

# Texte 53/00

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

Forschungsbericht 296 21 524/01  
UBA-FB 000123

## Emissionsinventar Wasser für die Bundesrepublik Deutschland

*Eberhard Böhm, Thomas Hillenbrand, Frank Marscheider-Weidemann, Christian Schempp*  
Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe

unter Mitarbeit von

*Stephan Fuchs, Ulrike Scherer*

Institut für Siedlungswasserwirtschaft Universität Karlsruhe (TH)

*Matthias Lüttgert*

RISA Sicherheitsanalysen GmbH, Berlin

### 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.

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 Herkunftsbereichen (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 Direkteinleitungen. 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-Einleitungen 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

---

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

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 Einleitungen 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 behandelten 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 Dränagen emittiert, der Anteil der Erosion ist vernachlässigbar. Die Einträge über das Grundwasser sind außerdem bei Nickel der wichtigste Eintragspfad (34 %). Die Dränagen 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	Einträge	N [t]	P [t]	AOX <sup>1)</sup> [t]	Cd [kg]	Cr [kg]	Cu [kg]	Hg [kg]	Ni [kg]	Pb [kg]	Zn [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
	Gesamt	131.108	5.295	80,0	2.689	94.289	109.673	847	70.564	91.576	678.947
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
	Gesamt	285.437	11.771	493,7	6.704	163.164	282.861	3.073	166.550	181.239	1.551.599
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
	Gesamt	33.169	1.293	15,3	516	9.795	19.406	228	9.912	12.193	124.849
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
	Gesamt	84.365	3.797	53,0	2.003	42.403	81.201	956	39.977	55.049	490.777
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
	Gesamt	141.696	7.149	174,8	4.830	86.933	211.094	1.469	80.263	130.903	1.007.045
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
	Gesamt	5.698	388	4,2	220	3.138	8.256	58	3.397	5.766	50.516
Nordsee	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
	Gesamt	97.887	5.744	8,1	544	9.908	17.141	155	7.371	8.724	124.325
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
	Gesamt	38.456	1.213	7,6	935	11.100	31.877	219	11.855	19.478	199.222
D Gesamt	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
	Gesamt	818.155	36.661	836,7	18.441	420.732	761.510	7.006	389.890	504.927	4.227.279

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

Die Punktquellen 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 Nichteisenmetallherstellung (Anhang 39, wichtigste Branche bei Cadmium und Blei), die Zellstoff- 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 Flussgebiete 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.