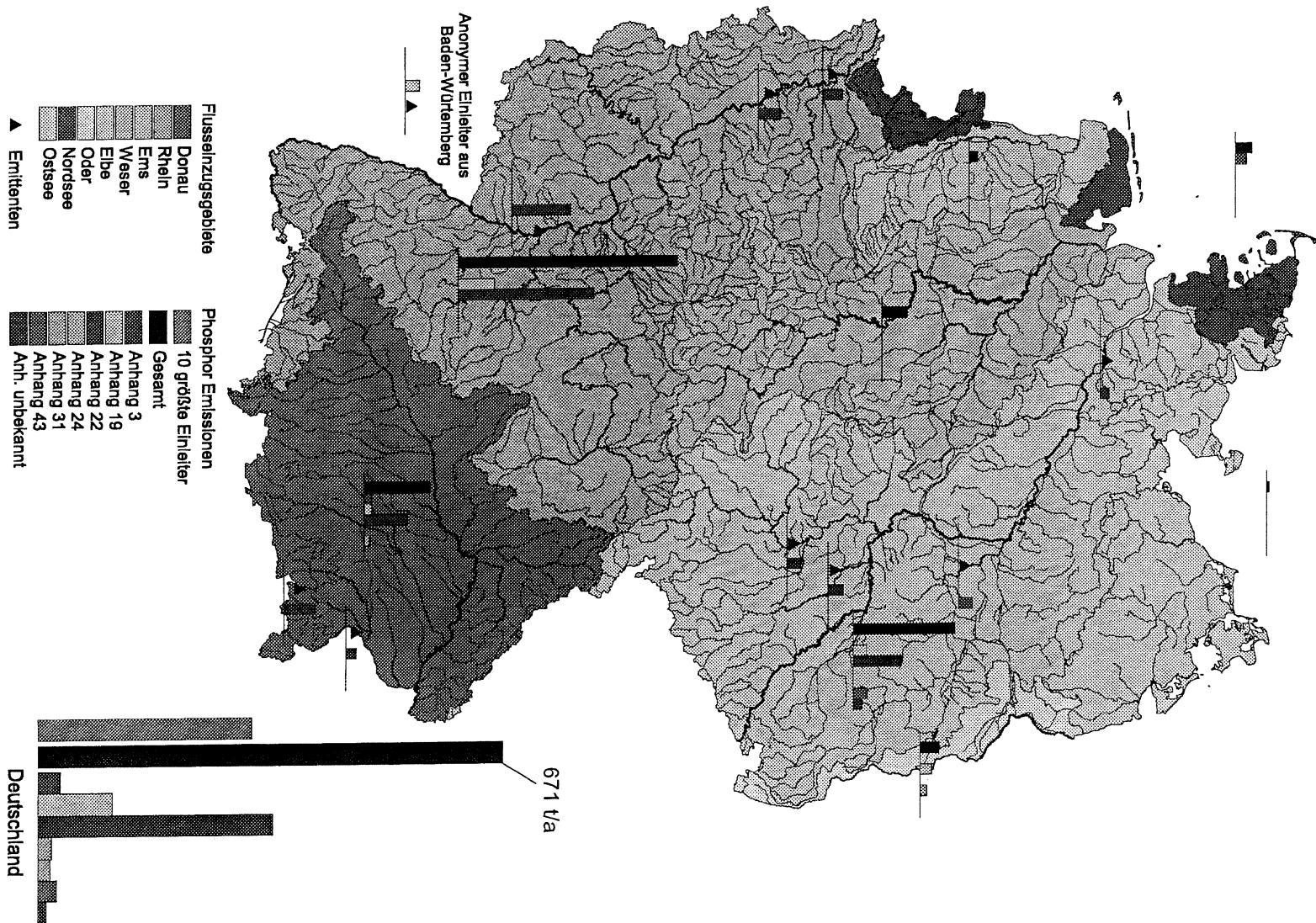


Abbildung 7.1-3: Übersicht über die Phosphateinträge in deutsche Gewässer

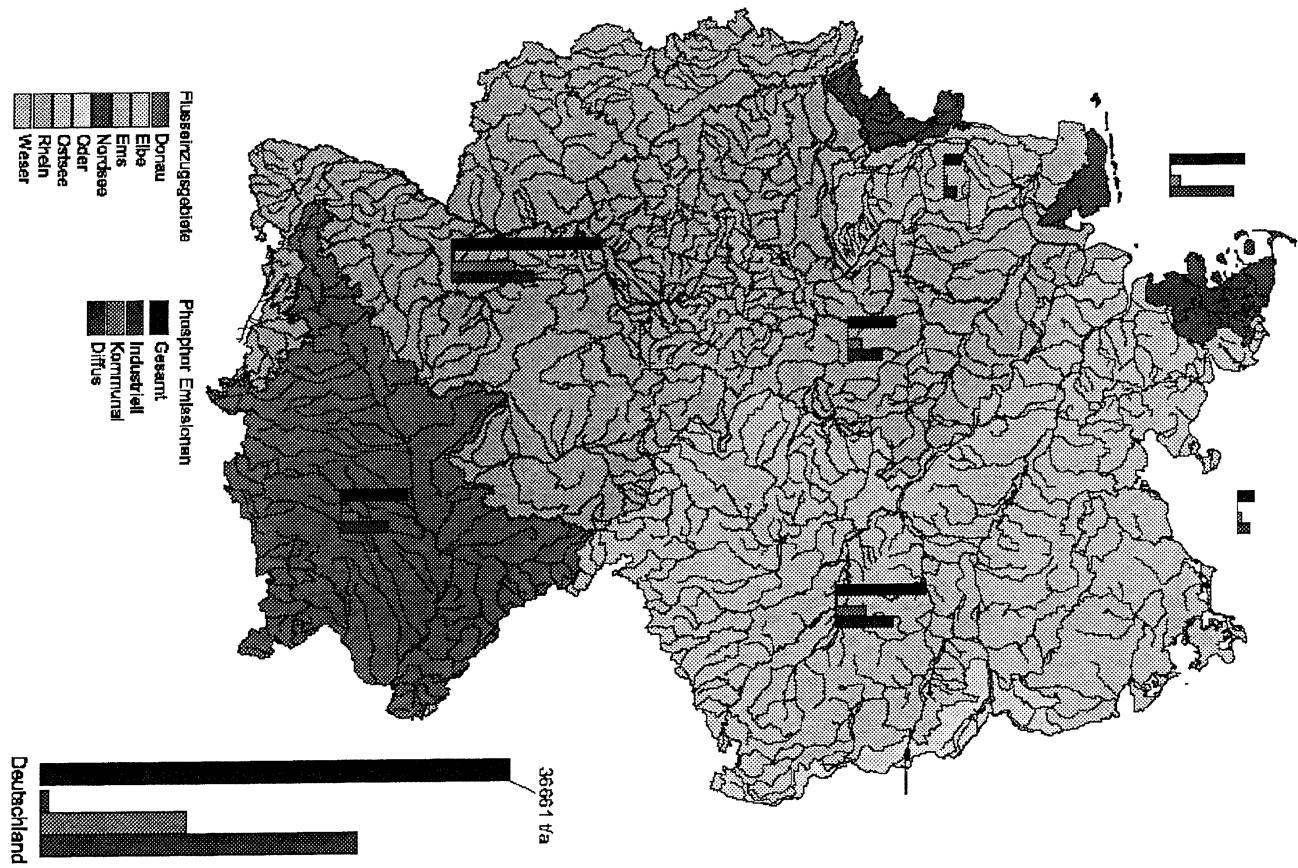


Abbildung 7.1-4: Stickstoff-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in t/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)

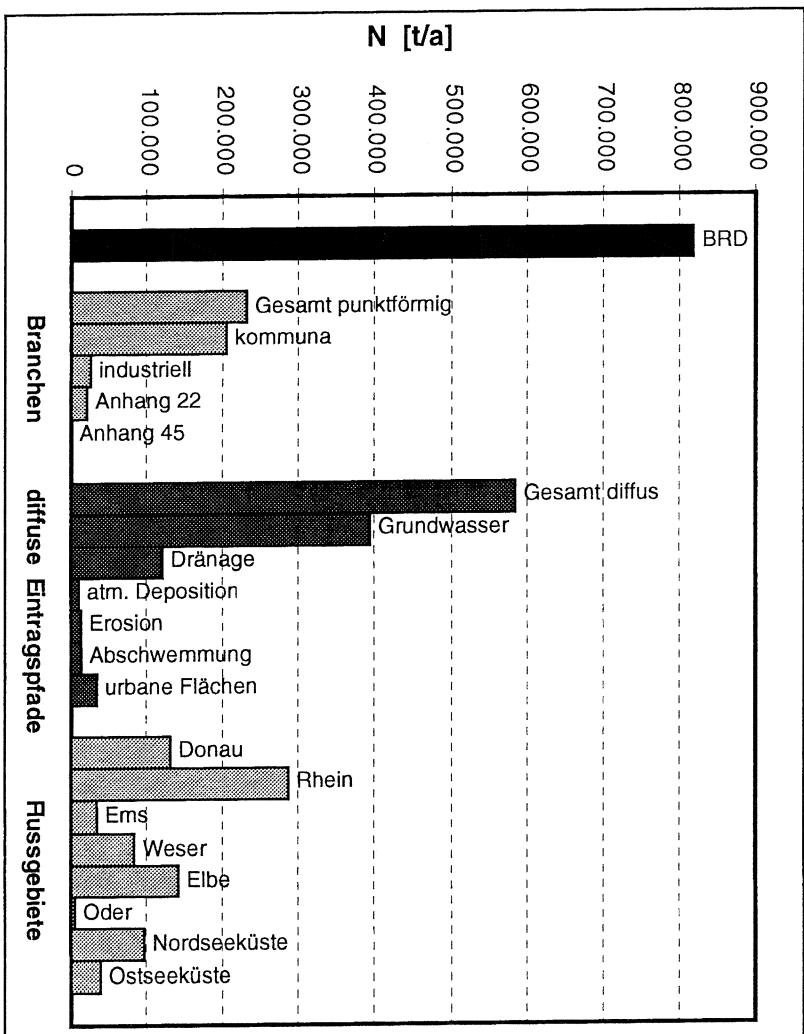


Tabelle 7.1-2: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Stickstoff in Deutschland für das Bezugsjahr 1997

Firmenname	Ort	Anhang nach § 7a	Flussgebiet	Fracht [t/a]	Bemerkung
BA SF AG	Ludwigshafen	22	Rhein	6.351	IKSR, 1998
Bayer AG	Leverkusen	22	Rhein	3.200	IKSR, 1998
Bayer AG, Bayer	Dormagen	22	Rhein	986	Umweltekklärungen 1995, 1998; berechnete Fracht (365 Tage)
Faser GmbH					
LEUNA-Werke Standortservice GmbH	Leuna	22	Elbe	875	IKSE, 1999
LAUBAG	Schwarze Pumpe	Unbekannt	Elbe	418	IKSE, 1999
Solvay Alkali Bernburg GmbH	Bernburg	22/30	Elbe	390	IKSE, 1999
Wacker Chemie GmbH		22	Donau	380	Haskoning, 1999
InfraServ GmbH & Co. Höchst KG	Main	22	Rhein	362	Umweltekklärung 1997
Nitrochemie Aschau GmbH	Aschau	22	Donau	260	Haskoning, 1999
VERBA	Gelsenkirchen	45	Rhein	254	Concawe Meldung für PARCOM

Abbildung 7.1-5: Übersicht über die Stickstoffemissionen industrieller Direkteinleiter

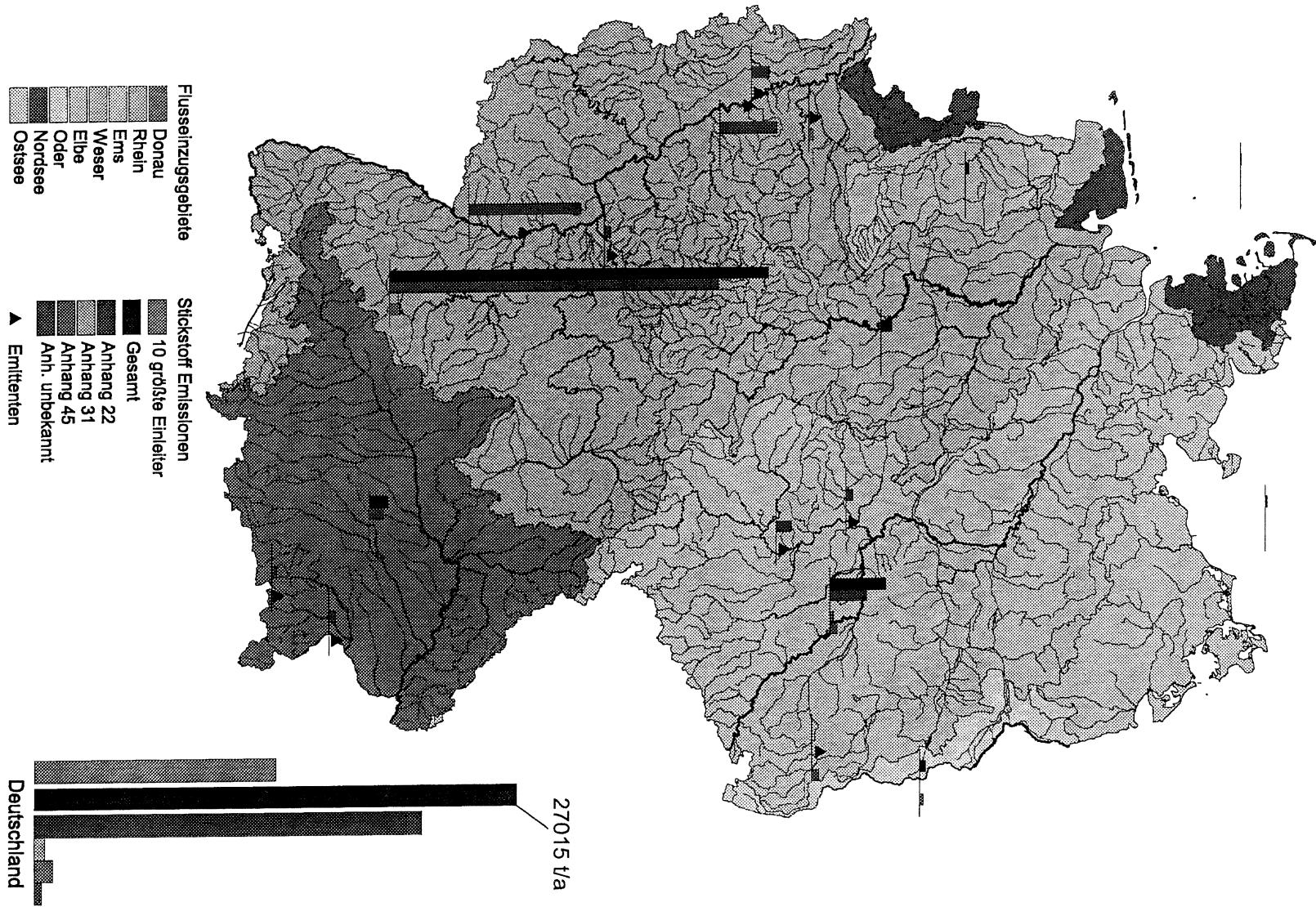
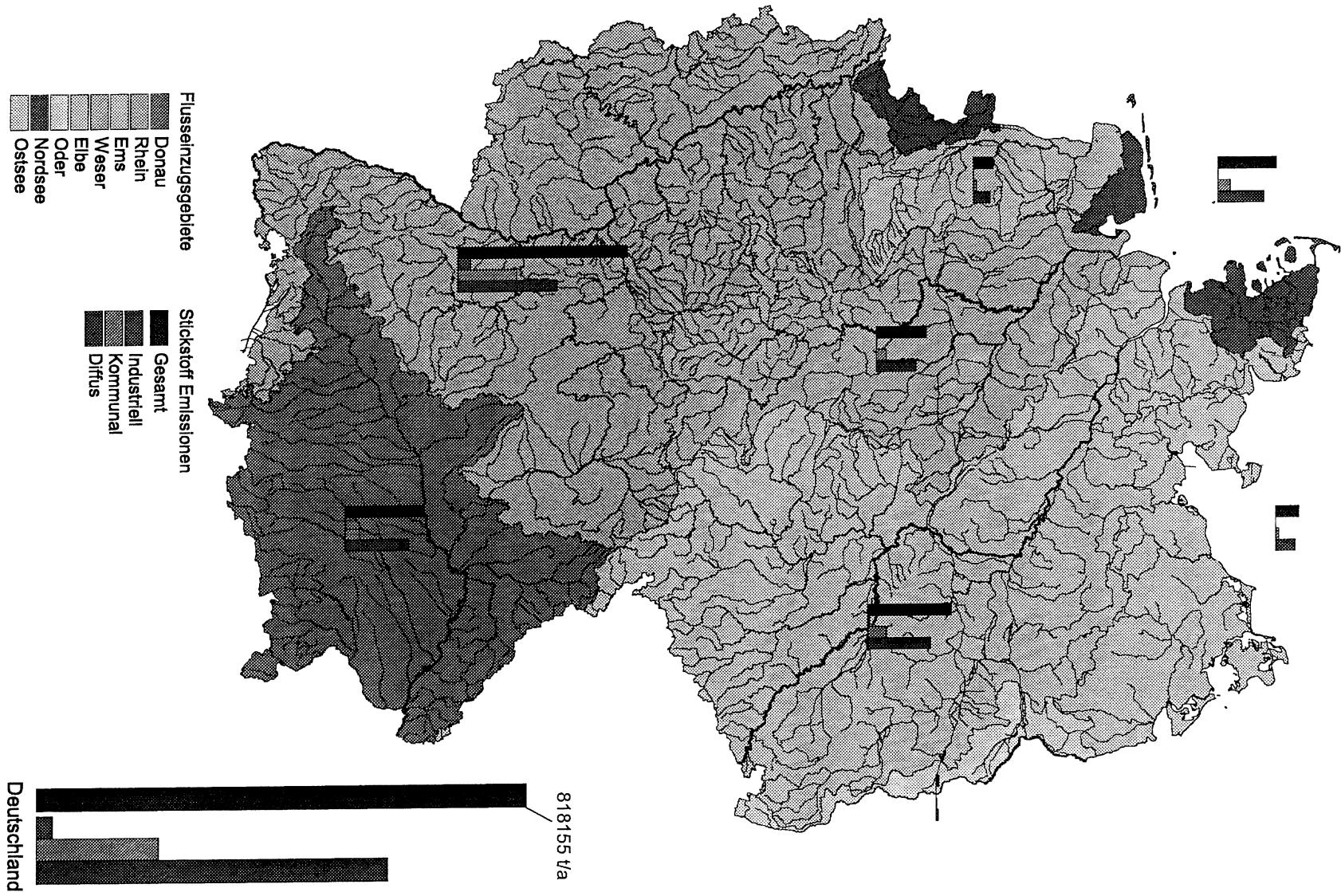


Abbildung 7.1-6: Übersicht über die Stickstoffsinträge in deutsche Gewässer



## 7.2 AOX-Einträge

Für den Parameter AOX lagen nicht von allen Bundesländern Daten zu den industriellen Direkteinleitungen vor. Zusätzlich wurden in erheblichem Umfang Daten aus anderen Quellen (Umwelterklärungen, Berichte der Flussgebietskommissionen, Forschungsvorhaben, etc.) genutzt. Es ist davon auszugehen, dass insbesondere für die Flussgebiete Ems und Weser nicht alle Einleiter erfasst werden konnten, im Vergleich zu den Gesamtfrachten ist jedoch nicht mit einem größeren Fehler zu rechnen. Bei den kommunalen Kläranlagen wurden für die AOX-Ablaufkonzentrationen eigene Erhebungen von Länderdaten sowie Literaturdaten ausgewertet. Die verfügbare Datenmenge war jedoch im Vergleich zu den Schwermetallkonzentrationsdaten viel niedriger, es konnte deshalb auch nur mit einer Durchschnittskonzentration für ganz Deutschland gerechnet werden. Dieser Wert entsprach in etwa den Ergebnissen früherer Auswertungen. Die diffusen Einträge konnten auf Grund der unzureichenden Datenlage nicht quantifiziert werden, sie haben allerdings für den Parameter AOX nach bisherigen Einschätzungen auch nur eine vergleichsweise geringe Bedeutung (vgl. die Hinweise in Kap. 4.2.2).

Die insgesamt in die deutschen Oberflächengewässer von Punktquellen emittierte AOX-Fracht liegt nach den vorliegenden Ergebnissen bei 837 t/a. Die größten Einleitungen treten im Einzugsgebiet des Rheins auf, gefolgt von Elbe und Donau. Der Anteil der industriellen Direkteinleitungen liegt bei knapp unter 50 %, d.h. AOX ist der einzige Parameter, bei dem die industriellen Einleitungen die Größenordnung der kommunalen Einträge erreichen (s. Abbildung 7.2-1). Mit Abstand wichtigste Branche ist der Anhang 22 (Chemische Industrie), dem etwa 80 % der industriellen Einleitungen zuzuordnen sind. Etwa 13 % werden durch die Zellstoff-, Papier- und Pappindustrie (19. AbwVwV, Teil A und Anhang 19B) bestimmt und knapp 4 % vom Bereich Wasseraufbereitung/Kühlsysteme (Anhang 31). Der Anteil der 10 Haupteinleiter an den Gesamteinleitungen ist mit 67 % vergleichsweise hoch (vgl. hierzu Tabelle 7.2-1).

Im Rahmen von Zusatzauswertungen wurden vom Statistischen Bundesamt Berechnungen zur Abwasserschädlichkeit anhand der Umfrageergebnisse für 1995 durchgeführt (StaBu, 1998c). Danach lag die nach Behandlung direkt eingeleitete AOX-Jahresfracht des Bereichs „Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe“ bei 451 t und ergibt somit eine gute Übereinstimmung zu den eigenen Ergebnissen (425 t). Die vom VCI für den Bereich der Chemischen Industrie veröffentlichten Emissionszahlen (für 1997: 304 t) liegen im Vergleich zu den ermittelten Frachten um ca. 10 % niedriger. Ursache dafür könnte sein, dass sich nicht alle der in die Auswertung einbezogenen Firmen an der Erhebung des VCI beteiligt haben bzw. dass teilweise unterschiedliche Datensätze für die Einleiter vorlagen (Daten aus der behördlichen Überwachung bzw. Eigenkontrolldaten). Im Vergleich zu dem für den Rhein für 1996 veröffentlichten Wert (246,5 t/a) ergibt sich mit 246,5 t/a eine sehr gute Übereinstimmung, während bei der Elbe ein großer Unterschied besteht (IKSE für

1997: 200 t/a zu 121 t/a). Diese Diskrepanz ist darauf zurückzuführen, dass bei der Berechnung der Emissionen durch die IKSE teilweise Genehmigungsdaten eingeflossen sind, die deutlich über den tatsächlich eingeleiteten Frachten liegen.

Für die kommunalen Kläranlagen (420 t/a) ergibt sich ebenfalls eine sehr gute Übereinstimmung mit den Zusatzauswertungen des Statistischen Bundesamtes zur Abwasserschädlichkeit (StaBu, 1998c), wonach für 1995 die Jahresfracht bei 414 t lag. Allerdings liegt die für das Rheineinzugsgebiet berechnete Fracht mit 247 t/a deutlich über den Ergebnissen der IKSR (147 t/a). Da die Herkunft der Zahlen der IKSR nicht dokumentiert bzw. je nach Bundesland unterschiedlich ist (z.T. Berechnung über spezifische Emissionsfaktoren, über durchschnittliche Konzentrationen oder anhand von Überwachungsergebnissen), können die Ursachen für diese Abweichung nicht näher analysiert werden. Eine deutlich bessere Übereinstimmung ergibt sich dagegen für das Ostseeküste und Odergebiet: 8,2 t/a), für das sich aus den Untersuchungen von Gluschke (1999) für die kommunalen Kläranlagen eine Fracht von 9,1 t AOX ergibt. Den Werten von Gluschke liegen Untersuchungen an kommunalen Kläranlagen zu Grunde, die ein Drittel der in diesem Gebiet behandelten Einwohnerwerte abdecken.

Abbildung 7.2-1: AOX-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in t/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)

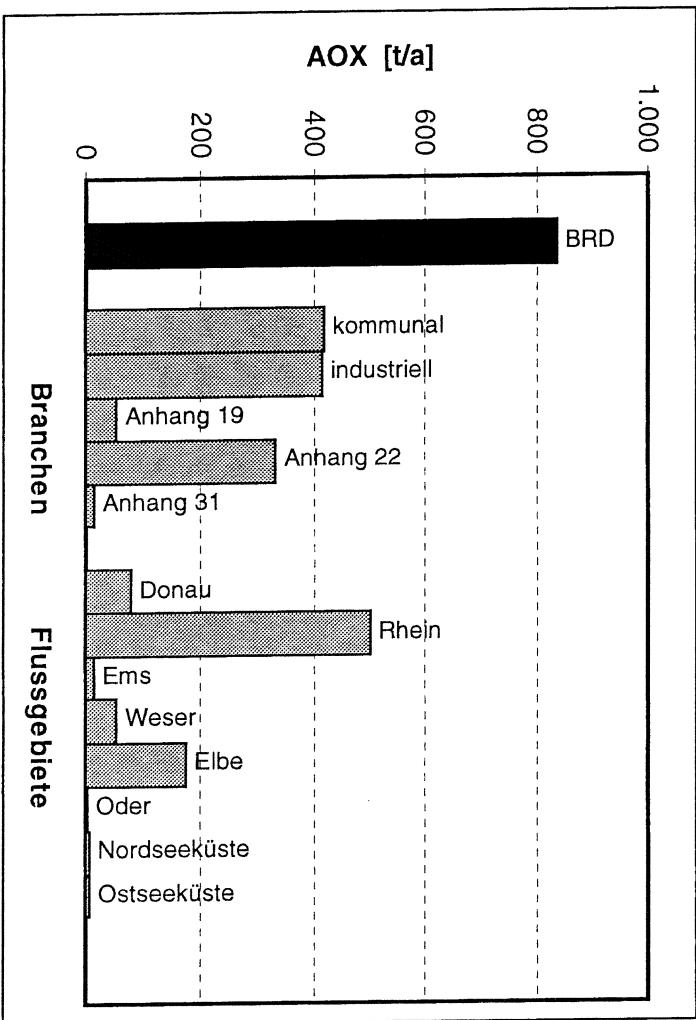


Tabelle 7.2-1: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für AOX in Deutschland für das Bezugsjahr 1997

Firmenname	Ort	Anhang nach § 7a	Flussgew. bietet	Fracht [t/a]	Bemerkung
BASF AG	Ludwigshafen	22	Rhein	74,8	IKSR 1999
DOW Deutsch-land GmbH	Stade	22	Elbe	38,6	IKSE, 1998
Bayer AG	Leverkusen	22	Rhein	37,6	IKSR
Zellstoff und Papierfabrik Blankenstein GmbH <sup>25</sup>	Blankenstein	19	Elbe	30,0	Thüringer Landesanstalt für Umwelt
Bayer AG	Dormagen	22	Rhein	29,3	IKSR 1998
Schering	Bergkamen	22	Rhein	20,9	Direkteinleiter NRW
InfraServ GmbH & Co. Höchst	Frankfurt a. Main	22	Rhein	18,0	IKSR 1998
Wacker Chemie GmbH	Burghausen	22	Donau	12,0	Haskoning, 1999
Buna SOW Leuna Olefin-verbund GmbH	Schkopau	22	Elbe	11,0	IKSE 1999
Ciba-Geigy	Grenzach-Wyhlen	22	Rhein	9,0	IKSR 1998

25 In 1998/1999 Um- bzw. Neubau (Umstellung auf Sulfatzellstoff); in 12/1999 Inbetriebnahme des neuen Werks mit fast doppelter Kapazität, aber voraussichtlich vergleichbaren AOX-Emissionen.

Abbildung 7.2-2: Übersicht über die AOX-Emissionen industrieller Direkteinleiter

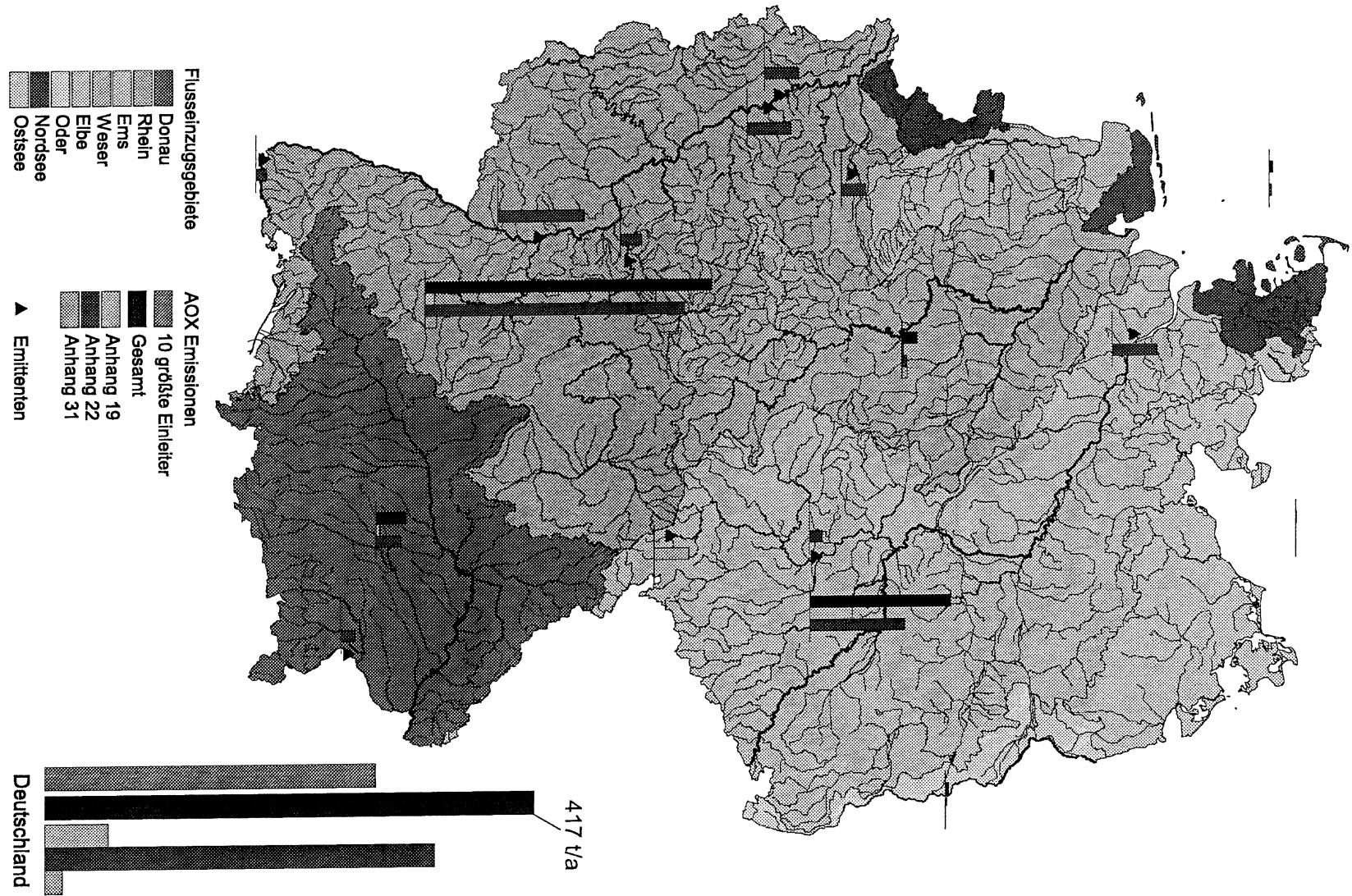
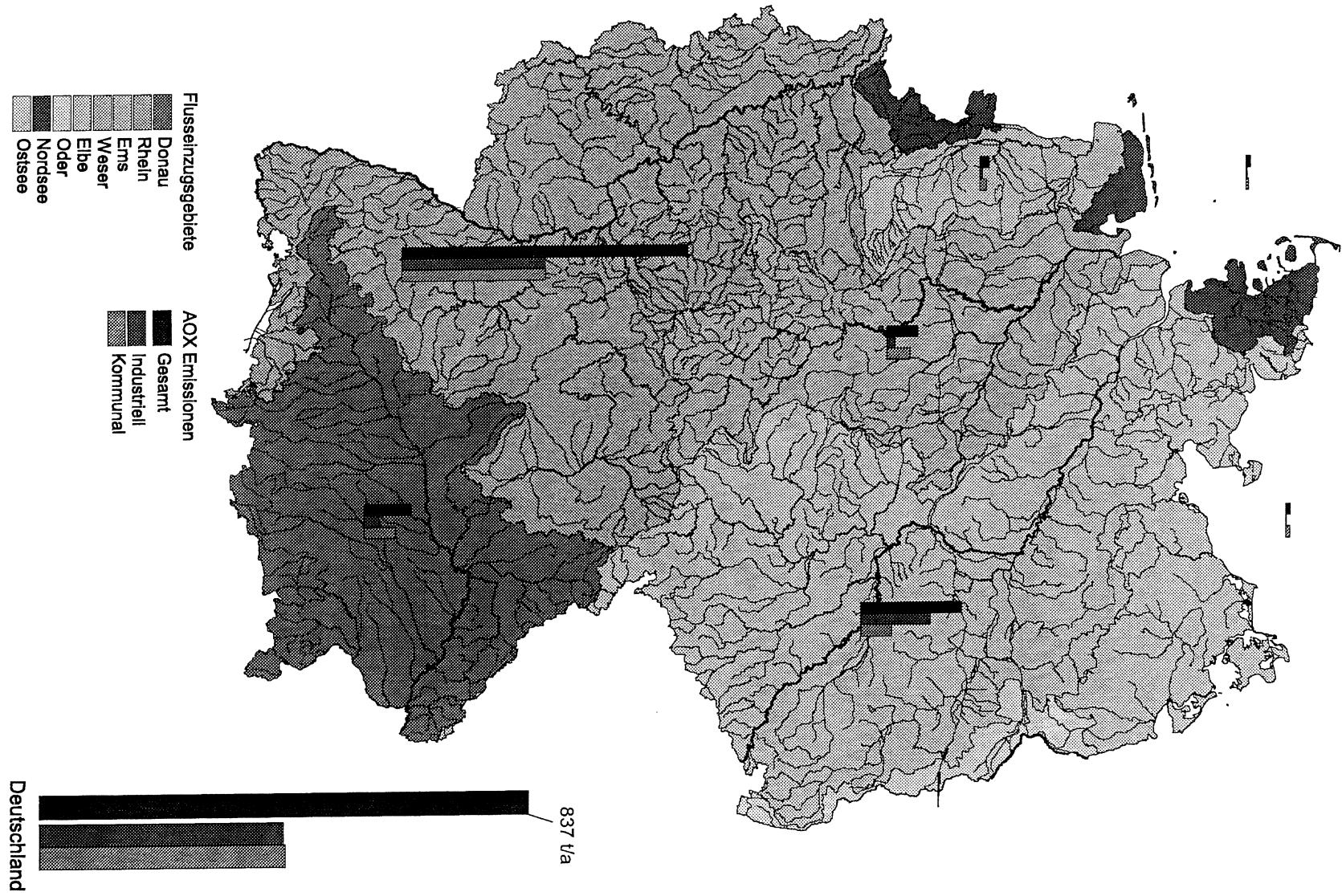


Abbildung 7.2-3: Übersicht über die AOX-Einträge in deutsche Gewässer



### 7.3 Schwermetalle

Bei den untersuchten Schwermetallen Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Blei und Zink wurden für die industriellen Einleitungen als Grunddaten vor allem die Daten der Bundesländer genutzt. Für Arsen lagen aber nur in einigen Bundesländern Daten aus der Überwachung vor, weshalb die Darstellung unvollständig ist. Aus diesem Grund war es nicht sinnvoll, in die Liste der wichtigsten Einleiter mehr als sechs Betriebe aufzunehmen. Arsen wird auch in kommunalen Kläranlagen kaum gemessen, ebenso wenig gibt es Angaben zu diffusen Emissionen.

Die Emissionen der industriellen Direkteinleiter wurden bei den Bundesländern systematisch abgefragt und durch Daten aus Umwelterklärungen, Forschungsberichte u.a. ergänzt bzw. abgeglichen. Die Einträge der kommunalen Kläranlagen wurden auf Basis einer bundesweiten Recherche der Ablaufkonzentrationen ermittelt und daraus repräsentative Ablaufkonzentrationen für die großen Flussgebiete abgeleitet. Mit größeren Unsicherheiten sind die abgeschätzten diffusen Emissionen behaftet, da bei deren Abschätzung eine Vielzahl von fachlich begründeten Annahmen getroffen werden musste. Bei der Interpretation der Ergebnisse sollte man sich der Unsicherheiten dieser Abschätzungen bewusst sein (vgl. Böhm et al., 2000).

Einige der größten industriellen Direkteinleiter von Schwermetallen liegen am Rhein und der Elbe, so dass sie in den Flussgebietsberichten der IKSR und IKSE genannt sind. Um den Behörden und Firmen Rückfragen zu ersparen, wurde auf diese Daten zurückgegriffen, bei starken Abweichungen der Werte wurde diesen nachgegangen.

Von den Schwermetallen werden etwa 35-39 % im Flussgebiet des Rheins emittiert (ohne Arsen, bei Hg und Nickel ca. 44 bzw. 43 %). Danach folgt die Elbe mit 21-28 %, die Donau mit um 17 % (Chrom 22 % und Quecksilber 12 %) und die Weser mit 11 % (Quecksilber 14 %). In die Küstengebiete gelangen ca. 6 % der Schwermetallfrachten, danach folgen Ems (3 %) und Oder (ca. 1 %). Die Gesamtemissionen sind in Tabelle 7.4-1 angegeben.

Die geschilderten Unsicherheiten bei der Abschätzung der diffusen Eintragspfade sind bei Betrachtung der Gesamtergebnisse deshalb von ganz besonderer Bedeutung, weil die diffusen Einträge bei den untersuchten Schwermetallen die Summe punktueller Einträge aus der Industrie und kommunalen Kläranlagen deutlich übersteigen. Der Anteil der diffusen Quellen liegt im Durchschnitt über alle Schwermetalle bei 77 %. Die wichtigsten Eintragspfade bei den diffusen Emissionen sind die urbanen Flächen (dies sind vor allem die bei Regen über die Trenn- oder Misch-

kanalisation direkt in die Gewässer abgeleiteten Wassermengen) und die Erosion mit jeweils 32 bzw. 30 %. Bei den Schwermetallen entspricht der Basisabfluss der geogenen Hintergrundbelastung und wird daher in einigen Veröffentlichung nicht mehr als eigentliche „Emission“ darstellt (z. B. in IKSR, 1999). Bezieht man die geogenen Quellen als diffusen Eintragspfad mit ein, liegt ihr Anteil bei 20 % (Chrom 36 %, Nickel 33 %). Die Dränen spielen außerdem bei Cadmium und Zink eine wichtige Rolle, mit 13 bzw. 12 % der gesamten diffusen Emissionen (Böhm et al., 2000).

Der Anteil der kommunalen Kläranlagen an den Gesamtemissionen der Schwermetalle liegt zwischen 8 % (Blei) und 40 % (Quecksilber).

Der Anteil der industriellen Quellen an den gesamten punktförmigen Emissionen der Schwermetalle lag 1997 im Durchschnitt bei 23 % (zwischen 7 % bei Hg und 38 % bei Pb). Hauptquelle der industriellen Einleitungen ist der Anhang 22 (Chemische Industrie), der im Durchschnitt über alle Schwermetalle etwas mehr als 1/3 der Fracht emittiert. Beim Cadmium dominiert jedoch der Anhang 39 auf Grund einer hohen Emission aus einem Altstandort des Kupferbergbaus die industriellen Emissionen. Dieser Standort findet sich auch in den hohen Anteilen des Anhangs 39 an den Kupfer- und Bleiemissionen wieder. Weitere wichtige Branchen für Cadmiumemissionen sind die Chemische Industrie (Anhang 22), die Sodaerzeugung (Anhang 30) und die Papiererzeugung (Anhang 19). Die industriellen Chromeinleitungen kommen hauptsächlich aus Betrieben nach Anhang 22 und 48 (Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe), geringere Bedeutung hat die Eisenschaffende Industrie (Anhang 24) und die Sodaerzeugung. Für Quecksilber ist der wichtigste Herkunftsgebiet der Anhang 22, weitaus geringere Bedeutung haben der Anhang 47 (Rauchgaswäsche) sowie die Anhänge 19, 30 und 48. Vergleichbare Bedeutung hat der Anhang 22 beim Nickel; hier sind ansonsten noch die Papierindustrie, die Eisenschaffende Industrie (Anhang 24), die Sodaerzeugung (Anhang 30) und die Metallbe- und verarbeitung (Anhang 40) zu nennen. Bei den Bleiemissionen dominiert der Anhang 39 auf Grund des oben genannten Betriebes, es folgt der Anhang 30 und dann Anhang 22. Die erhobenen Zinkemissionen stammen vor allem aus der Chemischen Industrie (Anhang 22), der Chemiefaserproduktion (Anhang 43) und der Eisenschaffenden Industrie (Anhang 24).

In Tabelle 7.3-1 ist ein Vergleich der ermittelten industriellen Einleitungen (kursiv) mit denen des Verbandes der Chemischen Industrie für Gesamtdeutschland dargestellt. Die erhobenen Werte sind geringer als die vom Verband angegebenen, auch wenn man nicht nur den Anhang 22 betrachtet sondern die Anhänge 30, 31, 37, 42, 43 sowie die Ableitungen nach der 44. AbwasserVwV und der 48. AbwasserVwV dazuzählt (siehe Zeile „Alle Chemie-Anhänge“). Die Anteile der erhobenen Werte an den Daten des VCI liegen zwischen 70 % (Arsen) und 98 % (Zink). Die wesentlichen Ursachen für die geringeren Frachten dürften darin liegen, dass auch Firmen zum VCI gehören, die nicht zur klassischen Chemie nach § 7a gehören (Raffinerien,

Nichteisenmetalle, Lebensmittel u.a.) und dass die Daten der Mitgliedsfirmen auf andere Datenkollektive (Eigenkontrollwerte) zurückgehen. Die Werte der Erhebung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute VDEh für den Anhang 24 werden bei Blei und Zink nicht erreicht.

Tabelle 7.3-1: Vergleich einiger aggregierter Auswertungen mit Verbandsangaben

[kg/a]	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
VCI, 1997	2.000	340	22.000	28.000	222	22.000	13.000	116.000
<i>Anhang 22</i>	600	182	6.866	19.042	148	13.460	3.044	58.915
<i>Alle Chemie-Anhänge</i>	1.410	290	16.450	21.890	176	15.970	11.690	113.900
VCI, Rhein 1996	1.800	350	15.000	25.000	150	20.000	15.000	100.000
VCI, Rhein 1998	2.000	250	13.000	20.000	130	18.000	14.000	80.000
<i>Anhang 22, Rhein</i>	580	130	5.660	15.870	97	10.660	2.410	46.570
VDEh, Rhein 1998			5	970	514		1.065	8.910
<i>Anhang 24, Rhein</i>	0	3	870	515	1	1.110	400	3.580

*in kursiv: Ergebnisse der eigenen Erhebungen,für 1997*

Tabelle 7.3-2: Liste der sechs größten industriellen Direkteinleiter für Arsen in Deutschland für das Bezugsjahr 1997

Firmenname	Ort	Anhang nach § 7a	Flussgebiet	Fracht [kg/a]	Bemerkung
Solvay Alkali GmbH	Rheinberg	22	Rhein	810	IKSR, 1998
WISMUT GmbH, Sanierungsbergbau	Ronneburg		Elbe	230	Direkteinleiter Sachsen 1998
Bayer AG	Leverkusen	22	Rhein	216	IKSR, 1998
Bayer AG	Dortmagen	22	Rhein	113	IKSR, 1998
Fa. Intraserv GmbH und Co. Höchst KG	Frankfurt	22	Rhein	77	Direkteinleiter Hessen 1997
Entwässg. Altstandort Kupferschieferbergbau	Mansfeld	39	Elbe	73	Direkteinleiter Sachsen-Anhalt 1997

Abbildung 7.3-1: Übersicht über die Arsen-Emissionen industrieller Direkteinleiter

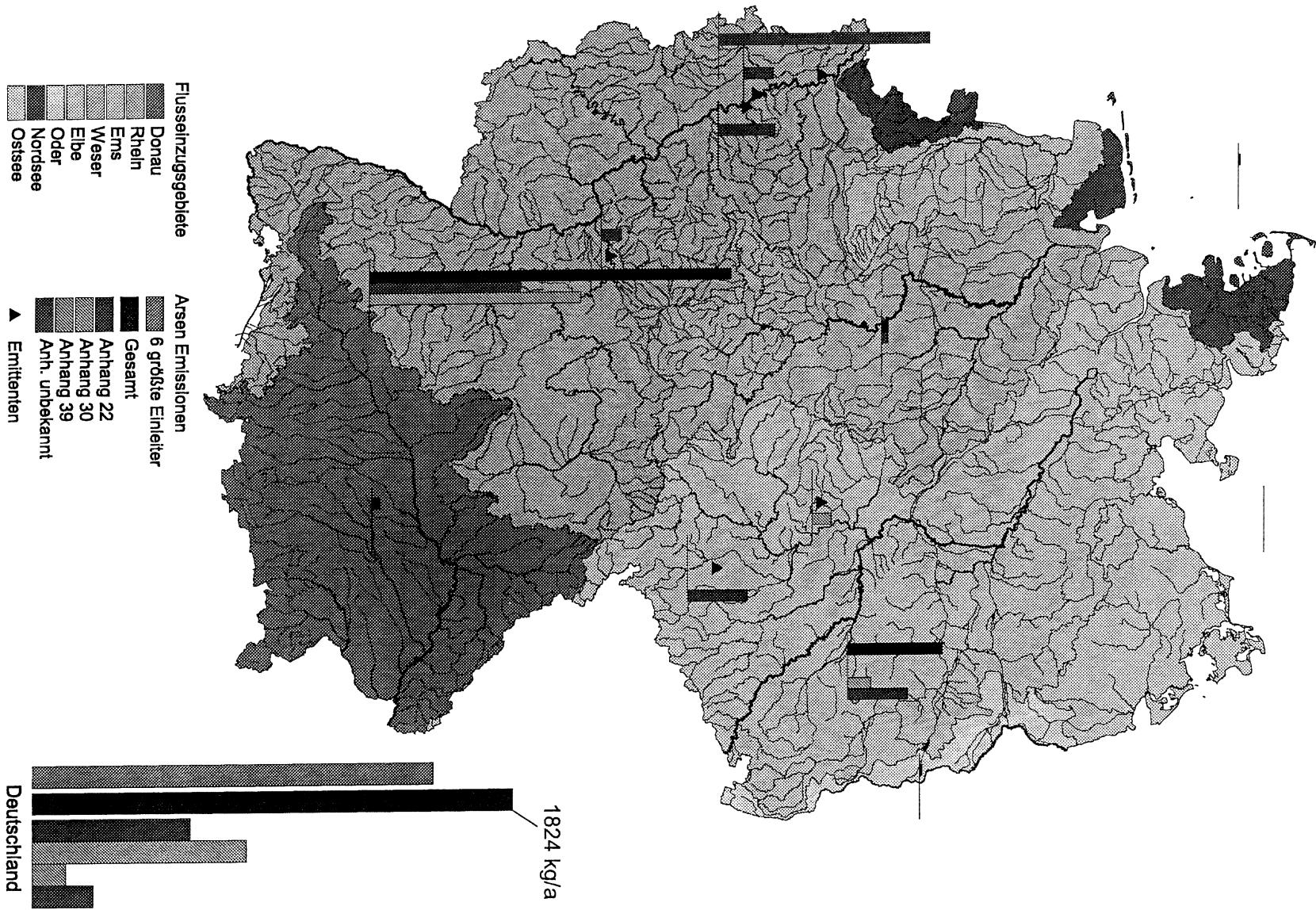
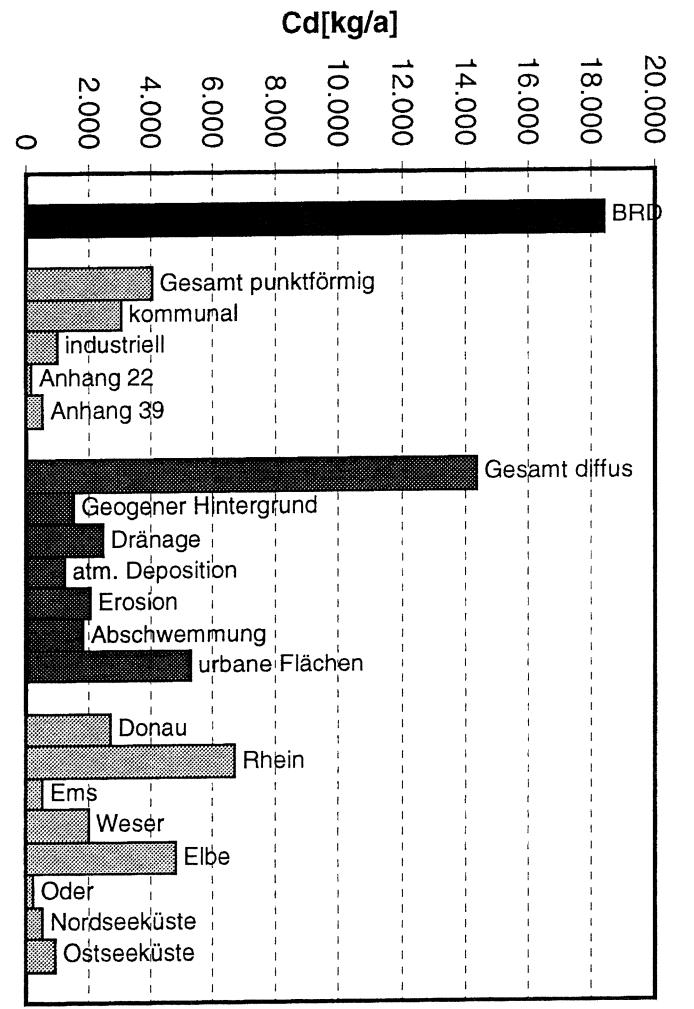


Abbildung 7.3-2: Cadmium-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)



### Branchen diffuse Eintragspfade Flussgebiete

Tabelle 7.3-3: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Cadmium in Deutschland für das Bezugsjahr 1997

Firmenname	Ort	Anhang nach § 7a	Fluss-gebiet	Fracht [kg/a]	Bemerkung
Entwässerung, Altstandort Cu-schleiferbergbau	Mansfeld	39	Elbe	41	Direkteinleiter Sachsen-Anhalt 1997
BASF AG	Ludwigshafen	22	Rhein	70	IKSR 1998
Solvay Alkali GmbH	Rheinberg	30	Rhein	50	Umwelterklärung
Bayer AG	Leverkusen	22	Rhein	48	IKSR, 1998
Bayer AG	Dormagen	22	Rhein	34	N.N.
Solvay	Bernburg	30	Elbe	20	Umwelterklärung 1998
SVZ	Schwarze Pumpe	Elbe	19	IKSE, 1999	Direkteinleiter Sachsen 1997
Wacker-Chemie	Burglauen	22	Donau	18	Direkteinleiter Sachsen 1997/98
		19	Rhein	17	Umweltbericht 1997/98

26 Die Cd Konzentrationen im Abwasser dieser Papierfabrik liegen nahe der Bestimmungsgrenze. Von anderen Einleitern nach Anhang 19 wurden, bei deutlich höheren Bestimmungsgrenzen, nur Messwerte kleiner Bestimmungsgrenze angegeben. Frachten konnten in diesen Fällen nicht berechnet werden

### Abbildung 7.3-3: Übersicht über die Cadmium-Emissionen industrieller Direkt-einleiter

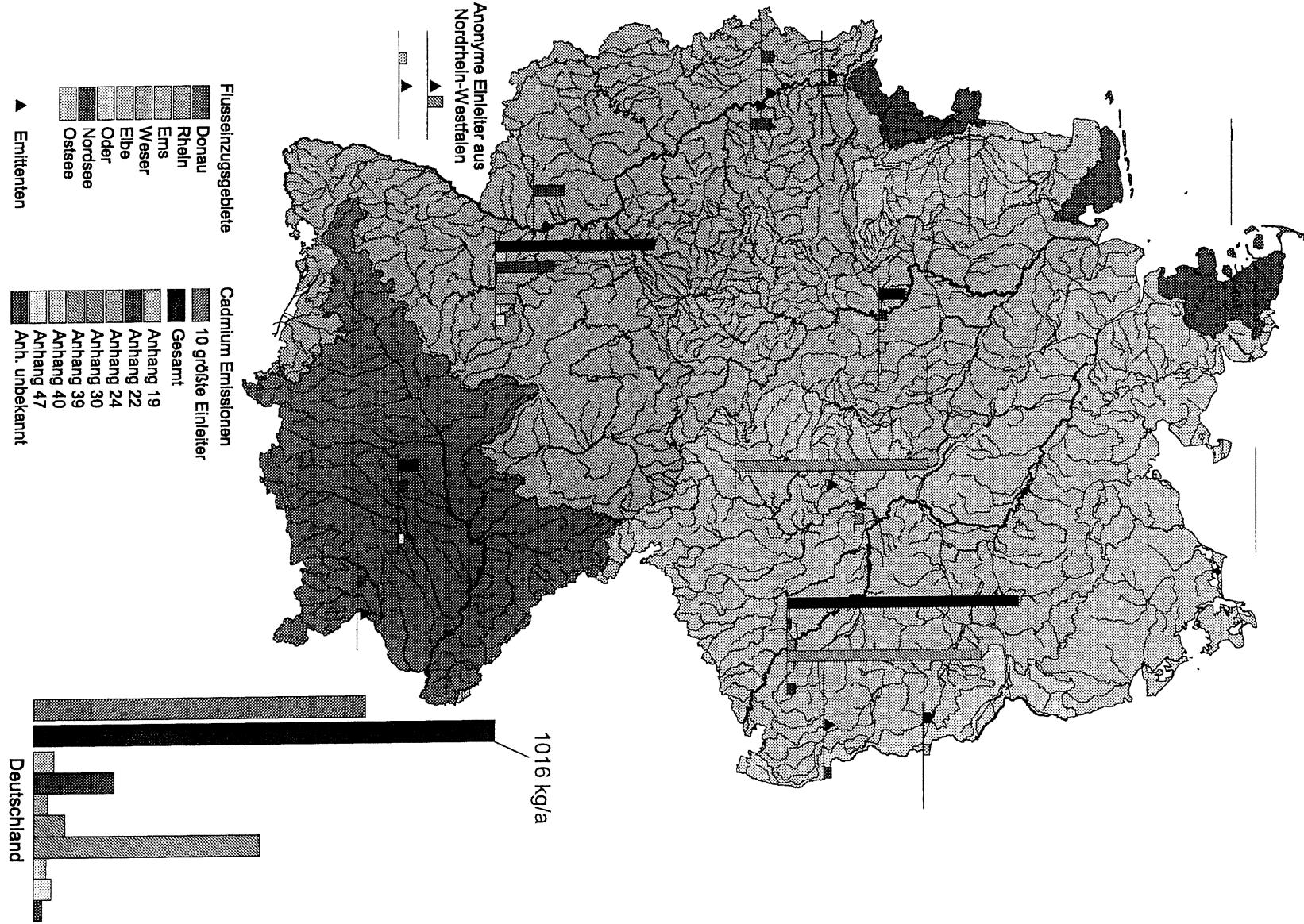


Abbildung 7.3-4: Übersicht über die Cadmium-Einträge in deutsche Gewässer

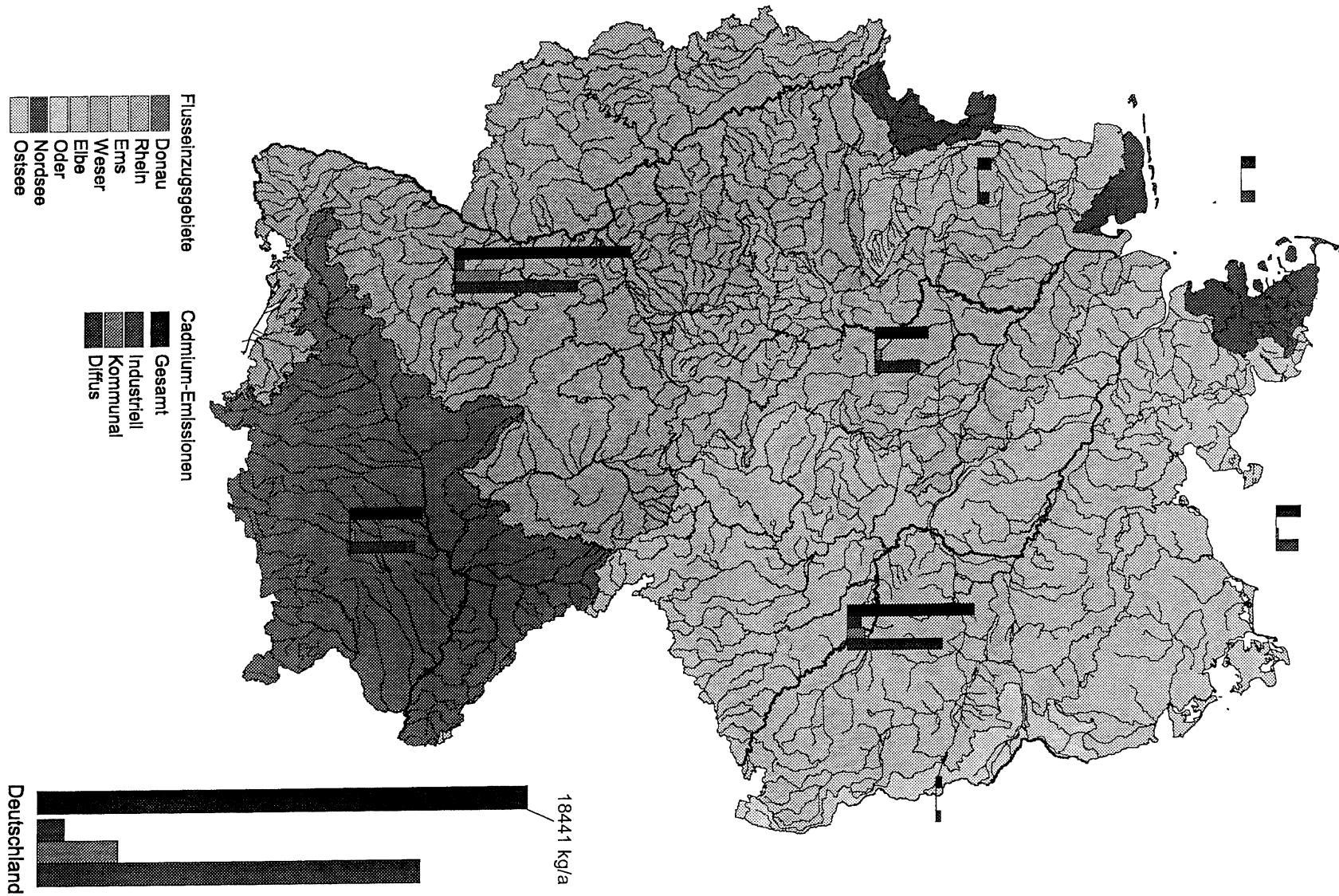


Abbildung 7.3-5: Chrom-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)

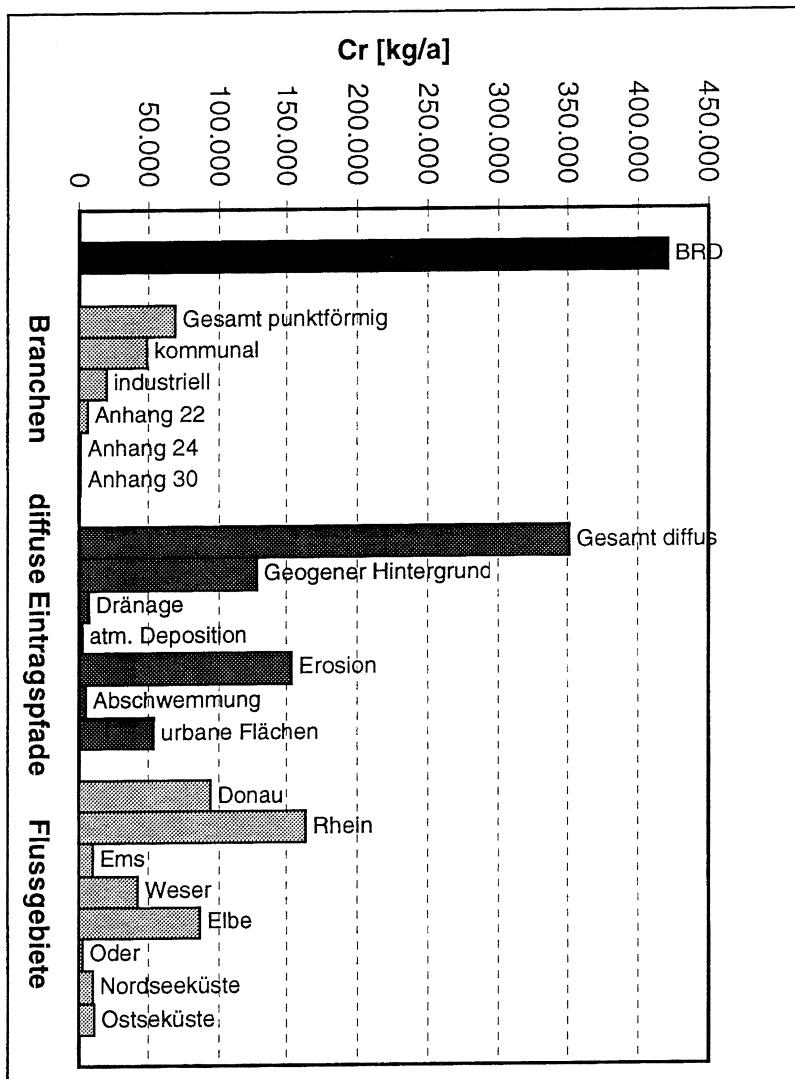


Tabelle 7.3-4: Liste der zehn größten Direkteinleiter für Chrom in Deutschland für das Bezugsjahr 1997

Firmenname	Ort	Anhang nach § 7a	Flussgebiet	Fracht [kg/a]	Bemerkung
Kronos-Titan	Nordenham	48	Nordsee	3.021	Umweltbericht
Sachtleben,	Duisburg	48	Rhein	<b>2.670</b>	IKSR, 1998
BASF AG	Ludwigs-	22	Rhein	2.300	IKSR, 1998
Bayer AG	Leverku-	22	Rhein	<b>2.189</b>	IKSR, 1998
Bayer AG	sen	48	Rhein	<b>2.100</b>	Direkteinleiter NRW 1997
Wacker-Chemie	Krefeld	48	Rhein	<b>846</b>	Umweltbericht 1997/98
Ciba, Grenzach-	Grenzach-	22	Rhein	<b>583</b>	Umweltbericht
GmbH	Wyhlen				
Solvay	Bernburg	30	Elbe	<b>500</b>	IKSE, 1999
Solvay	Rheinberg	30	Rhein	<b>500</b>	Umwelterklärung
Stahlwerke	Bremen	24A	Weser	<b>498</b>	Direkteinleiter Bremen 1997
Bremen					

Abbildung 7.3-6: Übersicht über die Chrom-Emissionen industrieller Direktelin-  
leiter

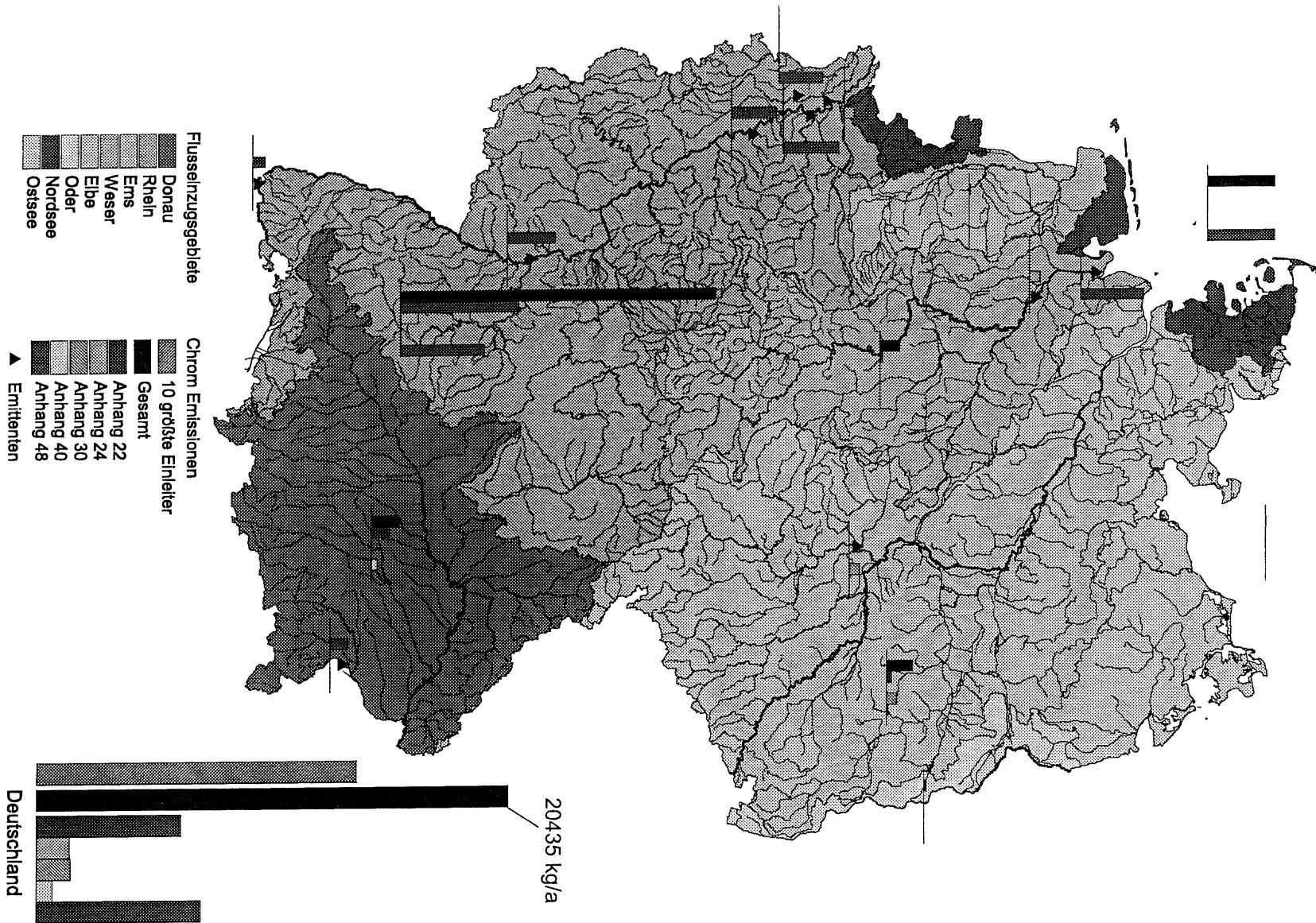


Abbildung 7.3-7: Übersicht über die Chrom-Einträge in deutsche Gewässer

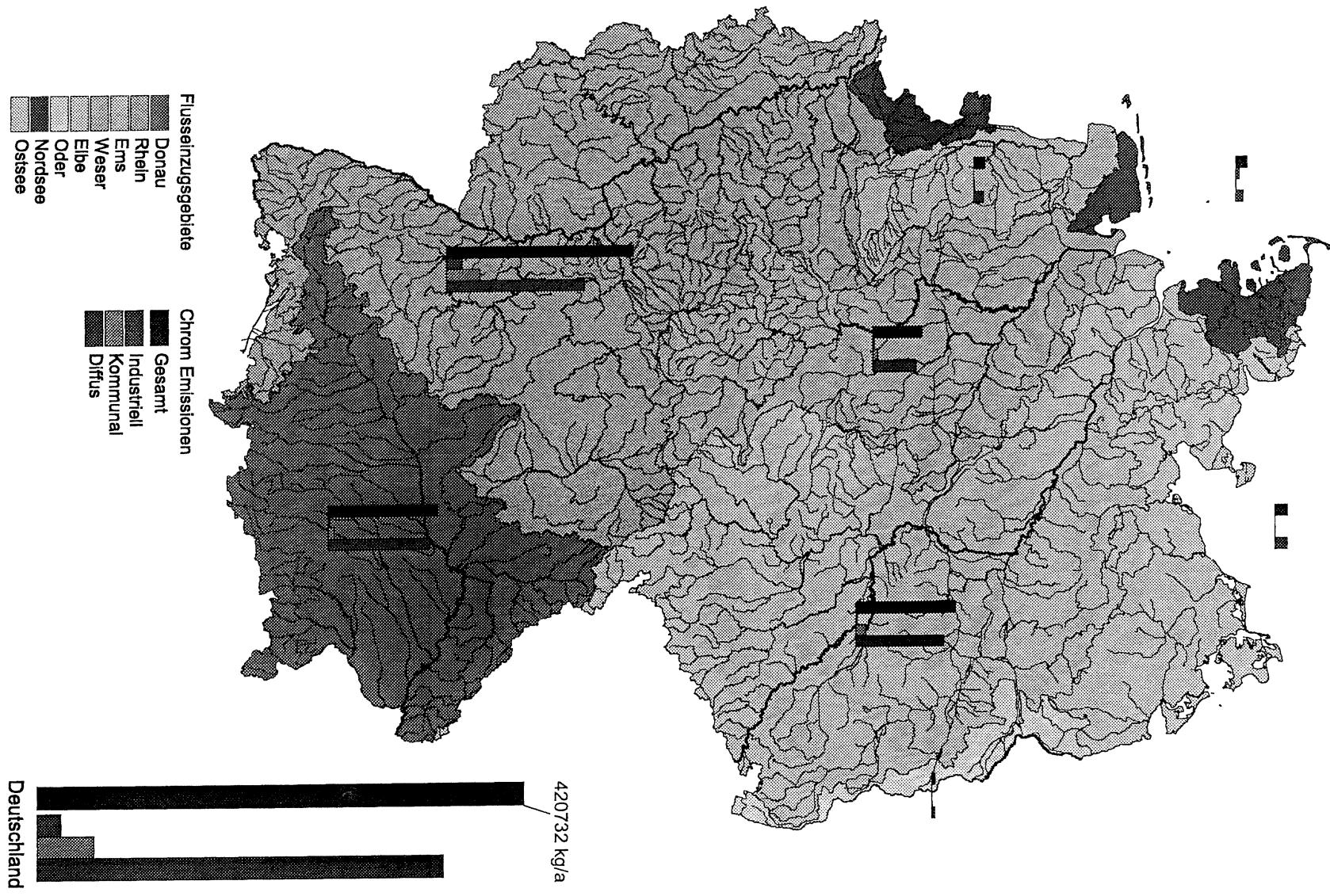


Abbildung 7.3-9: Kupfer-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)

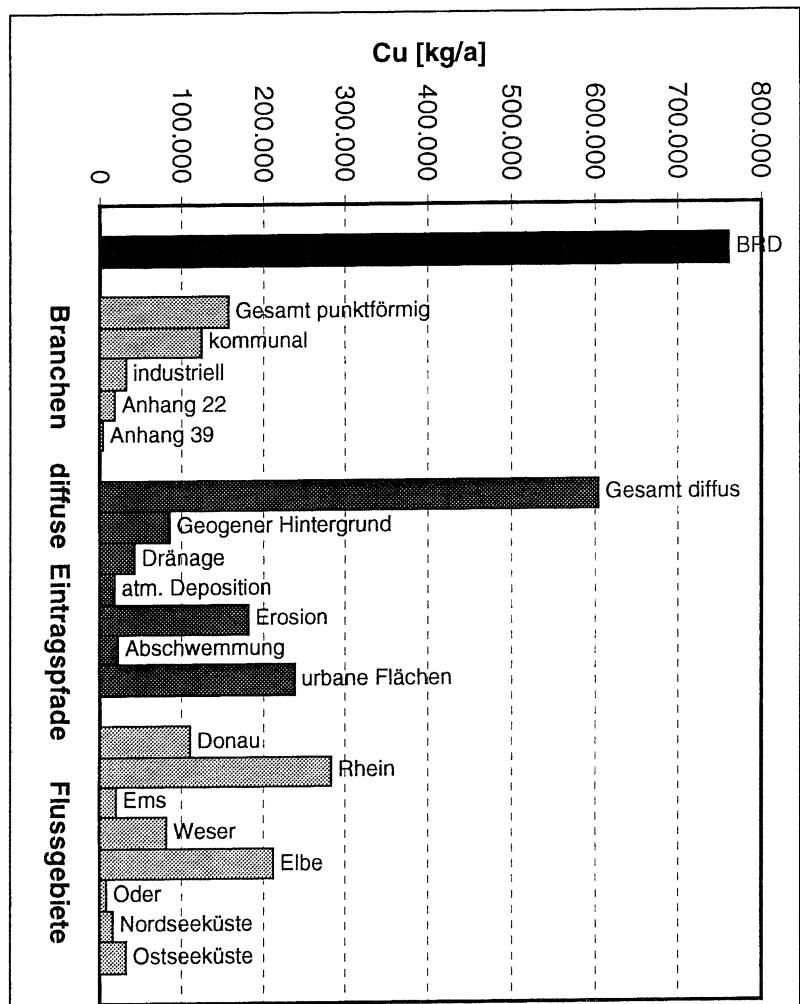


Tabelle 7.3-5: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Kupfer in Deutschland für das Bezugsjahr 1997

Firmenname	Ort	Anhang nach § 7a	Fluss-gebiet	Fracht [kg/a]	Bemerkung
BASF AG	Ludwigshafen	22	Rhein	<b>8.000</b>	IKSR, 1993
Bayer AG	Leverkusen	22	Rhein	<b>5.610</b>	Direkteinleiter Sachsen-Anhalt 1997
Entwässerung. Alt-standort Kupfer-schleiferbergbau	Mansfeld	39	Elbe	<b>3.764</b>	
Solvay	Rheinberg	30	Rhein	<b>1.210</b>	Umwelterklärung
Wacker -Chemie	Burghausen	22	Donau	<b>1.200</b>	Umweltbericht 1997/98
Bayer AG	Brunsbüttel	22	Elbe	<b>1.110</b>	Direkteinleiter Schleswig-Holstein 1997
Norddeutsche Affi-niere	Hamburg	39	Elbe	<b>523</b>	Direkteinleiter Hamburg, einzige Primär kupferhütte in D mit Produktion von 435.000 t in 1999
Fa. Intraserv GmbH und Co. Höchst KG		22	Elbe	<b>506</b>	N.N.
Ciba Spezialitäten-chemie GmbH	Grenzach	22	Rhein	<b>435</b>	Umweltbericht

Abbildung 7.3-10: Übersicht über die Kupfer-Emissionen industrieller Direkteinleiter

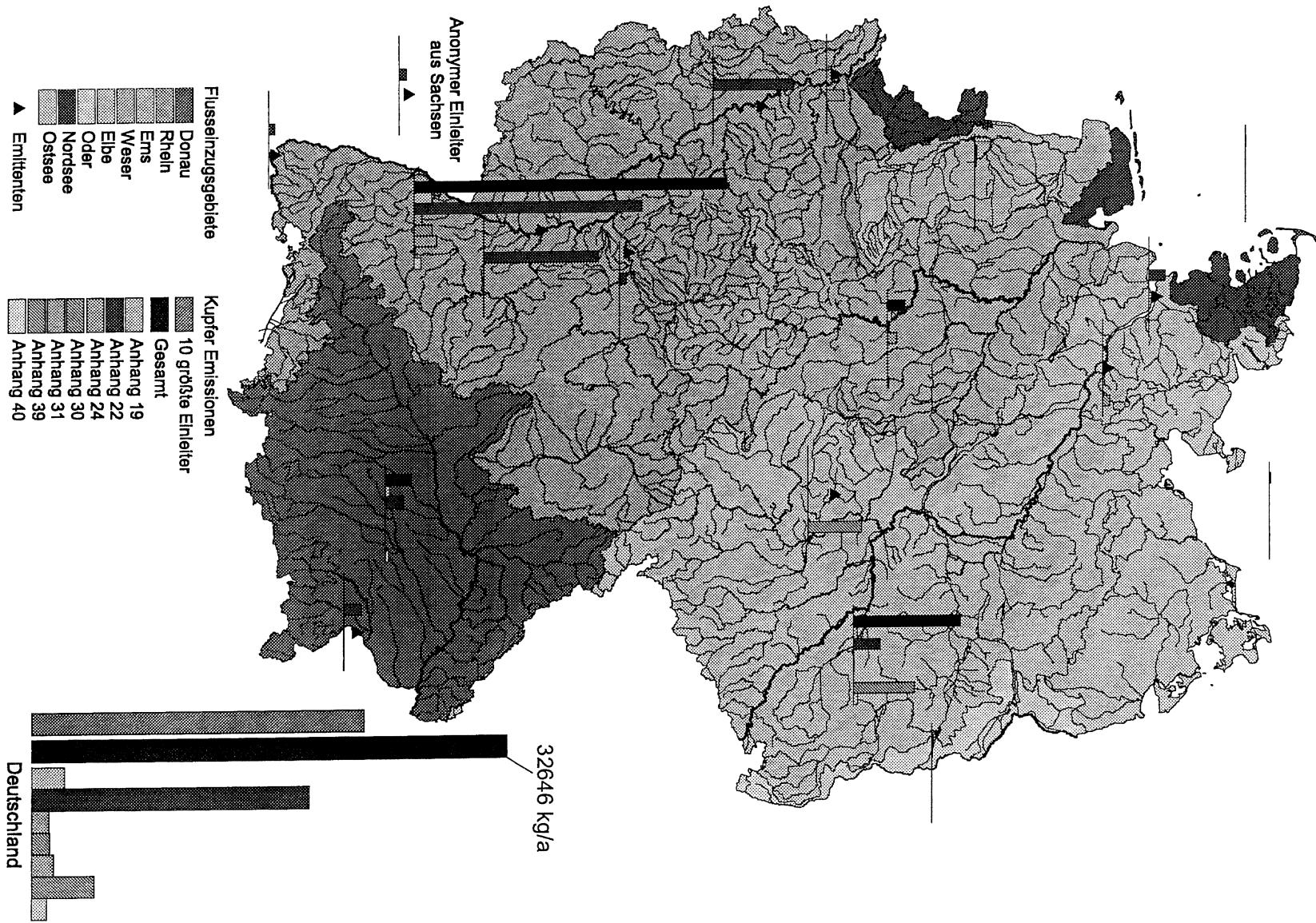


Abbildung 7.3-11: Übersicht über die Kupfer-Einträge in deutsche Gewässer

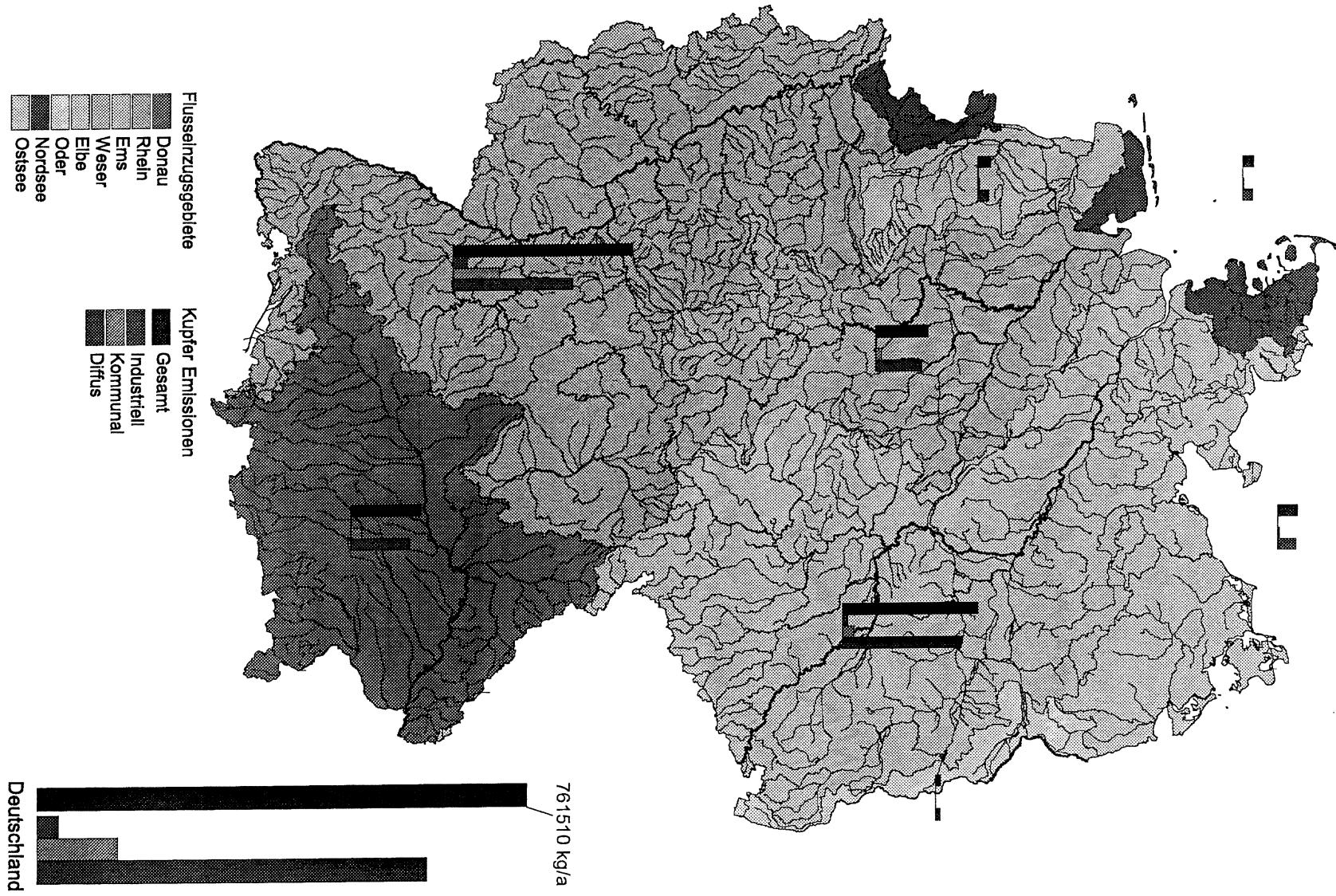


Abbildung 7.3-12: Quecksilber-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)

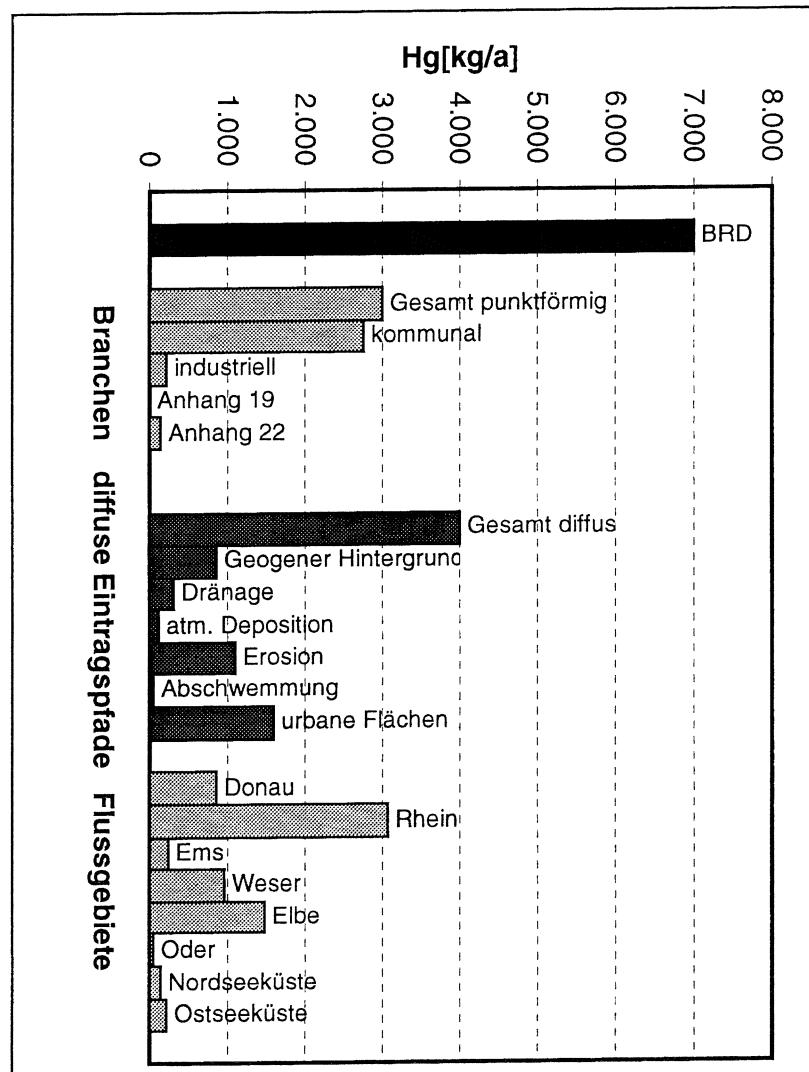


Tabelle 7.3-6: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Quecksilber in Deutschland für das Bezugsjahr 1997

Firmenname	Ort	Anhang nach § 7a	Flussgebiets-Flachtrichtung	Bemerkung
SOW Olefinverbund	Leuna Schkopau	22	Elbe	44,3 IKSE, 1999
BASF AG	Ludwigs-	22	Rhein	29,0 IKSR, 1998
Bayer AG	hafen Leverku-	22	Rhein	26,0 IKSR, 1998
Hüls, Marl	sen	22	Rhein	15,0 IKSR, 1998
Solvay	Rheinberg	30	Rhein	10,0 Umweltbericht
Laubag Schwarze Pumpe	Schwarze Pumpe		Elbe	9,0 IKSE, 1999
Hüls AG	Troisdorf	22	Rhein	8,0 IKSR, 1998
Bayer AG	Dormagen	22	Rhein	7,7 Umweltbericht 1998
Bayer AG	Krefeld	48	Rhein	7,0 Direkteinleiter NRW 1997
		48	Rhein	6,8 N.N.

Abbildung 7.3-13: Übersicht über die Quecksilber-Emissionen industrieller Direkt-einleiter

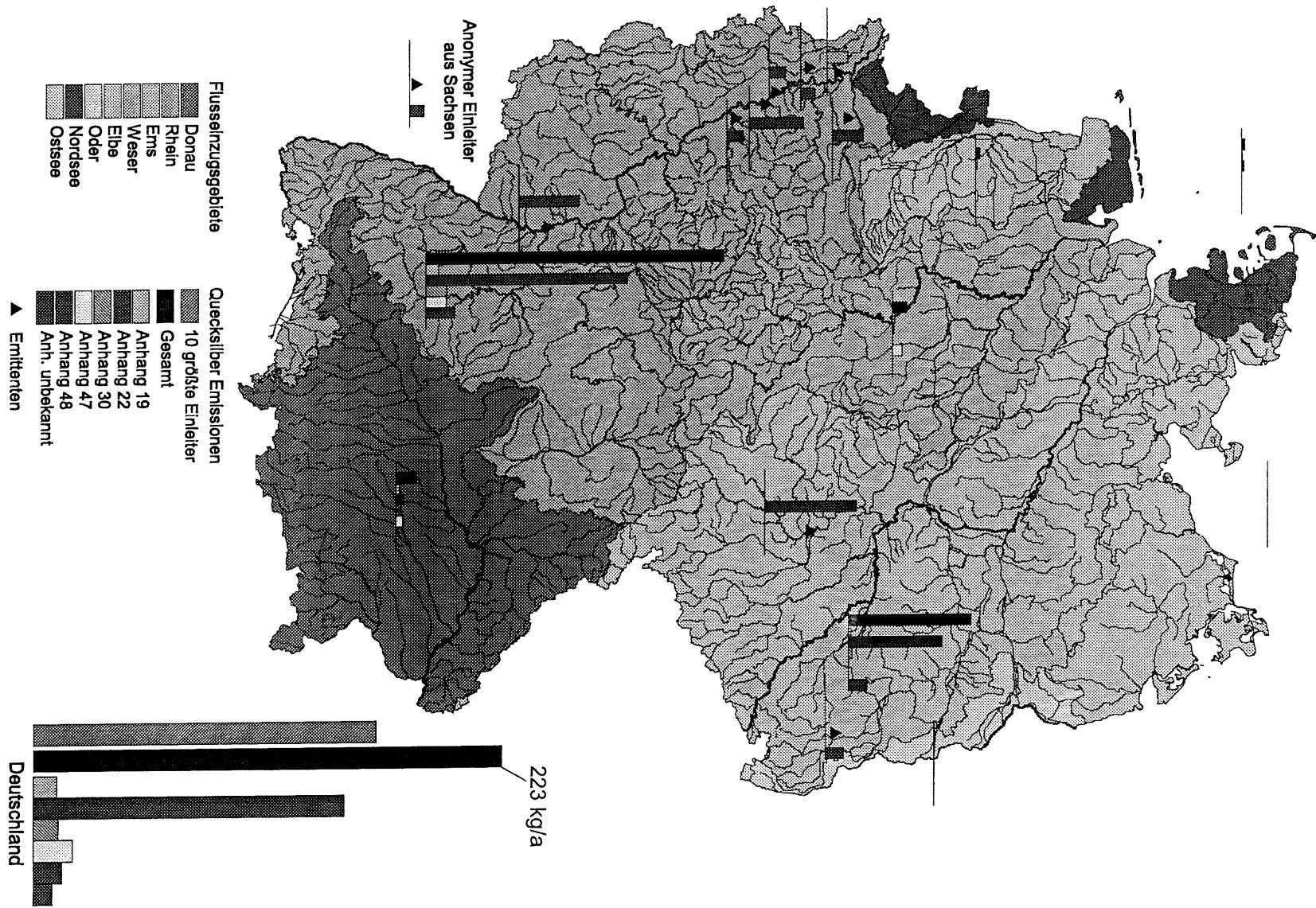


Abbildung 7.3-14: Übersicht über die Quecksilber-Einträge in deutsche Gewässer

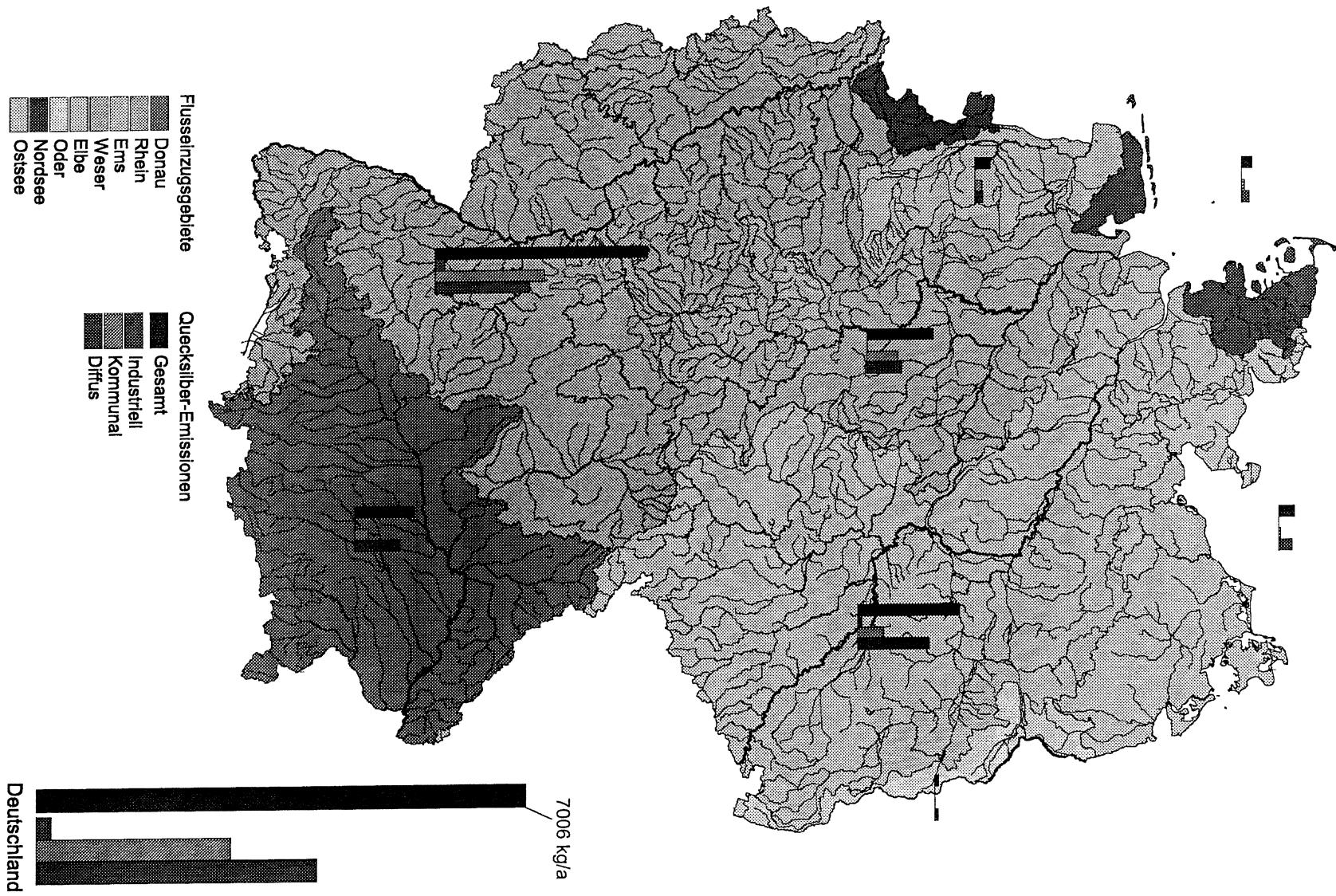


Abbildung 7.3-15: Nickel-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)

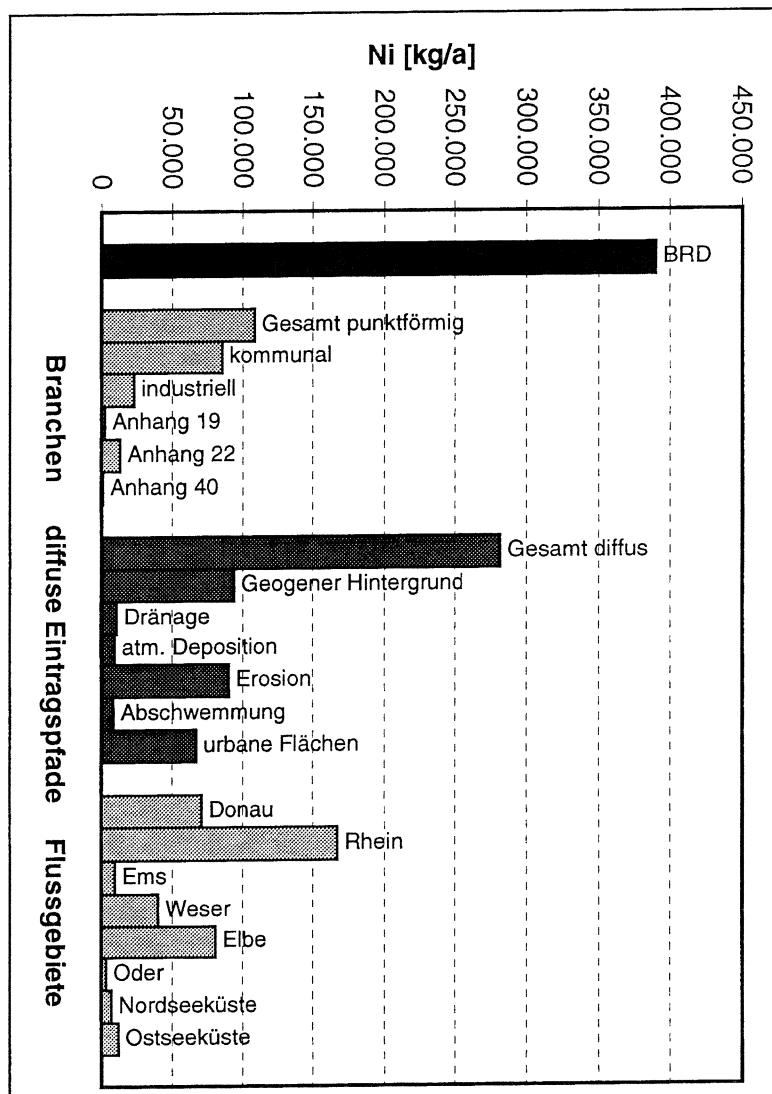


Tabelle 7.3-7: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Nickel in Deutschland für das Bezugsjahr 1997

Firmenname	Ort	Anhang nach § 7a	Fluss- gebiet	Fracht [kg/a]	Bemerkung
BASF AG	Ludwigshafen	22	Rhein	<b>4.400</b>	IKSR, 1998
Bayer AG	Leverkusen	22	Rhein	<b>3.693</b>	IKSR, 1998
Solvay	Rheinberg	30	Rhein	<b>1.210</b>	Umwelterklärung Solvay 1997
Bayer AG	Brunsbüttel	22	Elbe	<b>870</b>	Direkteinleiter SH 1997, Unter- nehmen
Wacker-Chemie	Burghausen	22	Donau	<b>858</b>	Umwelthericht 1997/98
Bayer AG	Dormagen	22	Rhein	<b>639</b>	Umwelthericht 1998
Fa. Intraserv GmbH und Co. Höchst KG	Frankfurt	22	Rhein	<b>520</b>	Umwelterklärung 1998
Hydro Agri	Brunsbüttel	44	Elbe	<b>488</b>	Direkteinleiter SH 1997; durch verbesserte Rückgewinnung ab 1999 weitere Reduzierung der Ni- Fracht
Hoffmann- LaRoche AG	Grenzach- Whylen	22	Rhein	<b>405</b>	Direkteinleiter Baden-Württem- berg 1997
Bayer AG	Krefeld	48	Rhein	<b>300</b>	Direkteinleiter NRW 1997

Abbildung 7.3-16: Übersicht über die Nickel-Emissionen industrieller Direkteinleiter

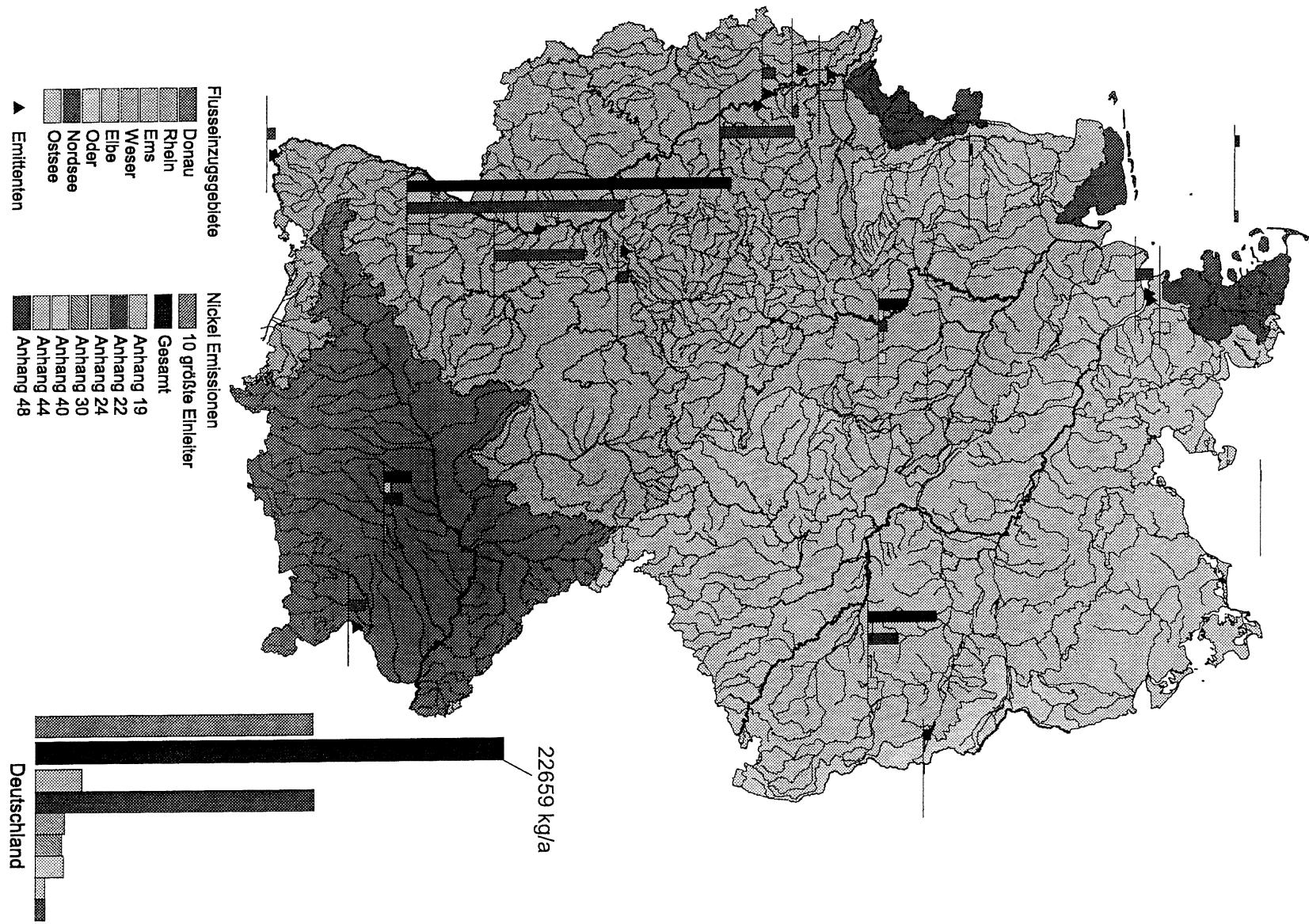


Abbildung 7.3-17: Übersicht über die Nickel-Einträge in deutsche Gewässer

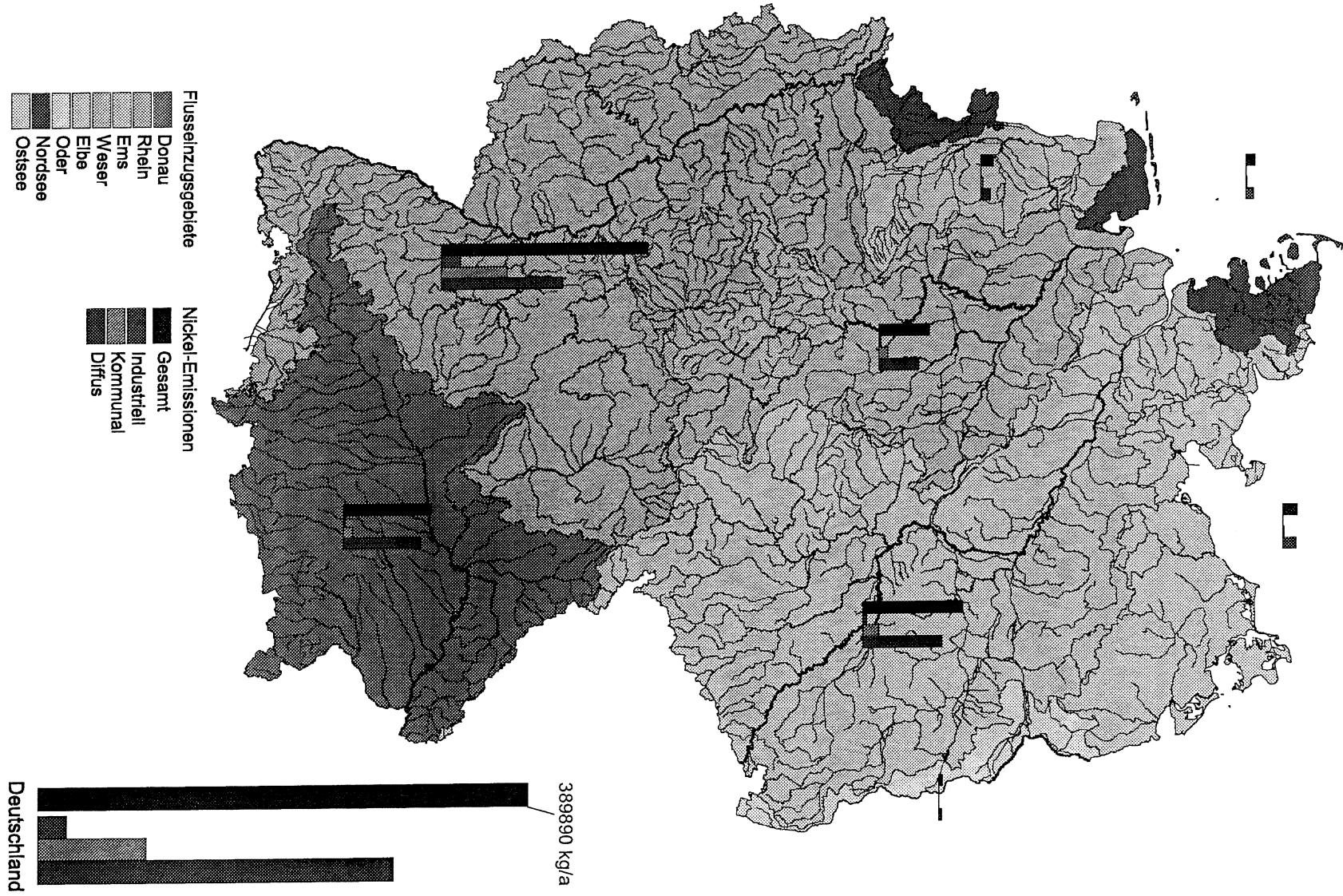


Abbildung 7.3-18: Blei-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)

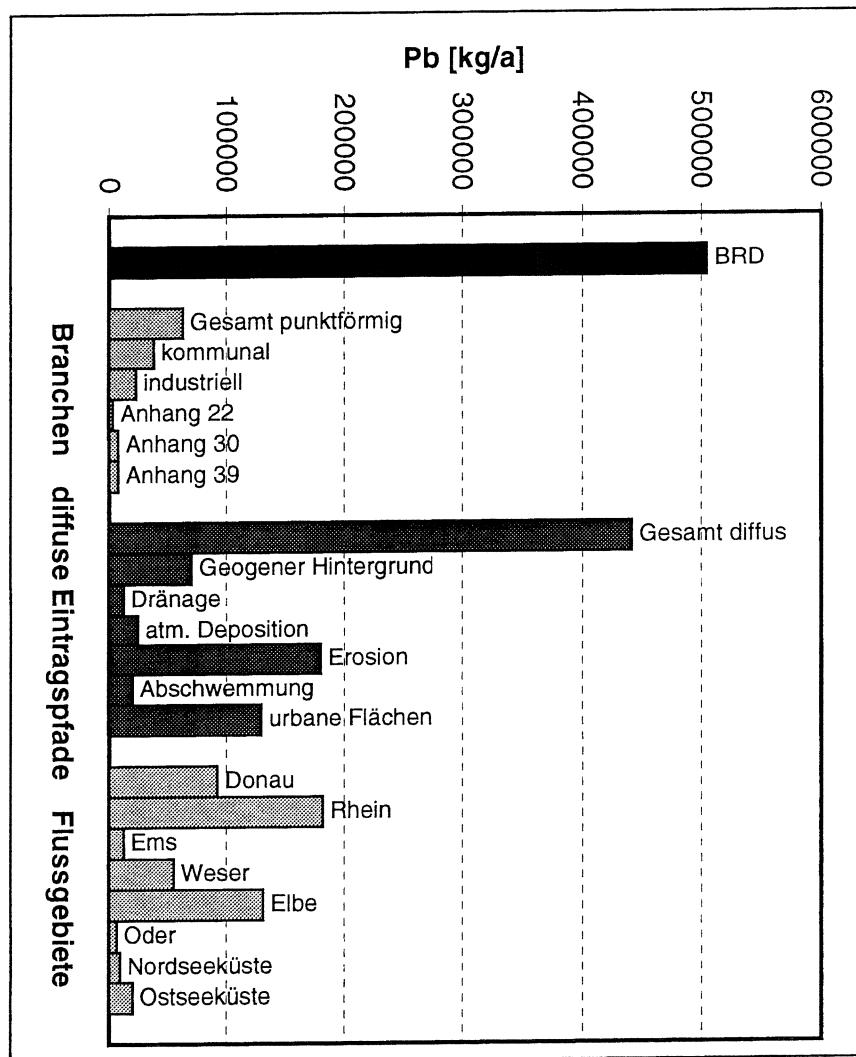


Tabelle 7.3-8: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Blei in Deutschland für das Bezugsjahr 1997

Firmenname	Ort	Anhang nach § 7a	Flussgebiets	Fracht [kg/a]	Bemerkung
Entwässerung Altstandort Kupferschieferbergbau	Mansfeld	39	Elbe	7.699	Direkteinleiter Sachsen-Anhalt 1997
Matthes + Weber	Duisburg	30	Rhein	4.000	IKSR, 1998
Solvay	Rheinberg	30	Rhein	3.810	IKSR, 1998
Degussa	Wesseling	22	Rhein	1.100	IKSR, 1998
Stahlwerke Bremen	Bremen	24	Weser	603	Direkteinleiter Bremen 1997
BASF AG	Ludwigshafen	22	Rhein	550	IKSR, 1998
Bayer AG	Krefeld	48	Rhein	500	Direkteinleiter NRW 1997
Solvay	Bremburg	30	Elbe	500	IKSE, 1999
EKO Stahl GmbH	Eisenhüttenstadt	24	Oder	219	Gluschke, 1999

Abbildung 7.3-19: Übersicht über die Blei-Emissionen industrieller Direkteinleiter

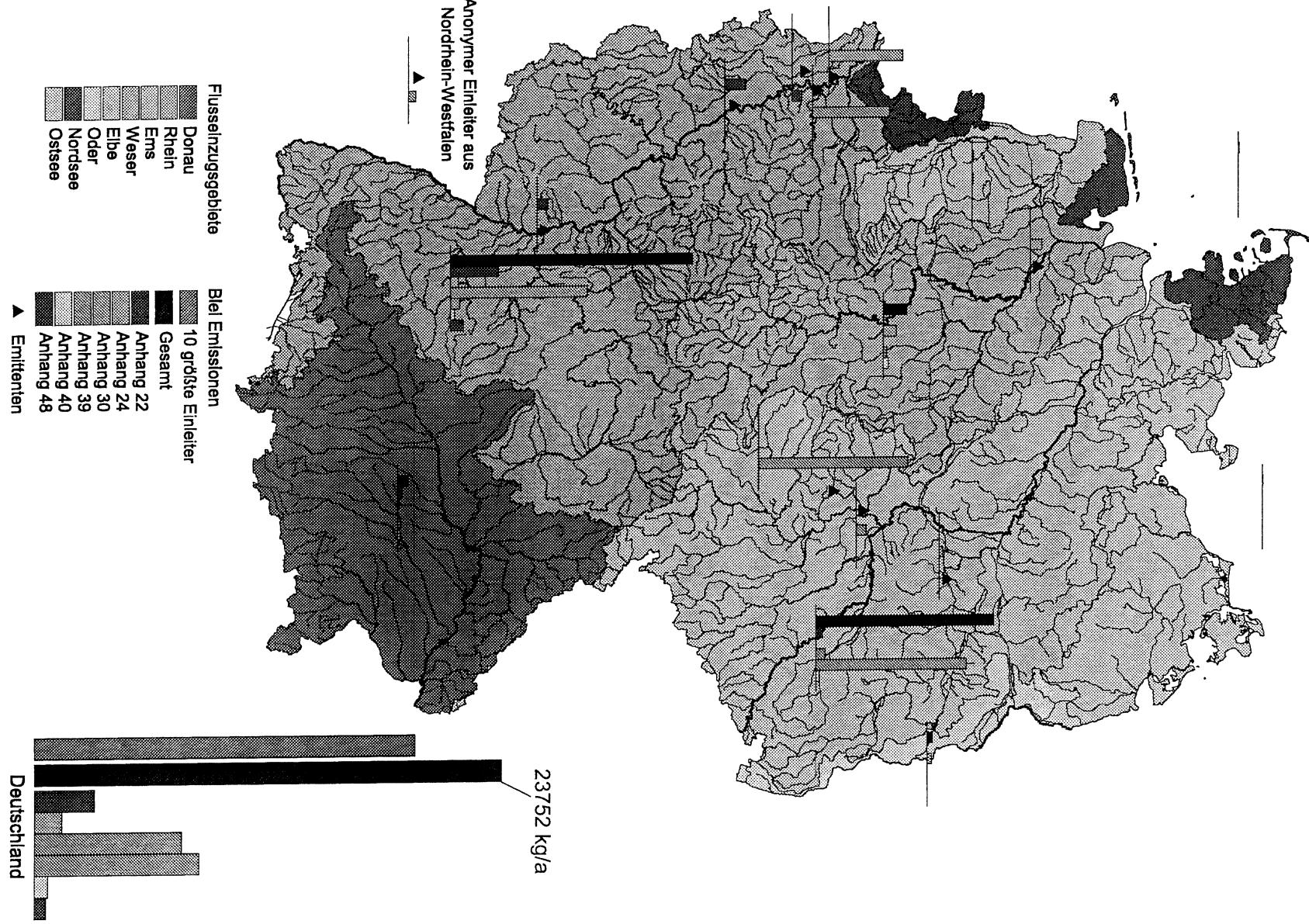


Abbildung 7.3-20: Übersicht über die Blei-Einträge in deutsche Gewässer

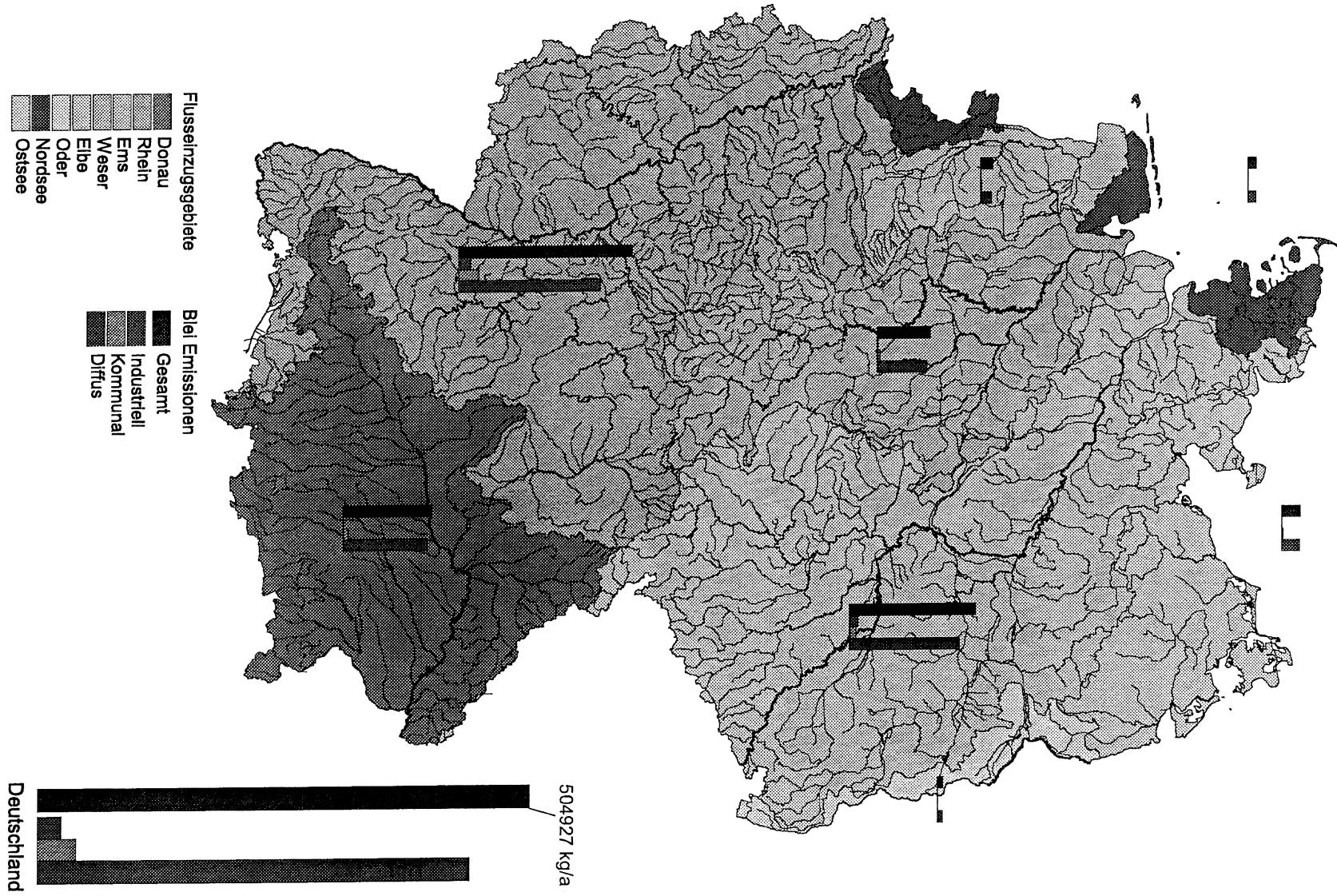


Abbildung 7.3-21: Zink-Einträge in die deutschen Gewässer, unterteilt nach Flussgebieten und Eintragspfaden in kg/a (Bezugsjahre 1993-1997 bzw. für die industriellen Einträge 1997)

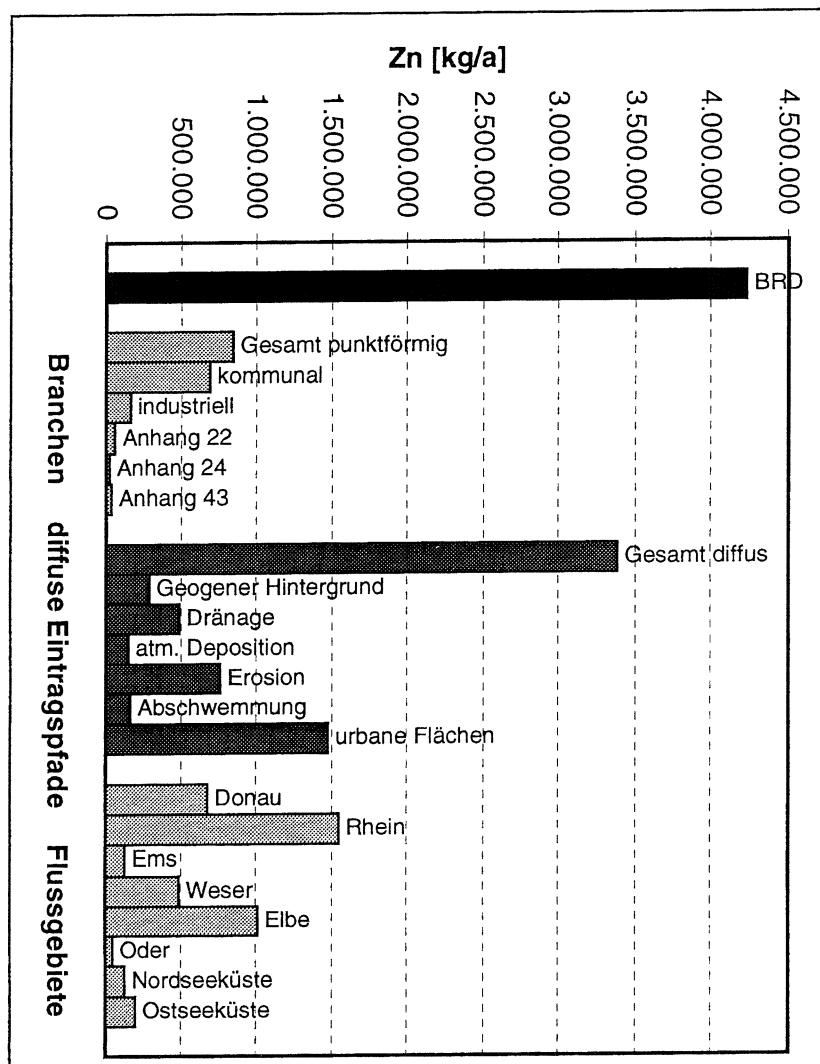


Tabelle 7.3-9: Liste der zehn größten industriellen Direkteinleiter für Zink in Deutschland für das Bezugsjahr 1997

Firmenname	Ort	Anhang nach § 7a	Fluss-gebiet	Fracht [kg/a]	Bemerkung
BASF AG	Ludwigshafen	22	Rhein	28.800	IKSR, 1998
Akzo Nobel Faser Elsterberg	Elsterberg	43	Elbe	15.000	IKSE, 1999; ab 1999 Indirekteinleiter
Accordis Kelheim	Kelheim	43	Donau	14.100	Durch innerbetriebliche Optimierung derzeit ca. 10t
EKO Stahl GmbH	Eisenhüttenstadt	24	Oder	9.150	Gluschke, 1999
Bayer AG	Leverkusen	22	Rhein	8.258	IKSR, 1998
Solvay	Rheinberg	30	Rhein	7.900	Umwelterklärung
Salzgitter AG	Salzgitter	24	Weser	5.510	Direkteinleiter NDS, Wert für 1999/2000 auf die Hälfte reduziert
		48	Rhein	5.277	N.N.
Wacker-Chemie	Burghausen	22	Donau	4.268	Umwelbericht 1997/98
Akzo Nobel	Heinsberg	43	Rhein	3.842	Direkteinleiter NRW 1997

Abbildung 7.3-22: Übersicht über die Zink-Emissionen industrieller Direkteinleiter

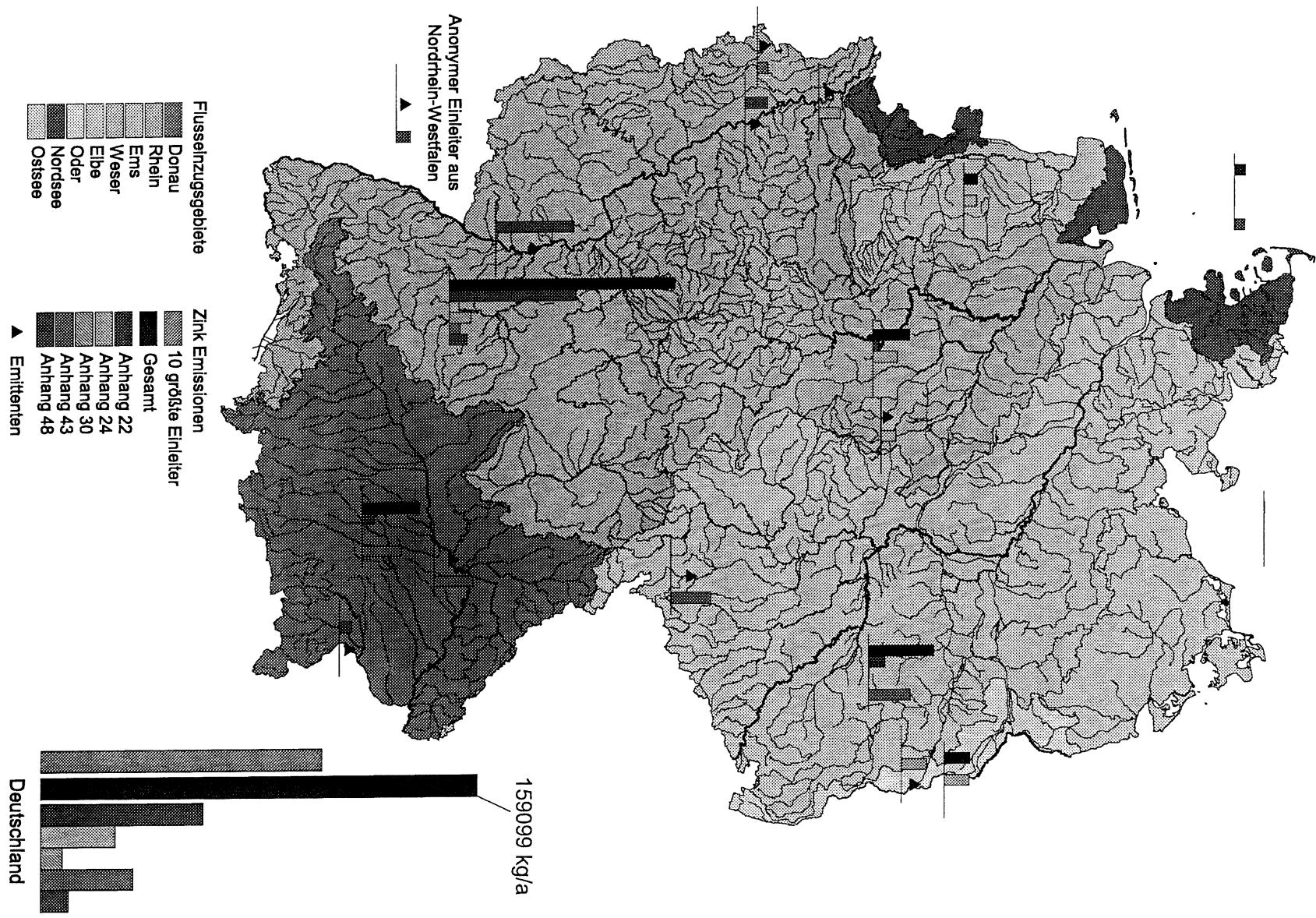
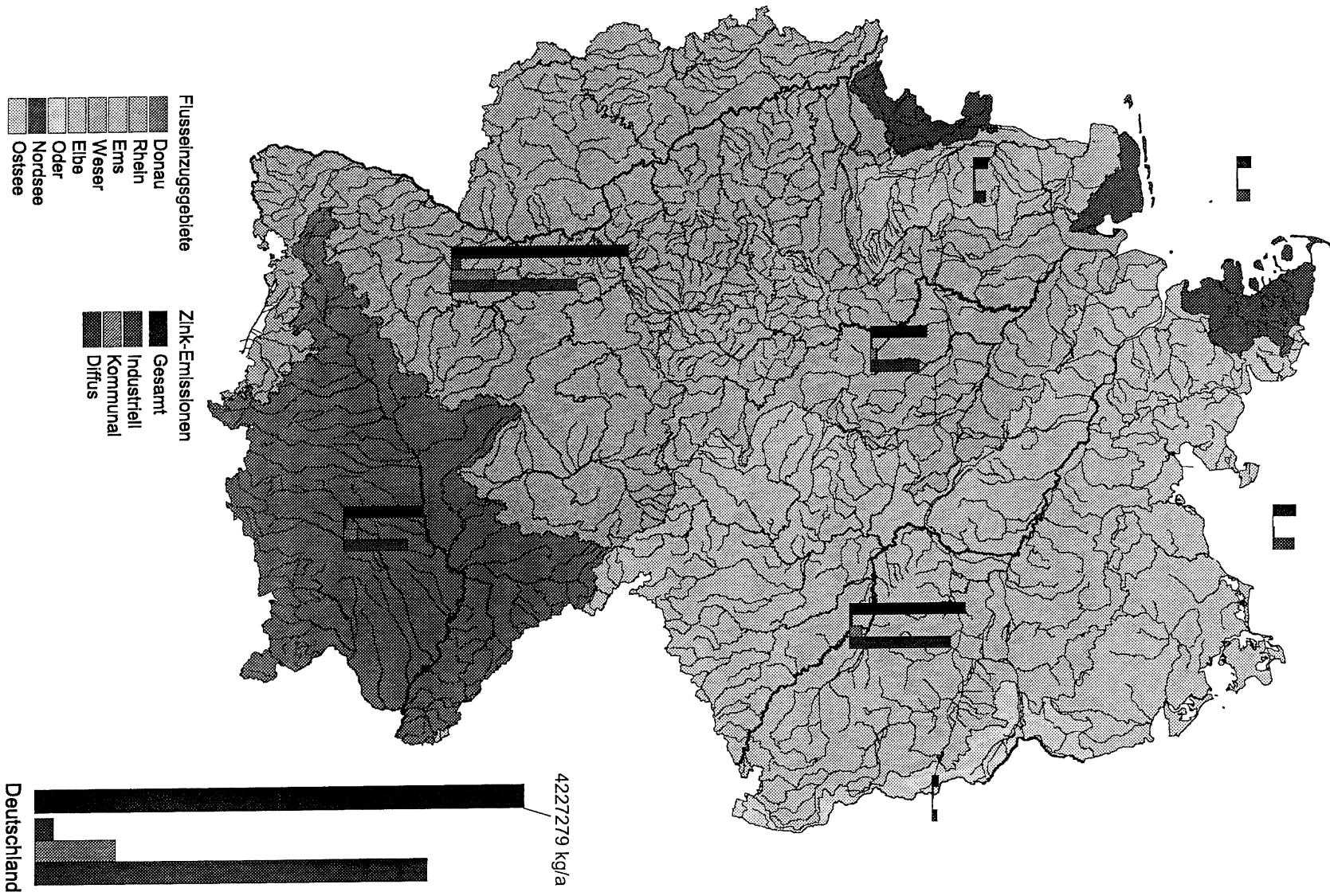


Abbildung 7.3-23: Übersicht über die Zink-Einträge in deutsche Gewässer



## 7.4 Gesamtergebnisse

In der folgenden Tabelle 7.4-1 sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt. Beim Vergleich der Zahlenwerte sei nochmals darauf hingewiesen, dass die Qualität der Daten sehr unterschiedlich ist. Während die industriellen Punktquellen durch eine Primärerhebung erfasst wurden, wurden die Frachten der kommunalen Direktelinierter über mittlere Konzentrationen hochgerechnet. Die einzelnen Pfade der diffusen Einträge wurden auf Basis der wissenschaftlichen Literatur detailliert abgeschätzt.

Die Ergebnisse in Tabelle 7.4-1 zeigen die besondere Bedeutung der diffusen Eintragspfade. Bei allen behandelten Schadstoffen übersteigen die diffusen Einträge die Einträge aus Punktquellen deutlich. Ausnahme ist nur der Parameter AOX, für den die diffusen Einträge nicht abgeschätzt werden konnten, da die zur Verfügung stehende Datengrundlage zu unvollständig ist. Allerdings spielen nach bisherigen Einschätzungen beim AOX die diffusen Emissionen tatsächlich eine deutlich geringere Rolle. Der Anteil der diffusen Quellen liegt dagegen bei den Schwermetallen im Durchschnitt bei 77 % und bei den Nährstoffen bei etwa 70 %. Innerhalb der diffusen Einträge sind die wichtigsten Eintragspfade die urbanen Flächen (dies sind vor allem die bei Starkregen über die Trenn- oder Mischkanalisation direkt in die Gewässer abgeleiteten Schadstofffrachten) mit einem Anteil an den gesamten diffusen Einträgen von durchschnittlich 33 % bei den Schwermetallen und 11 % bei den Nährstoffen sowie die Erosion mit 30 % bzw. 17 % (jeweils bezogen auf die gesamten diffusen Einträge). Der Eintragspfad Grundwasser, der bei den Schwermetallen der geogenen Hintergrundbelastung entspricht, verursacht 20 % (bei Nickel bedeutendster Eintragspfad mit 33 %, bei Chrom 37 %) bzw. bei den Nährstoffen 45 % der diffusen Einträge. Auf Grund der stoffspezifischen Eigenschaften und der Bedeutung der Emissionen aus der Landwirtschaft unterscheiden sich allerdings die Verhältnisse beim Stickstoff deutlich von denen der anderen Parameter: knapp 70 % der diffusen Einträge wird über das Grundwasser und 21 % über Dränen verursacht, während der Anteil der Erosion vernachlässigbar ist. Die Dränen spielen ansonsten noch bei Cadmium, Zink und Phosphor eine wichtige Rolle mit 17, 15 bzw. 13 % der gesamten diffusen Emissionen.

Tabelle 7.4-1: Gesamtübersicht über die in Gewässer eingeleiteten Frachten in Deutschland für den Bezugszeitraum 1993-1997 (Bezugsjahr 1997 für die industriellen Direkteinleiter, aufgeschlüsselt nach den verschiedenen Eintragspfaden)

	N t/a	P t/a	AOX t/a	As kg/a	Cd kg/a	Cr kg/a	Cu kg/a	Hg kg/a	Ni kg/a	Pb kg/a	Zn kg/a
<b>Gesamt D</b>	<b>818.155</b>	<b>36.661</b>			<b>18.441</b>	<b>420.732</b>	<b>761.510</b>	<b>7.006</b>	<b>389.890</b>	<b>504.927</b>	<b>4.227.279</b>
<b>Summe Punktquellen</b>	<b>231.875</b>	<b>12.021</b>	<b>836,7</b>		<b>4.065</b>	<b>69.607</b>	<b>156.640</b>	<b>2.996</b>	<b>108.293</b>	<b>62.431</b>	<b>848.720</b>
<b>Kommunale Einträge</b>	<b>204.860</b>	<b>11.350</b>	<b>419,9</b>		<b>3.049</b>	<b>49.173</b>	<b>123.994</b>	<b>2.773</b>	<b>85.634</b>	<b>38.679</b>	<b>689.620</b>
<b>Industrielle Einträge</b>	<b>27.015</b>	<b>671</b>	<b>416,9</b>	<b>1.824</b>	<b>1.016</b>	<b>20.435</b>	<b>32.646</b>	<b>223</b>	<b>22.659</b>	<b>23.752</b>	<b>159.099</b>
darunter:											
Papiererzeugung, Anhang 19A/19B	670	108	53,9		45	453	2.266	11	2.266	453	3.398
Chemische Ind., Anhang 22	21.684	338	331,8	600	182	6.866	19.042	148	13.460	3.044	58.915
Eisen-/Stahlherst., Anhang 24A/24B	188	20	0,5	5	32	1.564	1.197	1	1.432	1.404	27.154
Sodaherstellung, Anhang 30				810	70	1.610	1.260	12	1.310	7.500	7.900
Wasseraufbereitung, Anhang 31	591	18	15,0		18	129	1.546	2	112	371	3.289
Nichteisenmetallherst., Anhang 39	249	6	1,3	124	507	162	4.325	3	7	8.383	4.780
Metallbe- + verarbeitung, Anhang 40	93	8	1,1	8	29	761	1.044	1	1.384	696	3.528
Chemiefasern, Anhang 43	399	27	2,7		3	29	15	0	29	29	33.332
Erdölverarbeitung, Anhang 45	1.042	12	2,1		40	135	249	19	178	173	412
Rauchgaswäsche, Anhang 47	424	0	0,7		4	7.791	0	14	502	604	10.315
Verwend. gefährl. Stoffe, Anhang 48											
Anteil der 10 Haupteinleiter <sup>1)</sup>	13.475	305	281,2	1.520	744	15.207	22.819	163	13.383	19.352	102.105
<b>Summe diffuse Einträge</b>	<b>586.280</b>	<b>24.640</b>			<b>14.377</b>	<b>351.125</b>	<b>604.870</b>	<b>4.010</b>	<b>281.596</b>	<b>442.496</b>	<b>3.378.559</b>
Erosion	12.290	8.100			2.060	153.673	180.866	1.084	90.761	180.304	759.636
Oberflächenabfluss/ Abschwemmung	13.560	3.290			1.792	4.858	22.518	41	8.309	20.225	170.181
Dränagen	121.390	3.260			2.443	7.150	43.383	305	11.181	12.037	488.818
Deposition	10.510	230			1.245	3.113	18.676	124	9.337	24.900	155.629
Hofabläufe und Abdrift	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>			17	485	4.133	13	578	682	14.745
Schifffahrt	<sup>2)</sup>	<sup>2)</sup>			0	0	11.687	0	0	4.147	14.920
urbane Flächen	34.100	4.020			5.277	53.613	238.116	1.585	67.391	129.245	1.475.423
Grundwasser/ geogener Hintergrund	394.430	5.740			1.543	128.233	85.491	858	94.039	70.956	299.207

<sup>1)</sup> bei As wurden nur die 6 größten Einleiter berücksichtigt

<sup>2)</sup> bei Behrendt et al. (1999) werden Hofabläufe und Abdrift sowie Schifffahrt nicht separat erfasst

Die Punktquellen teilen sich in die kommunalen Einleitungen und die industriellen Direkteinleitungen auf, der Anteil der kommunalen Emissionen liegt dabei für die Schwermetalle im Durchschnitt bei 77 % (zwischen 61 % bei Blei und 93 % bei Quecksilber) und für die Nährstoffe bei 91 % (Stickstoff: 88 %, Phosphor: 94 %). Beim AOX dagegen liegt der Anteil der industriellen Einträge nur etwas unter 50 %. Ausgehend von einer Unterteilung der industriellen Direkteinleiter nach den Anhängen der AbwV nach § 7a WHG ist der mit Abstand wichtigste Bereich der Anhang 22 (Chemische Industrie), der im Durchschnitt über alle Parameter etwa 48 % der Frachten emittiert. Bedeutend sind außerdem verschiedene andere Anhänge, die ebenfalls Teile der Chemischen Industrie regeln (Anhang 30: Sodaherstellung, Anhang 43: Chemiefasern, Anhang 48: Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe, etc.). Neben diesen Bereichen spielt außerdem die Nichteisenmetallherstellung (Anhang 39, wichtigste Branche bei Cadmium und Blei), die Zellstoff- und Papierindustrie (insbesondere bei Phosphor und AOX) sowie die Eisen- und Stahlindustrie (insbesondere bei Zink) eine Rolle. Der Anteil der zehn größten Einleiter an den gesamten industriellen Einleitungen liegt im Durchschnitt bei knapp 70 % (zwischen 81 % bei Blei und rund 45 % bei Phosphor).

Die Aufteilung der insgesamt eingeleiteten Frachten auf die verschiedenen Flussebenen ergab einen durchschnittlichen Anteil von knapp 40 % für das Einzugsgebiet des Rheins, ca. 20 % für das Elbegebiet und 16 % für das Gebiet der Donau.

Zur zeitlichen Entwicklung der Emissionen in den zurückliegenden Jahren liegen nur wenige Informationen vor. Behrendt et al. (1999) erarbeiteten die Stickstoff- und Phosphor-Einträge für die zwei Zeiträume 1983 – 1987 und 1993 – 1997 (s. Abbildung 7.4-1). Außerdem liegen die Erhebungen der IKSР für das Rheineinzugsgebiet für die Jahre 1985, 1992 und 1996 vor. Diese Daten umfassen sowohl die Nährstoff-, AOX- und Schwermetalleinträge, allerdings nur für die punktuellen Eintragspfade. In Abbildung 7.4-2 sind zusätzlich die vom VCI publizierten Emissionsdaten der Chemischen Industrie dargestellt, die wie oben gezeigt einen wesentlichen Teil der gesamten industriellen Einträge abdecken. Die Daten zeigen, dass die punktuellen Einträge seit Mitte der 80er Jahre erheblich reduziert werden konnten. Insbesondere bei den Schwermetallen hat sich allerdings der Rückgang in den 90er Jahren abgeschwächt bzw. es ist kein eindeutiger Rückgang mehr zu erkennen. In zusätzlichen Untersuchungen ist vorgesehen, die Datenbasis für die Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Emissionen zu verbessern (insbesondere bei den diffusen Schwermetalleinträgen).

In Tabelle 7.4-2 ist ein kurzer Vergleich mit Emissionsinventaren anderer Staaten und deren Daten zu Schwermetallen wiedergegeben. Aus Kapitel 2 geht hervor, dass diese Werte auf Grund von unterschiedlichen Randbedingungen nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Aus der Tabelle lässt sich dennoch die große Bedeutung der Chemischen Industrie für Schwermetallemissionen auch für andere Länder und die Größenordnung der nationalen Einträge z. B. für das EPER ablesen.

Tabelle 7.4-2: Übersicht über nationale Schwermetall-Frachten

Angaben in [kg/a]	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
<b>Industrie, gesamt</b>								
<i>Deutschland, Industrie</i>	1.824	1.016	20.435	32.646	223	22.659	23.752	159.099
US-TRI, 1997	1.880	1.110	50.530	66.440	190	53.730	23.260	310.600
UK-PI, 1998	4.060	1.851	158.569	19.454	410	15.341	38.000	173.139
Frankreich, 1996	2.946	2.876	743.298	34.891		46.218	25.997	211.262
Niederlande PER, 1996	1.170	642	26.160	30.300	269	8.410	19.530	81.000
<b>Chemische Industrie</b>								
<i>Alle Chemie-Anhänge</i>	1.410	290	16.450	21.890	176	15.970	11.690	113.900
VCI, 1997	2.000	340	22.000	28.000	222	22.000	13.000	116.000
US-TRI, 1997	300	200	10.060	15.560	180	6.670	520	150.210
UK-PI, 1998	1.658	924	157.639	9.537	312	9.751	32.916	141.735
Frankreich, 1997	1537	80	64.911	9957		4.891	2.394	76.347
Niederlande PER, 1996	713	360	5.170	11.100	182	4.460	6.730	29.800

### 7.4.1 Vergleich der berechneten Einträge mit Immissionswerten aus Rhein und Elbe

#### Vergleich der Gesamteinträge im Rheineinzugsgebiet mit den IKSR-Ergebnissen

Von der IKSR (1999) wurden für die Jahre 1991-1996 Frachten für Schwermetalle im Rhein bei Bimmen/Lobith (Immissionsschätzung), sowie Emissionssschätzungen für die flussaufwärts liegenden Einzugsgebiete der Schweiz, Deutschlands und Frankreichs angegeben (IKSR, 1999). In Abbildung 7.4-3 sind diese Werte mit den Gesamteinträgen aus eigenen Abschätzungen für das deutsche Rheineinzugsgebiet verglichen. Da die IKSR in ihren Angaben zu den Einträgen die geogenen Hintergrundkonzentrationen der Metalle nicht mitrechnet, sind diese auch in den eigenen Abschätzungen in der Abbildung nicht dargestellt.

Die von der IKSR angegebenen Gewässerfrachten bei Bimmen/Lobith für die Jahre 1991-1996 wurden für den Vergleich mit den Einträgen zu einem Mittelwert zusammengefasst. In Abhängigkeit vom hydrologischen Geschehen im Einzugsgebiet weisen Jahresfrachten insbesondere für Stoffe, die zu einem großen Anteil mit der partikulären Phase transportiert werden, eine hohe Variabilität auf. So schwanken die angegebenen Frachten für die Jahre 1991-1996 zum Teil bis um den Faktor 3 (vgl. Abbildung 7.4-3). Erhöhte Frachten treten für alle Parameter im Jahr 1995 auf, was ursächlich auf das Hochwassereignis im Januar 1995 zurückgeführt werden kann (LfU, 1996). Da es sich bei den geschätzten Emissionen immer um mittlere

Abbildung 7.4-1: Zeitliche Entwicklung der Stickstoff- und Phosphor-Einträge in Deutschland nach Behrendt et al. (1999; Bezugszeitraum: 1983-87)

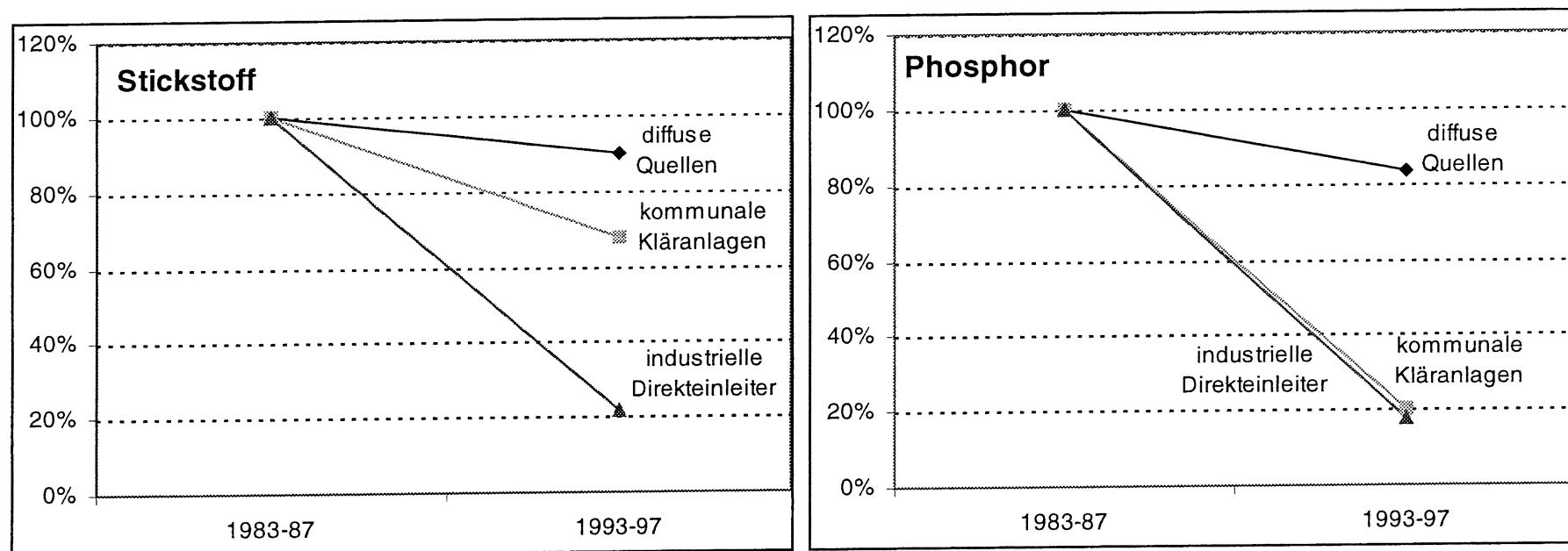
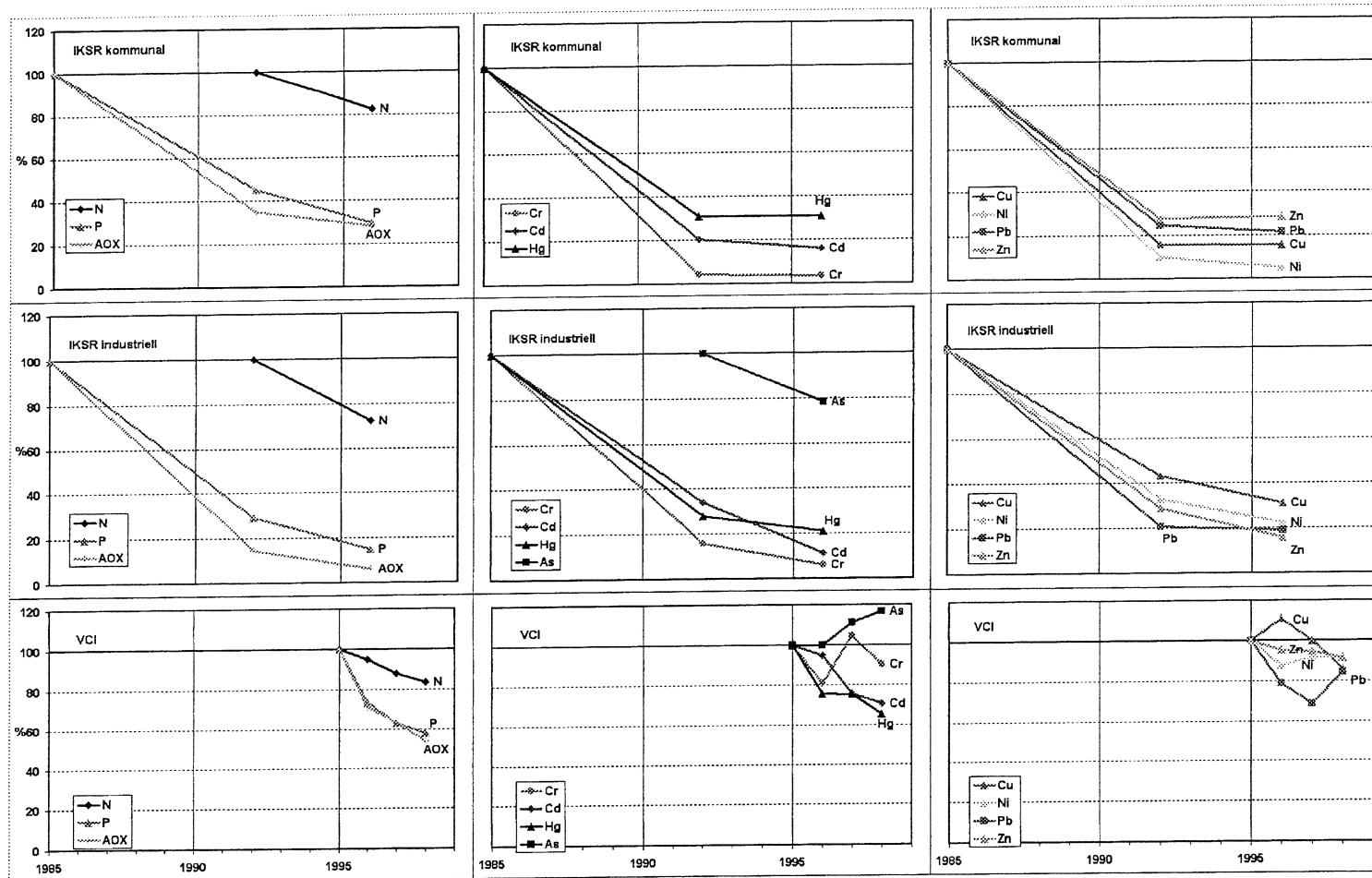


Abbildung 7.4-2: Zeitliche Entwicklung der Emissionen im Rheineinzugsgebiet (bezogen auf das Jahr 1985) und im Bereich der Chemischen Industrie (bezogen auf das Jahr 1995)

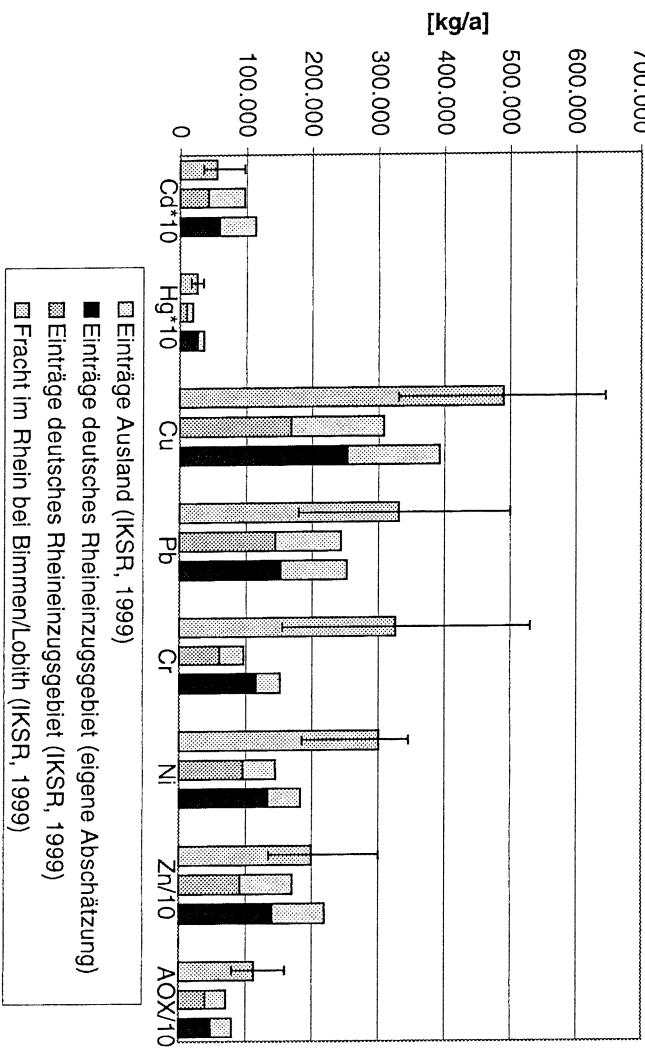


Einträge handelt, die in der Regel auf eine mehrere Jahre (5-10 Jahre) umfassende Datenbasis zurückgreifen, sollten zu Vergleichszwecken abgeschätzte Immissionen immer auf der Basis mehrjähriger Beobachtungen erfolgen und mit einer Bandbreite versehen sein (Fuchs et al., 1999).

Für die Darstellung der Emissionsseite wurden in Abbildung 7.4-3 die Einträge für das deutsche Rheineinzugsgebiet (eigene Abschätzung und IKSR) jeweils um die von der IKSR angegebenen Frachten für den ausländischen Teil des Rheineinzugsgebietes ergänzt.

Die im Rahmen dieser Abschätzung berechneten Einträge liegen für alle Parameter über den von der IKSR angegebenen Werten für das deutsche Rheineinzugsgebiet. Ausschlaggebend hierfür sind insbesondere die zu Grunde gelegten unterschiedlichen Bilanzierungsmethoden und Emissionsfaktoren. Die von der IKSR angegebenen Gesamteinträge liegen mit Ausnahme von Cadmium deutlich unter den Frachten im Rhein bei Bimmen/Lobith. Da auch bezüglich der Metalle von einer Retention im Fluss ausgegangen werden muss, erscheinen die in dieser Abschätzung im Vergleich zur IKSR höheren Einträge für das deutsche Rheineinzugsgebiet plausibel.

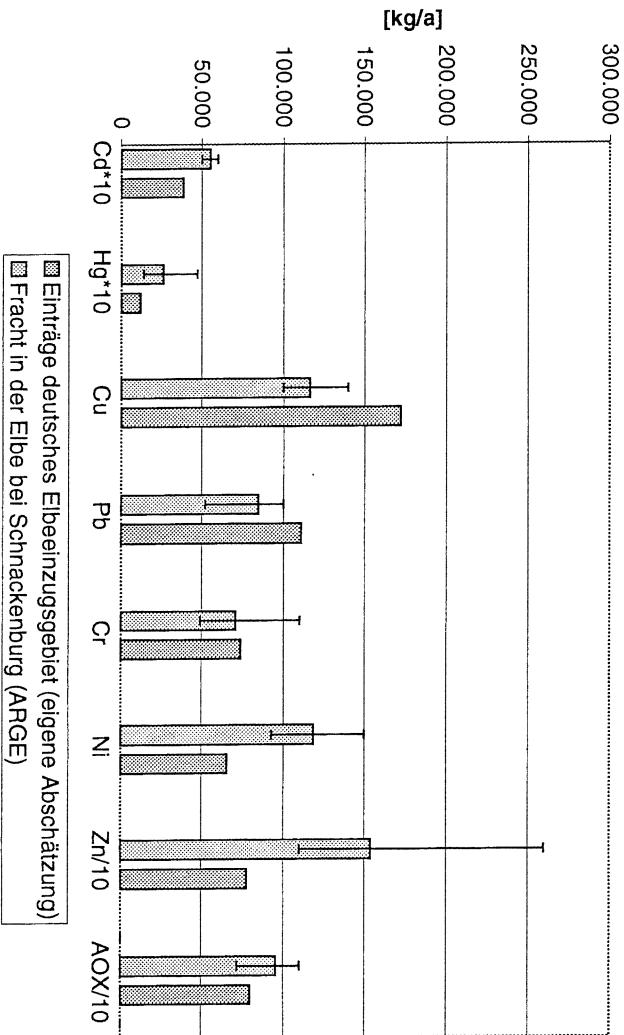
Abbildung 7.4-3: Vergleich der Schwermetallfrachten im Rhein bei Bimmen/Lobith (Durchschnitts-, Minimum- und Maximumswert der Jahre 1991 bis 1996; IKSR, 1999) mit den Gesamteinträgen aus eigenen Berechnungen und der IKSR



### Vergleich der Gesamteinträge mit den Frachten in der Elbe

Von der ARGE-Elbe werden für den Pegel Schnackenburg jährliche Schwermetall- und AOX-Frachten seit 1985 angegeben. Da das Jahr 1995 als Bilanzjahr für die Eintragsberechnung galt, wurden zur Berechnung der mittleren Fracht im Gewässer die Jahre 1993-1997 herangezogen. In Abbildung 7.4-4 werden diese Gewässerfrachten den im Rahmen dieses Vorhabens berechneten Einträgen gegenübergestellt. Bei dem Vergleich wurden nur die Einträge bis zum Pegel Schnackenburg berücksichtigt.

Abbildung 7.4-3: Vergleich der berechneten Einträge für das deutsche Einzugsgebiet der Elbe bis Schnackenburg mit Schwermetallfrachten in der Elbe bei Schnackenburg (Mittelwert für 1993-1997; ARGE-Elbe, 2000)



Beim Vergleich der Emissionen mit den dargestellten Frachten bei Schnackenburg ist zu berücksichtigen, dass bei der Emission nur der deutsche Anteil des Einzugsgebietes der Elbe in die Abschätzung eingegangen ist. Für die Metalle Cadmium, Quecksilber, Nickel und Zink sowie AOX liegen die geschätzten Einträge somit in einer plausiblen Größenordnung, da die Werte unterhalb der Frachten im Gewässer liegen. Die hohen Einträge für Cu, Pb und Cr könnten zum Teil dadurch erklärt werden, dass insbesondere für diese Metalle der Erosionspfad eine vergleichsweise größere Bedeutung (ca. 40 %) als für die anderen Metalle besitzt und im Rahmen dieses Vorhabens keine Retention im Gewässer berücksichtigt wurde. Es kann angenommen werden, dass eine Berücksichtigung der Retention, Sedimentation und biogenen Fällungsprozesse vor allem bei den über den Erosionspfad eingetragenen

partikulären Frachten zu einer wirksamen Minderung der im Gewässer messbaren Gesamtfracht führt.

Unter Berücksichtigung dieser Bedingungen liegen die berechneten Einträge für das deutsche Einzugsgebiet der Elbe in einer plausiblen Größenordnung.

## 8 Schlussfolgerungen für künftige Erhebungen

Emissionsinventare sollten auf Grund ihrer Zielsetzung grundsätzlich sowohl hinsichtlich der Gesamtergebnisse als auch der Einzeldaten öffentlich zugänglich sein. Die Erfahrungen bei der schwierigen und sehr zeitaufwendigen Erhebung der Emissionsdaten haben allerdings gezeigt, dass man davon insbesondere auf Verwaltungsebene noch ein Stück entfernt ist. Einerseits sind die rechtlichen Grundlagen für die Offenlegung der Daten noch relativ neu, zum anderen spielt auch die Unsicherheit über die Qualität des Datenbestandes eine große Rolle. Da die Daten des vorliegenden Emissionsinventars Wasser für die verschiedenen Eintragspfade teilweise direkt erhoben, teilweise berechnet und teilweise nur abgeschätzt werden konnten, ist auch die Qualität der Ergebnisse für die einzelnen Pfade sehr unterschiedlich (s. Kapitel 7). Insgesamt ist die Datenqualität der industriellen Direkt-einleiter als besonders hoch anzusehen, da diese Daten überwiegend durch eine Primärerhebung erfasst wurden. Obwohl diese Werte auf regelmäßigen Messungen beruhen, stellte sich bei der Überprüfung der jeweils zehn größten Einleiter in einer Reihe von Beispielen heraus, dass die ursprünglich gemeldeten Daten nicht korrekt waren. Die Gründe hierfür lagen teils in unterschiedlichen Basisdaten, teils in fehlerhaften Auswertungen.

Um eine hohe Datenqualität zu erhalten, ist für den Eintragspfad der industriellen Direkt-einleiter eine Abstimmung unter den zuständigen Behörden und mit den Emissären dringend geboten. Bei einem Vergleich entsprechender Datensätze aus der Überwachung und aus der Eigenkontrolle zeigte es sich häufig, dass die Überwachungswerte auf Grund der geringen Zahl an Überwachungsergebnissen nur eine unzureichende Repräsentativität aufwiesen und dadurch deutliche Unterschiede zu den Eigenkontrollwerten auftraten. Die Frage der Einbindung von Eigenkontrollwerten ist deshalb für künftige Erhebungen grundsätzlich zu klären. Außerdem wäre es für künftige Arbeiten sinnvoll, eine einheitliche Vorgehensweise bei der Frachtberechnung festzulegen (vgl. beispielsweise Kapitel 4.1.1 sowie 4.2.1 – 4.2.3: Umgang mit Konzentrationswerten unter der Bestimmungsgrenze, zu verwendende Abwassermenge, Vorbelastung des genutzten Wassers). Die gewonnenen Erfahrungen zeigen auch, dass es sinnvoll und wichtig ist, die Plausibilität von neu erhobenen Daten direkt über einen Vergleich mit branchenspezifischen Daten zu prüfen

(z.B. über Durchschnittskonzentrationen, über den Vergleich mit Gesamtfrachten einer Branche, über produkt- oder eduktbezogene spezifische Emissionen).

Die punktuellen Einleitungen durch kommunale Kläranlagen dominieren bei allen untersuchten Parametern die industriellen Direkteinleitungen. Ungeklärt ist jedoch bislang der Anteil der industriellen und gewerblichen Indirekteinleiter an den kommunalen Einträgen. So sollte die Bedeutung vor allem der Indirekteinleiter aus der Industrie und dem Gewerbe in notwendigen Fortsetzungsarbeiten untersucht werden.

Bei den Emissionen kommunaler Kläranlagen konnte für die Nährstoffe auf die Arbeiten von Behrendt et al. (1999) zurückgegriffen werden. Für den Summenparameter AOX lag keine vergleichbar systematische Aufarbeitung vorhandener Informationen vor und sie konnte im Rahmen dieses Vorhabens auch nicht geleistet werden. Mit Hilfe einzelner Daten aus unterschiedlichen Bundesländern, Ergebnissen aus Forschungsvorhaben und verfügbaren Statistiken zu den Abwassermengen kommunaler Kläranlagen konnte eine Abschätzung der AOX-Emissionen kommunaler Kläranlagen durchgeführt werden. Für ein detaillierteres AOX-Inventar wären künftig systematische Ermittlungen der Emissionen kommunaler Kläranlagen erforderlich.

Die Schwermetalleinträge kommunaler Kläranlagen wurden in dem bereits erläuterten Parallelvorhaben (Böhm et al., 2000) nach einer einheitlichen Vorgehensweise ermittelt. Allerdings ist die Datenlage bei den unterschiedlichen Metallen sehr verschieden. Beispielsweise liegen die Konzentrationen von Cadmium und Quecksilber im Kläranlagenablauf häufig unter der Bestimmungsgrenze. Sie werden daher nur in wenigen Ländern regelmäßig gemessen. Für künftige Erhebungen wäre es wichtig, insbesondere für diese zwei Parameter die Datenbasis zu verbessern.

Bei den diffusen Nährstoffeinträgen konnten ebenfalls die Werte von Behrendt et al. (1999) verwendet werden. Die Unsicherheiten einiger dabei verwendeter Annahmen wurden bereits angesprochen. In bereits laufenden Fortsetzungsarbeiten sollen die getroffenen Annahmen und Abschätzungen überprüft und verbessert werden.

Die notwendigen Modellparameter für die Abschätzung der diffusen Schwermetallemissionen wurden auf Basis der wissenschaftlichen Literatur in dem genannten Parallelvorhaben (Böhm et al., 2000) recherchiert. Die Verfügbarkeit von Schwermetalldaten ist für einige Pfade (insbesondere landwirtschaftliche Dränen) jedoch als mangelhaft zu bewerten. Ebenso bestehen nur begrenzte Möglichkeiten der Plausibilitätsprüfung, da die Mehrzahl der dokumentierten Konzentrations- oder Frachtangaben aus Einzelprojekten resultieren, was die Vergleichbarkeit und Übertragung auf Grund unterschiedlicher Methoden bei Probenahme oder Analytik erschwert. Die geogen bedingte Konzentration für Schwermetalle im Oberboden oder im Grundwasser zeigt eine viel höhere naturräumliche Differenzierung als beim

Nährstoff Phosphor. Eine höhere Genauigkeit, insbesondere für die Pfade Grundwassereinträge und Erosion wäre durch die Einbindung schwermetallspezifischer GIS-Karten zu erreichen.

Für die diffusen AOX-Emissionen liegen bislang keine Berechnungen vor. Auch wenn deren Anteil nach bisherigen Einschätzungen im Vergleich zu den Punktquellen eine eher untergeordnete Rolle spielt, sollte dieser Emissionspfad zukünftig genauer betrachtet werden.

Letztendlich hat dieses Vorhaben gezeigt, dass die Wahl der räumlichen Bezugs Ebene sowohl bei den kommunalen Einleitungen als auch bei den diffusen Einträgen erhebliche Auswirkungen auf die Qualität der erreichbaren Ergebnisse und damit auf die abgeleiteten wasserwirtschaftlichen Zielvorgaben hat. Da die Anforderungen der Quantität und Qualität der Eingangsdaten ab einer Einzugsgebietsgröße von weniger als  $1000 \text{ km}^2$  erheblich zunehmen, ist grundsätzlich eine abgestufte Vorgehensweise zu empfehlen.

## 9 Literatur

- 76/464/EWG: Richtlinie des Rates vom 4. Mai 1976 betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in Gewässer der Gemeinschaft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L129, 18.5.1976
- 91/271/EWG: Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser. Amtsblatt L 135 vom 30.5.1991
- 92/446/EWG: Entscheidung der Kommission vom 27. Juli 1992 über die Fragebogen zu den Wasserrichtlinien. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 247/10, 27.8.1992
- 96/61/EG: IVU-Richtlinie; Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IPPC Directive). Amtsblatt L 257 vom 24.9.1996
- 2000/479/EG: Entscheidung der Kommission über den Aufbau eines Europäischen Schadstoffemissionsregisters (EPER). Amtsblatt L 192/37 vom 28.7.2000
- Ameling, D. (2000): Technisch-wissenschaftliche Gemeinschaftsarbeit. Tätigkeitsbericht 1999, Vereinigung Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Wirtschaftsvereinigung Stahl, Düsseldorf
- ARGE Weser (1994), Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser: Die Unterweser 1993. Herausgeber: Ministerien für Umwelt Nordrhein-Westfalen, Bremen, Hessen, Niedersachsen, Thüringen. Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung Bremen
- ATV-Fachausschusses 2.3 (1987): Arbeitsbericht „AOX und Abwassertechnik. Korrespondenz Abwasser 34, S. 1224-1227
- Bach, M. (1996): Diffuse Stoffeinträge in Fließgewässer in Deutschland. Vom Wasser, 87, S. 1 - 13
- Ballschmiter, K.; Haltirsch, W.; Kühn, W.; Niemitz, W. (1987): Halogenorganische Verbindungen in Wässern. Integra-Services GmbH, Berlin
- Behrendt, H. (1993): Point and diffuse loads of selected pollutants in the river Rhine and its main tributaries. Research report RR-1-93, IIASA, Laxenburg, Austria

Behrendt, H.; Huber, P.; Opitz, D.; Schmoll, O.; Scholz, G.; Uebe, R. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands. UBA-Texte 75/99, Berlin

BMU (1998a): Umweltpolitik - Wasserwirtschaft in Deutschland. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn

BMU (1998b): Bericht der Bundesregierung über die Umsetzung der Beschlüsse der 4. Internationalen Nordseeschutz-Konferenz (4. INK), Esbjerg, 1995. Drucksache 13/11224, Bonn

Böhm, E.; Hillenbrand, T.; Marscheider-Weidemann, F.; Hussels, U. (1996): Emissionsinventare im Gewässerschutz - derzeitiger Stand, zukünftige Anforderungen und mögliche Lösungsansätze. UBA-Texte 47/96, Berlin

Böhm, E.; Hillenbrand, T.; Marscheider-Weidemann, F.; Schepnpp, C.; Fuchs, S.; Scherer, U. (2000): Bilanzierung des Eintrags prioritärer Schwermetalle in Gewässer. Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben Nr. 298 22 243, Herausgabe als UBA-Text in Vorbereitung

Braun, G.; Stock, H.-D.; Furmann, K. (1999): Verbesserung der Einleiterüberwachung durch die Einführung der Meßgrößen TOC, TNb und Pges-ICP. Texte 69/99, Umweltbundesamt, Berlin

Brombach, HJ.; Wöhrl, Ch. (1997): Gemessene Entlastungsaktivität von Regenüberlaufbecken. Korrespondenz Abwasser, 44, Nr. 1, S. 44-66

CEC (1999): Taking Stock: North American Pollutant Releases and Transfers, 1996. ([http://www.cec.org/pubs\\_info\\_resources/publications/protect\\_human\\_enviro/tak96.cfm?varlan=english](http://www.cec.org/pubs_info_resources/publications/protect_human_enviro/tak96.cfm?varlan=english))

De Waal Malefijt, I.R.A.J.W. (1982): Cadmium, Chrom, Kupfer, Blei, Nickel und Zink im häuslichen Abwasser und im Niederschlag. Holländische Fachzeitschrift H<sub>2</sub>O, 14, S. 335 ff

Dierschke, M. (1995): Das AOX-Bildungspotential von Wasch- und Reinigungsmitteln in kommunalen Abwässern. SIWAWI, Schriftenreihe: Vom Städtebauwesen zur Siedlungswasserwirtschaft, Kaiserslautern

DWK (Hrsg.) (1999): Bewertung verschiedener Verfahren zur Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Materialien 5/1999, Bonn

- EC (1996), Environment Canada: Industrial Releases Within the Great Lakes Basin  
- An Evaluation of NPRI and TRI Data (<http://www.cciw.ca/glimr/metadata/industrial-releases/>)
- Eurich-Menden, B.; Wegener, H.-R.; Hackenberg, S. (1997): Organische Reststoffe  
- Mengen-, Nährstoff- und Schwermetallaufkommen in der Bundesrepublik  
Deutschland (BRD).- Agrobiol.Res. 50, 1, S. 45-53
- Fuchs, S.; Butz, J.; Holz, A. (2000): Abschlussbericht zum BMBF-Verbundprojekt  
NIEDERSCHLAG. Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe, unveröffentlicht
- Gluschke, M. (1999): Emissionsinventar deutsches Ostsee-Einzugsgebiet. Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben Nr. 297 25 527, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Gültow
- Hagendorf, U. (1987): Bilanzierung halogenorganischer Verbindungen im Indirekteinleiterbereich von Kläranlagen. Gewässerschutz, Wasser, Abwasser, 100, S. 681-702
- Hagendorf, U. (1992): Organische Halogenverbindungen (AOX) aus diffusen Quellen im Haushalt. Korrespondenz Abwasser 39, Heft 12
- Haskoning (1999), Consulting Engineers: EU-Phare Projekt „Danube River Basin Water Quality Enhancement - Inventory of Industrial Emissions per County. Nijmegen
- Heidemeier, J. et al. (1996): Alles geklärt. UDIS -Konzept zur Realisierung von Umweltinformationssystemen. ix, 1/1996, S.94-105
- IKSE (1998), Internationale Kommission zum Schutz der Elbe: Erster Bericht über die Erfüllung des „Aktionsprogramms Elbe“. Magdeburg
- IKSR (1999), Internationale Kommission zum Schutz des Rheins: Rhein, Bestandsaufnahme der Einträge prioritärer Stoffe 1996. Koblenz
- KSR-Expertenkreis „Grundlagen und Modelle für diffuse Einträge“ (1996): Vorgehensweise, Grundlagen und Modelle für die Bestandsaufnahme der diffusen Einträge 1996. IKSR-Zwischenbericht C-d 1/96, Koblenz
- Koppe, P.; Stozek, A. (1999): Kommunales Abwasser - Seine Inhaltstoffe nach Herkunft, Zusammensetzung und Reaktionen im Reinigungsprozess einschließlich Klärschlämme. 4. Auflage, Vulkan-Verlag, Essen

- LABO (1998): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden.-  
In: Rosenkranz, D. et al. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes, Erich  
Schmidt Verlag, Berlin
- Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1994): Grundwasserüberwa-  
chungsprogramm – Geogen geprägte Beschaffenheit des Grundwassers.  
Karlsruhe
- Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (2000): Grundwasserbericht 1999. In Vor-  
bereitung
- LAWA (1998), Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Ableitung und Erprobung von  
Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer für die Schwerme-  
talle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink. Kultur-  
buchverlag, Berlin
- MATE (1998), Ministère de l'Amenagement du Territoire et de l'Environnement:  
Principaux rejets industriels en France - Bilan de l'année 1997. Paris
- MATE (1997), Ministère de l'Amenagement du Territoire et de l'Environnement:  
Emissions of waste waters and gases from industries in France 1996. Paris
- Meißner, E. (1991): Abschätzung der mittleren Jahresschmutzwasserfrachten aus  
Mischwassereinleitungen. In: Wasser-Abwasser-Abfall 7, Kassel
- Merian, E. (1984): Metalle in der Umwelt. Verlag Chemie, Weinheim
- Mohaupt, V.; Sieber, U.; Roovaart, J. van der; Verstappen, C.G.; Langenfeld, F.;  
Braun, M. (1998): Diffuse Sources of heavy metals in the German Rhine  
catchment. 3<sup>rd</sup> International IAWQ-Conference on Diffuse Pollution, 31.8-  
4.9.1998, Edinburgh
- MURL (1999), Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des  
Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Entwicklung und Stand der Abwasser-  
beseitigung in Nordrhein-Westfalen. 7. Auflage, MURL, Düsseldorf
- Neuman-Hensel, H.; Winteler, S. (1993): Einleiterkataster der deutschen Nordsee-  
küste. Ökopol im Auftrag des WWF, Hamburg
- N.N. (1998): Stickstoff- und Phosphoreinträge industrieller Direkteinleiter. Umwelt,  
Nr. 7-8, S. 377 – 388

OECD (1996a): Pollutant Release and Transfer Registers - A Tool for Environmental Policy and Sustainable Development: A Guidance Manual for Governments. Paris

OECD (1996b): Recommendation of the Council on Implementing Pollutant Release and Transfer Registers. OECD Dokument C(96)41/Final. Paris

Oslo and Paris Commissions (1994): Atmospheric, Riverine and Direct Inputs to the Marine Environment 1991-1992. Oslo and Paris Commissions, London

PARCOM (1997a): Report on Mercury Losses from the Chlor-Alkali Industry. Oslo and Paris Commissions, London

PARCOM (1997b): Report on Discharges from Refineries. Oslo and Paris Commissions, London

PARCOM (1998): Waste from the Titanium Dioxide Industry. Oslo and Paris Commissions, London

PER (1994): Draft Instrument for a Polluting Emissions Register. Europäische Kommission, Generaldirektion XI, April 1994

Raderschall, R. (1996): Abschätzung der diffusen Stoffeinträge in der Hunte über Ergebnisse aus Modell-Einzugsgebieten. Wasserwirtschaft, 86, S. 14 – 18

RIVM (1994): Emission Inventory in The Netherlands – Emissions to Air and Water in 1992. Publication series Emission Inventory Nr. 22, Dezember 1994, Seite 15, The Hague

Rosenwinkel, K.-H., A. Hippen (1998): Branchenbezogene Inventare zu Stickstoff- und Phosphoremissionen in die Gewässer. Texte 98/24, Umweltbundesamt, Berlin

Schäfer, M. (1999): Regionalisierte Stoffstrombilanzen in städtischen Einzugsgebieten – Möglichkeiten, Probleme und Schlussfolgerungen. Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, 97

Schönberger, H. (2000): Die gegenwärtige Verbrauchs- und Emissionssituation der deutschen Textilveredlungsindustrie. Teilbericht zum UBA-Vorhaben Nr. 102 06 524 „Aufbau eines Emissionsinventars Wasser für die Bundesrepublik Deutschland“, Herausgabe als UBA-Text in Vorbereitung

- Schultz, R. (1987): Vergleichende Betrachtung des Schwermetallhaushalts verschiedener Waldökosysteme Norddeutschlands. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben, Reihe A, Band 32, Universität Göttingen
- Schulz, S. (1998): Der Kanal als Reaktor: Neubildung von AOX durch Wirkstoffe in Reinigungsmitteln. Schriftreihe des ISWW, Universität Karlsruhe, Band 90, Oldenbourg Verlag GmbH, München/Wien
- StaBu (1996a), Statistisches Bundesamt: Fachserie 3, Reihe 4.1: Viehbestand.
- StaBu (1996b), Statistisches Bundesamt: Fachserie 8, Reihe 4 - Binnenschifffahrt. Metzler-Poeschel, Stuttgart
- StaBu (1998a), Statistisches Bundesamt: Umwelt, Fachserie 19, Reihe 2.1 - Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 1995. Metzler-Poeschel, Stuttgart
- StaBu (1998c), Statistisches Bundesamt: Statistik der öffentlichen Abwasserbeseitigung und der Abwasserbeseitigung im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe 1995 – Ergebnisse zur Abwasserschädlichkeit. Arbeitsunterlage, Statistisches Bundesamt IX D, 1998
- Stotz, G.; Knoche, G. (2000): Herkunft und Auswirkung von Cu, Zn, Pb, Cd und Hg aus diffusen Quellen auf die Oberflächengewässer. UBA-Vorhaben Nr. 297 24 519
- UBA (1997) Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt – Der Zustand der Umwelt in Deutschland. Ausgabe 1997. Erich Schmidt Verlag, Berlin
- UBA (1999) (Clausen et al.): Umweltqualitäts- und Umwelthandlungsziele im Gewässerschutz - Sachstand und Ausblick. Umweltbundesamt - Texte 91/99, Berlin
- UDIS-A (2000): Handbuch zum Programm UDIS-A / dezentral, Version 1.0, (c) IWS / RISA GmbH
- Umweltinformationsgesetz (1994): Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie 90/313/EWG über den freien Zugang zu Informationen über die Umwelt. Bundesgesetzblatt, Teil I, S. 1490

UN-ECE (1998): Fourth Ministerial Conference - Environment for Europe: Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters, ECE/CEP 43, Åhus, 23-25 June 1998

- UNITAR (1996): Guidance Series on Implementing a National PRTTR Design Project. ([http://irptc.unep.ch/prtr/docs01.html#unitar\\_cat](http://irptc.unep.ch/prtr/docs01.html#unitar_cat))
- UstatG (1994): Gesetz über Umweltstatistiken (Umweltstatistikgesetz), Bundesgesetzblatt Teil I, S. 2530
- VCI (1999): Responsible-Care-Bericht 1999, Frankfurt
- VCI (2000): Endbericht für das Jahr 2000 gemäß Artikel 2.2. der Vereinbarung zwischen Rotterdam und dem VCI vom 17. November 1995. VCI, Frankfurt
- Vink, R. (2000): Present and future quality of sediments in the Rhine catchment area. In Vorbereitung
- Wasserrahmenrichtlinie (2000): Gemeinsamer Standpunkt des Rates über eine EG-Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt C 343/01 vom 30.10.1999
- Welker, A.; Schmitt, T.G. (1997): A Basic Investigation in Origins of AOX- Substances in Paper Sludges. Water Res. 31, (4), S. 805 – 815
- Werner, W.; Wodsak, H.-P. (1994): Stickstoff- und Phosphateintrag in die Fließgewässer Deutschlands unter besonderer Berücksichtigung des Eintragsgeschlebens im Lockergesteinsbereich der ehemaligen DDR. Schriftenreihe Agrarspektrum 22, Verlagsunion Agrar, Frankfurt
- Wilcke, W.; Döhler, H. (1995): Schwermetalle in der Landwirtschaft. KTBL-Arbeitspapier, 217, 98 S
- Winteler, S. (1993): Stickstoffeinträge in das Nordsee-Einzugsgebiet. Ökopol im Auftrage des WWF, Hamburg



## II

(Nicht veröffentlichtsbedürftige Rechtsakte)

## KOMMISSION

## ENTSCHEIDUNG DER KOMMISSION

vom 17. Juli 2000

## über den Aufbau eines Europäischen Schadstoffemissionsregisters (EPCR) gemäß Artikel 15 der Richtlinie 96/61/EG des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminde rung der Umweltverschmutzung (IPPC)

(Bekanntgegeben unter Aktenzeichen K(2000) 2004)

(Text von Bedeutung für den EWR)

(2000/479/EG)

DIE KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN —  
gestützt auf den Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft,

gestützt auf die Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminde rung der Umweltverschmutzung<sup>(1)</sup>, insbesondere auf Artikel 15 Absatz 3,

in Erwägung nachstehender Gründe:

(1) Artikel 15 Absatz 3 der Richtlinie 96/61/EG fordert die Mitgliedstaaten auf, Informationen über die wichtigsten Emissionen und ihre Quellen zu erfassen und weiterzu leiten.

(2) Die Kommission veröffentlicht die Ergebnisse dieser Bestandsaufnahme alle drei Jahre und legt die Form und die erforderlichen Angaben für die Übermittlung der Informationen der Mitgliedstaaten gemäß Artikel 19 der Richtlinie 96/61/EG fest.

(3) Die in dieser Entscheidung vorgesehenen Maßnahmen entsprechen der Stellungnahme des in Artikel 19 der Richtlinie 96/61/EG genannten Ausschusses —

HAT FOLGENDE ENTSCHEIDUNG ERLASSEN:

## Artikel 1

(1) Die Mitgliedstaaten erstatten der Kommission Bericht über Emissionen aus allen Betriebeinrichtungen, die eine oder mehrere der in Anhang 1 der Richtlinie 96/61/EG erwähnten Tätigkeiten durchführen.

(2) Der erste Bericht der Mitgliedstaaten ist der Kommission im Juni 2003 vorzulegen; er soll Angaben über Emissionen im Jahr 2001 enthalten (bzw. wahlweise 2000 oder 2002, falls für 2001 keine Daten verfügbar sind).

(3) Der zweite Bericht der Mitgliedstaaten mit Daten über die Emissionen im Jahr 2004 ist der Kommission im Juni 2006 vorzulegen.

(4) Abhängig von den Ergebnissen des zweiten Meldezyklus<sup>(2)</sup> werden die Mitgliedstaaten ab dem Jahr  $T = 2008$  ermutigt, alljährlich im Dezember des Jahres  $T$  die Folgeberichte an die Kommission mit Emissionsdaten des Jahres  $T - 1$  vorzulegen.

<sup>(1)</sup> ABl. L 257 vom 10.10.1996, S. 26.

**Artikel 3**

(1) Die Kommission fördert vorbereiende nationale Workshops die von den Mitgliedstaaten veranstaltet werden, und erstellt bis zum Dezember 2000 unter Mitwirkung von Vertretern der Industrie und in Abstimmung mit dem in Artikel 19 der Richtlinie 96/61/EG genannten Ausschuß einen „Leitfaden für die Umsetzung des EPER“.

(2) Der „Leitfaden für die Umsetzung des EPER“ behandelt Einzelheiten der Berichtsformate und erforderlichen Angaben, u. a. die Auslegung von Definitionen, Datenqualität und Datenmanagement. Hinweise auf Methoden der Emissionsabschätzung und tätigkeitspezifische Tellisten von Schadstoffen für die in Anhang A3 aufgeführten Quellenkategorien.

(3) Nach jedem Meldezyklus veröffentlicht die Kommission die Ergebnisse der Meldungen der Mitgliedstaaten und überprüft das Meldeverfahren innerhalb von sechs Monaten ab den in Artikel 2 genannten Vorlagetermine.

**Artikel 4**

(1) Die Mitgliedstaaten übermitteln alle Angaben auf elektronischem Weg.

(2) Die Kommission veröffentlicht in Verbindung mit der Europäischen Umweltagentur diese Angaben im Internet.

(3) Die in Zusammenhang mit den Emissionsberichten verwendeten Begriffe sind in Anhang A4 definiert.

Diese Entscheidung ist an alle Mitgliedstaaten gerichtet.

**Artikel 5**

Brüssel, den 17. Juli 2000

Für die Kommission  
Margot WALLSTRÖM  
Mitglied der Kommission

## ANHANG A1

## Verzeichnis der bei Überschreitung des Schwellenwertes zu meldenden Schadstoffe

Schadstoff/Stoffe	Feststellung	Luft	Wasser	Schwellenwert Luft in kg/Jahr	Schwellenwert Wasser in kg/Jahr
<b>1. Umweltprobleme</b>	(13)	(11)	(2)		
CH <sub>4</sub>		x		100 000	
CO		x		500 000	
CO <sub>2</sub>		x		100 000 000	
HFC		x		100	
N <sub>2</sub> O		x		10 000	
NH <sub>3</sub>		x		10 000	
NM VOC		x		100 000	
NO <sub>x</sub>	als NO <sub>2</sub>	x		100 000	
PPC		x		100	
SF <sub>6</sub>		x		50	
SO <sub>x</sub>	als SO <sub>2</sub>	x		150 000	
Summe — Stickstoff	als N	x		50 000	
Summe — Phosphor	als P	x		5 000	
<b>2. Metalle und ihre Verbindungen</b>	(8)	(8)	(8)		
As und Verbindungen	als As — gesamt	x	x	20	5
Cd und Verbindungen	als Cd — gesamt	x	x	10	5
Cr und Verbindungen	als Cr — gesamt	x	x	100	50
Cu und Verbindungen	als Cu — gesamt	x	x	100	50
Hg und Verbindungen	als Hg — gesamt	x	x	10	1
Ni und Verbindungen	als Ni — gesamt	x	x	50	20
Pb und Verbindungen	als Pb — gesamt	x	x	200	20
Zn und Verbindungen	als Zn — gesamt	x	x	200	100
<b>3. Chlorhaltige organische Stoffe</b>	(15)	(12)	(7)		
1,2-Dichlorethan (DCE)		x	x	1 000	10
Dichlormethan (DCM)		x	x	1 000	10
Chlorkane (C10-13)		x	x	1	1
Hexachlorbenzol (HCB)		x	x	10	1
Hexachlorbutadien (HCB)		x	x	1	1

Schadstoffe/Stoffe	Feststellung	Luft	Wasser	Schwellenwert Luft in kg/Jahr	Schwellenwert Wasser in kg/Jahr
Hexachlorcyclohexan (HCH)		x	x	10	1
Halogenhaltige organische Verbindungen	als AOX	x	x	0,001	1 000
PCDD + PCDF (Dioxine + Furane)	als Teq	x	x	10	
Pentachlorphenol (PCP)		x	x	10	
Tetrachloroethen (PER)		x	x	2 000	
Tetrachlormethan (TCM)		x	x	100	
Trichlorbenzol (TCB)		x	x	10	
1,1,1-Trichlorethan (TCE)		x	x	100	
Trichlorethen (TRE)		x	x	2 000	
Trichlormethan		x	x	500	
<b>4. Sonstige organische Verbindungen</b>	(7)	(2)	(6)		
Benzol		x	x	1 000	
Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole	als BTEX	x	x	200	
Bromierte Diphenylether		x	x	1	
Organische Zinnverbindungen	als gesamt Sn	x	x	50	
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe		x	x	50	5
Phenole	als gesamt C	x	x	20	
Organischer Kohlenstoff insgesamt (TOC)	als gesamt C oder COD <sup>3</sup>	x	x	50 000	
<b>5. Sonstige Verbindungen</b>	(7)	(4)	(3)		
Chloride	als gesamt Cl	x	x	2 000 000	
Chlor und anorganische Chlorverbindungen	als HCl	x	x	10 000	
Cyanide	als gesamt CN	x	x	50	
Fluoride	als gesamt F	x	x	2 000	
Fluor- und anorganische Fluorverbindungen	als HF	x	x	5 000	
HCN		x	x	200	
PM10		x	x	50 000	
<b>Zahl der Schadstoffe</b>	50	37	26		

## ANHANG A2

## Format für die Meldung von Emissionsdaten durch die Mitgliedstaaten

Bezeichnung der Betriebseinrichtung			
Name der Muttergesellschaft			
Name der Betriebseinrichtung			
Anschrift/Standort der Betriebseinrichtung			
PLZ/Land			
Geografische Koordinaten			
NACE-Kode (4-stellig)			
Wirtschaftliche Haupttätigkeit			
Produktionsvolumen (fakultativ)			
Aufsichtsbehörden (fakultativ)			
Zahl der Anlagen (fakultativ)			
Zahl der jährlichen Betriebsstunden (fakultativ)			
Beschäftigtenzahl (fakultativ)			
<b>Alle Tätigkeiten/Verfahren gemäß Anhang 1 (gemäß Anhang A3)</b>	<b>Tätigkeitskodes (NOSE-P, ≥ 5-stellig, gemäß Anhang A3)</b>		
Tätigkeit 1 (Haupttätigkeit gemäß Anhang 1)	Kode 1 (NOSE-P-Hauptkode)		
Tätigkeit 1 (Haupttätigkeit gemäß Anhang 1)	Kode 1 (NOSE-P-Hauptkode)		
Tätigkeit N	Kode N		
<b>Angaben über Emissionen der Betriebseinrichtung in die Luft für jeden Schadstoff, dessen Schwellenwert überschritten wurde (gemäß Anhang A1)</b>	<b>Freisetzung in die Luft</b>		
Schadstoff 1	M: gemessen	in kg/Jahr	
Schadstoff 1	C: berechnet		
Schadstoff N	E: geschätzt		
<b>Angaben über (direkte oder indirekte) Emissionen der Betriebseinrichtung in Gewässer für jeden Schadstoff, dessen Schwellenwert überschritten wurde (gemäß Anhang A1)</b>	<b>Direkte Freisetzung in Oberflächengewässer</b>	<b>Indirekte Freisetzung durch Einleitung (über ein Abwassersystem) in eine Kläranlage außerhalb des Standorts</b>	
Schadstoff 1	M: gemessen	in kg/Jahr	
Schadstoff 1	C: berechnet		
Schadstoff N	E: geschätzt		
<b>Datum der Vorlage bei der Kommission</b>			
<b>Ansprechpartner im Mitgliedstaat</b>			
Telefonnummer			
Faxnummer			
E-Mail-Adresse			

## ANHANG A3

## Anzugebende Quellenkategorien und NOSE-P-Kodes

IPPC	Anhang I-Tätigkeiten (Quellenkategorien)	NOSE-P	NOSE-P Verfahren (Zuordnung zu NOSE-P Gruppen)	SNAP 2
1.	<b>Energiewirtschaft</b>			
1.1.	Verbrennungsanlagen > 50 MW	101.01 Verbrennungsprozesse > 300 MW (Ganze Gruppe)	01-0301	
		101.02 Verbrennungsprozesse > 50 und < 300 MW (Ganze Gruppe)	01-0301	
		101.04 Verbrennung in Gasturbinen (Ganze Gruppe)	01-0301	
1.2.	Mineralöl- und Gastraffinerien	101.05 Verbrennung in stationären Maschinen (Ganze Gruppe)	01-0301	
1.3.	Kokereien	105.08 Verarbeitung von Erdölprodukten (Ferstellung von Brennstoffen)	0401	
1.4.	Kohlevergasungs- und -verflüssigungsanlagen	104.08 Sonstige Verarbeitung fester Brennstoffe (Herstellung von Kohle, Erdölzeugnissen und Kernbrennstoffen)	0104	
2.	<b>Herstellung und Verarbeitung von Metallen</b>			
2.1./2.2./2.3./ 2.4./2.5./2.6.	Metallindustrie und Röst- oder Sinteranlagen für Metalle, Anlagen zur Gewinnung von Eisenmetallen und Nichteisenmetallen	104.12 Primär- und Sekundärherstellung oder Sinteranlagen (Metallindustrie mit Verfeuerung von Brennstoffen)	0303	
		105.12 Charakteristische Verfahren bei der Herstellung von Metallen und Metallerzeugnissen (Metallindustrie)	0403	
		105.01 Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen (Allgemeine Herstellungsverfahren)		
3.	<b>Bergbau</b>			
3.1./3.3./3.4./ 3.5.	Anlagen zur Herstellung von Zementklinker (> 500 t/Tag), Kalk (> 50 t/Tag), Glas (> 20 t/Tag), Mineralien (> 20 t/Tag) oder keramischen Erzeugnissen (> 75 t/Tag)	104.11 Herstellung von Gips, Asphalt, Beton, Zement, Glas, Fasern, Ziegelseiten, Fliesen oder keramischen Erzeugnissen (Bergbaulustrie mit Verfeuerung von Brennstoffen)	0303	
3.2.	Anlagen zur Gewinnung von Asbest oder zur Herstellung von Erzeugnissen aus Asbest	105.11 Herstellung von Asbest und von Erzeugnissen aus Asbest (Bergbaulustrie)	0406	
4.	<b>Chemische Industrie und Chemieanlagen zur Herstellung folgender Produkte:</b>			
4.1.	Organische chemische Grundstoffe	105.09 Herstellung organischer Chemikalien (Chemische Industrie)	0405	
		107.03 Herstellung organischer Produkte mit Lösungsmitteln (Verwendung von Lösungsmitteln)	0603	
4.2./4.3.	Anorganische chemische Grundstoffe oder Dungemittel	105.09 Herstellung anorganischer Chemikalien oder NPK-Dungemitteln (Chemische Industrie)	0404	

IPPC	Anhang I-Fätigkeiten (Quellenkategorien)	NOSE-P	NOSE-P-Verfahren (Zuordnung zu NOSE-P Gruppen)	SNAP 2
4.4./4.6.	Biozide und Explosivstoffe	105.09	Herstellung von Planzenschutzmitteln oder Explosivstoffen (Chemische Industrie)	0405
4.5.	Arzneimittel	107.03	Herstellung von Arzneimitteln (Verwendung von Lösungsmitteln)	0603
5.	<b>Abfallbehandlung</b>			
5.1./5.2.	Anlagen zur Entsorgung oder Verwertung von gefährlichen Abfällen (> 10 t/Tag) oder Stedlungsmüll (> 3 t/Stunde)	109.03	Verbrennung von gefährlichen Abfällen oder Stedlungsmüll (Müllverbrennung und Pyrolyse)	0902
		109.06	Deponien (Entsorgung fester Abfälle an Land)	0904
		109.07	Physikalisch-chemische und biologische Abfallbehandlung (Sonstige Abfallbehandlung)	0910
		105.14	Rückgewinnung/Verwertung von Abfallstoffen (Recycling-Industrie)	0910
5.3./5.4.	Anlagen zur Beseitigung ungefährlicher Abfälle (> 50 t/Tag) und Deponien (> 10 t/Tag)	109.06	Deponien (Entsorgung fester Abfälle an Land)	0904
		109.07	Physikalisch-chemische und biologische Abfallbehandlung (Sonstige Abfallbehandlung)	0910
6.	<b>Sonstige Industriezweige nach Anhang I</b>			
6.1.	Industrieanlagen zur Herstellung von Zellstoff aus Holz oder anderen Faserstoffen und Herstellung von Papier oder Pappe (> 20 t/Tag)	105.07	Herstellung von Erzeugnissen aus Zellstoff, Papier und Pappe (Ganze Gruppe)	0406
6.2.	Anlagen zur Vorbehandlung von Fasern oder Textilien (> 10 t/Tag)	105.04	Herstellung von Textilien und Textilzeugnissen (Ganze Gruppe)	0406
6.3.	Anlagen zum Gerben von Häuten und Fellen (> 12 t/Tag)	105.05	Herstellung von Leder und Lederzeugnissen (Ganze Gruppe)	0406
6.4.	Schlachthöfe (> 50 t/Tag), Anlagen zur Herstellung von Milch (> 200 t/Tag), sonstigen tierischen Rohstoffen (> 75 t/Tag) oder pflanzlichen Rohstoffen (> 300 t/Tag)	105.03	Herstellung von Nahrungsmittelzeugnissen und Getränken (Ganze Gruppe)	0406
6.5.	Anlagen zur Beseitigung oder Verwertung von Tierköpfen und tierischen Abfällen (> 10 t/Tag)	109.03	Verbrennung von Tierköpfen und tierischen Abfällen (Abfallverbrennung und Pyrolyse)	0904
		109.06	Deponien (Entsorgung fester Abfälle an Land)	0904
		105.14	Wiederverwertung von Tierköpfen/tierischen Abfällen (Recycling-Industrie)	0910
6.6.	Anlagen zur Zucht von Geflügel (> 40 000); Schweinen (> 2 000) oder Zuchssäuen (> 750)	110.04	Darmgärung (Ganze Gruppe)	1004
		110.05	Dungentsorgung (Ganze Gruppe)	1005
6.7.	Anlagen zur Behandlung von Oberflächen oder von Stoffen unter Verwendung von organischen Lösungsmitteln (> 200 t/Jahr)	107.01	Auftragen von Farbe (Verwendung von Lösungsmitteln)	0601
		107.02	Entfernen, chemische Reinigung und Elektronik (Verwendung von Lösungsmitteln)	0602
		107.03	Ausfräsen von Textilien und Gerben von Leder (Verwendung von Lösungsmitteln)	0603
		107.04	Druckindustrie (Verwendung von Lösungsmitteln)	0604
6.8.	Anlagen zur Herstellung von Kohlenstoff und Graphit	105.09	Herstellung von Kohlenstoff oder Graphit (Chemische Industrie)	0404

## ANHANG A4

## Begriffsbestimmungen im Zusammenhang mit dem EPER

Begriff	Bedeutung
IPPC-Richtlinie	Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung
Anlage	Ortsfeste technische Einheit, in dem eine oder mehrere der in Anhang 1 der IPPC-Richtlinie genannten Tätigkeiten sowie andere unmittelbar damit verbundene Tätigkeiten durchgeführt werden, die mit den an diesem Standort durchgeführten Tätigkeiten in einem technischen Zusammenhang stehen und Auswirkungen auf die Emissionen und die Umweltverschmutzung haben können
Tätigkeit gemäß Anhang I	In Anhang I der IPPC-Richtlinie 96/61/EG aufgeführte Tätigkeit, wie sie zusammenfassend näher in Anhang A3 beschrieben ist
EPER	Europäisches Schadstoffemissionsregister (European Pollutant Emission Register)
Schadstoff	Einzelne Stoffe oder Stoffgruppen, wie sie in Anhang A1 aufgeführt sind
Stoff	Chemische Elemente und ihre Verbindungen, ausgenommen radioaktive Stoffe
Emission	Indirekte Freisetzung eines Schadstoffs in Luft oder Wasser sowie seine indirekte Freisetzung über eine Abwasserbehandlungsanlage außerhalb des Standorts
Betriebseinrichtung	Industrieller Komplex mit einer oder mehreren Anlagen am gleichen Standort, an dem ein Betreiber eine oder mehrere Tätigkeiten gemäß Anhang I durchführt
Standort	Geographischer Ort der Betriebseinrichtung
Meldzyklus	Gesamter Meldzyklus, der die Erhebung, Prüfung, Vorlage, Verwaltung und Verbreitung der gemeldeten Daten umfasst
NACE-Kode	Standardnomenklatur für wirtschaftliche Tätigkeiten
NOSE-P-Kode	Standardnomenklatur für Emissionsquellen
SNAP-Kode	In anderen Emissionsverzeichnissen verwendete Nomenklatur