

3 Gewässergütesituation in Nordrhein Westfalen

3.1 Rhein

Das Einzugsgebiet des Rheins in Nordrhein-Westfalen

Der Rhein erreicht bei Bad Honnef die Landesgrenze zwischen Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen. Gleichzeitig geht er dort vom Mittelrhein zum Niederrhein über, der Nordrhein-Westfalen bis zur niederländischen Grenze bei Kleve-Bimmen auf einer Länge von 225 km durchfließt. Als wichtigste Nebengewässer fließen ihm hier die Sieg, Wupper, Erft, Ruhr, Emscher und Lippe zu. Verminderte Strömungsgeschwindigkeit, eine mittlere Wasserführung um 2000 m³/s und Überflutungen während der Hochwasserperioden sind für den Niederrhein charakteristisch. Sein weitgehender Ausbau zur Großschifffahrtsstraße sowie zum Hochwasserschutz hat ebenso wie in anderen Rheinabschnitten viele ökologisch wichtige Auenflächen verdrängt. Trotz des noch vorhandenen ursprünglichen mäandrierenden Flussverlaufes erlaubt der Uferausbau keine natürliche Laufveränderung.



Geologisch bedeutsam sind im Einzugsgebiet des Niederrheins die bis zu tausend Meter mächtigen Lockergesteine aus dem Quartär und Tertiär. Im Tertiär wurden im Süden des Niederrheins mächtige Braunkohlenflöze abgelagert, die heute wirtschaftlich genutzt werden. Darüber hinaus haben die Sedimente des Tertiärs eine wichtige Funktion als Grundwasserspeicher.

Mit etwa 20.000 km² liegen 60 % der Fläche Nordrhein-Westfalens im Einzugsgebiet des Rheins. Es weist eine hohe Bevölkerungsdichte auf, die im Mittel bei über 700 Einwohner/km² liegt. Wichtigstes Ballungszentrum ist das Rhein-Ruhr-Wupper-Gebiet. Zudem sind die chemische, Metall- und Papierindustrie im Vergleich zum Bundesdurchschnitt überproportional vertreten. Damit gehören die kommunalen und industriell-gewerblichen Abwassereinleitungen zu den wesentlichen Belastungen aus punktuellen Quellen. Jeweils ein Viertel des nordrhein-westfälischen Rheineinzugsgebietes wird ackerbaulich und forstwirtschaftlich genutzt. Nachdem in den vergangenen Jahren die punktuellen Belastungen aufgrund der konsequenten Abwasserbehandlung sowie -fernhaltung deutlich zurückgegangen sind, spielen diese Flächen als diffuse Quellen insbesondere für den Eintrag von Nährstoffen und Pestiziden aus der Landwirtschaft eine übergeordnete Rolle.

Der Rhein ist der wirtschaftlich wichtigste Fluss in Europa. Er stellt eine bedeutende Ressource für die Entnahme von Trink- und Brauchwasser dar, wobei am Niederrhein zur Trinkwassergewinnung auf Uferfiltrat zurückgegriffen wird. Als internationale Wasserstraße weist vor allem der Niederrhein mit dem größten europäischen Binnenhafen in Duisburg einen intensiven Schiffsverkehr auf. Neben der Nutzung als Vorfluter für kommunale und industrielle Abwassereinleitungen erfüllt der Rhein auch wichtige Funktionen für den Angel- und Wassersport, Erholung sowie Natur- und Landschaftsschutz.

3.1.1 Abfluss

Repräsentativ für den Rhein in Nordrhein Westfalen sind die Abflussdaten und ausgewählte Hauptwerte des Pegels Rees, die in Abb. 3.1.1.1 und Tab. 3.1.1.1 dargestellt sind. Die MQ-Werte 1995 und 1999 liegen um ca. 30 % über dem langjährigen Mittelwert der Jahresreihe 1931/1994 (64 Kalenderjahre) von 2260 m³/s, der MQ-Wert 1996 um 19 % darunter. Der hohe Wert für 1995 wird durch das Hochwasserereignis im Januar/ Februar sowie durch überdurchschnittlich hohe Abflüsse in der ersten Jahreshälfte bestimmt. 1999 prägten die Hochwasserereignisse im Februar/März und im Dezember sowie die überdurchschnittlich hohen Abflüsse in der ersten Jahreshälfte den mittleren Jahresabfluss.

Der niedrigste NQ-Wert im Berichtszeitraum wurde am 08.10.1997 mit 980 m³/s ermittelt. Er unterschreitet den MNQ-Wert der langjährigen Reihe 1931/1994 um 7 %. Die Minimalwerte in den Jahren 1995, 1996 und 1998 überschreiten den langjährigen Mittelwert um bis zu 14 % (1050 m³/s). 1998 wurde der langjährige Mittelwert knapp unterschritten.

Für das hydrologisch begrenzte Einzugsgebiet des Rheins unterhalb der Mainmündung betrug das Niederschlagsflächenmittel im Jahr 1995 914 mm bzw. 110 % des vieljährigen Mittelwertes. 1998 wurden diese Werte mit 984 mm (114 %) noch übertroffen.

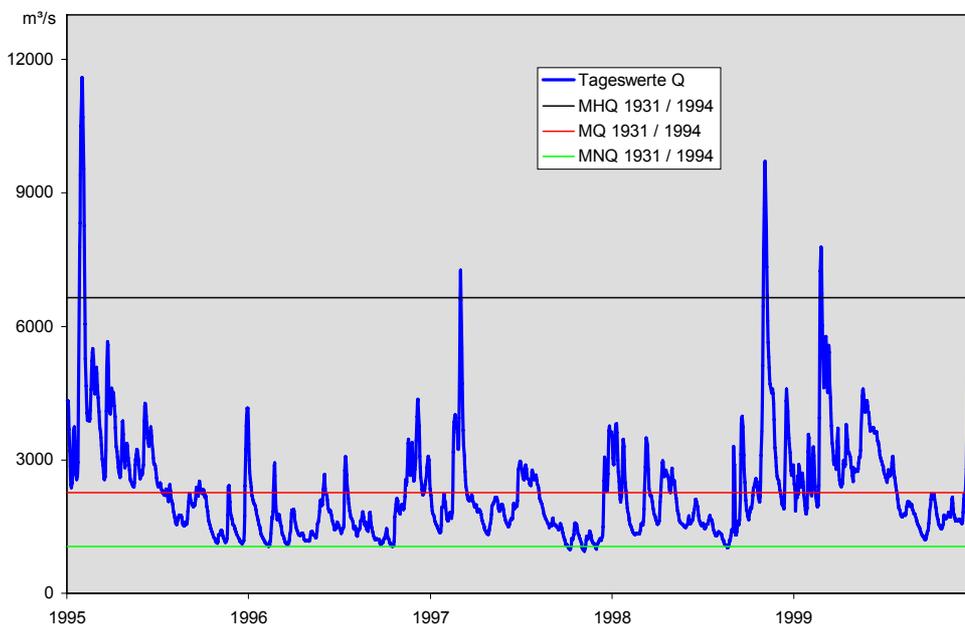


Abb. 3.1.1.1:
Abflussganglinie des Rheins
am Pegel Rees (km 837,4)
für die Kalenderjahre 1995
bis 1999 und ausgewählte
Hauptwerte

Der größte Abfluss (HQ) im Kalenderjahr 1995 wurde am 31. Januar 1995 mit 11800 m³/s ermittelt. Dieser Hochwasserzufluss liegt um 77 % über dem langjährigen MHQ-Wert (6650 m³/s) der Jahresreihe 1931/1994. Dieses Hochwasserereignis ist das zweithöchste nach dem im Jahre 1926. In den Jahren 1997 bis 1999 gab es weitere wesentliche Hochwasserereignisse im Februar/März 1997, im November 1998 sowie im Februar und am Jahresende 1999. Das Hochwasserereignis im November 1998 mit einem Spitzenabfluss von 10100 m³/s lag um 52 % über dem langjährigen MHQ-Wert der Jahresreihe 1931/1994 (6650 m³/s). Es war das achtgrößte Ereignis seit 1926.

Insgesamt sind die Jahre 1995 und 1998 hydrologisch als nasse Jahre einzustufen. Die Niederschlagsflächenmittel in Deutschland (politisch begrenzt) betragen 830 bzw. 896 mm oder 108 % bzw. 115 % des vieljährigen Mittelwertes. Die Jahre 1996 und 1997 sind als hydrologisch trocken zu klassifizieren. Das Niederschlagsflächenmittel in Deutschland beträgt mit 644 mm (84 %) bzw. mit 689 mm 89 % des vieljährigen Mittelwertes.

Tab. 3.1.1.1: Zusammenstellung der Gewässerkundlichen Hauptwerte des Pegels Rees/Rhein

Hauptwert	Kalenderjahr/ Datum	Jahres-Hauptwert (m ³ /s)	Hauptwert der Jahres- reihe 1931/1994 (m ³ /s)		Abweichung vom langjährigen Wert (%)
NQ	1995 (19.12.)	1190	MNQ	1050	+13
	1996 (10.02.)	1130			+ 8
	1997 (08.10.)	980			- 7
	1998 (20.08.)	1030			- 2
	1999 (22.09.)	1200			+ 14
MQ	1995	2960	MQ	2260	+ 31
	1996	1830			- 19
	1997	1980			- 12
	1998	2340			+ 4
	1999	2920			+ 29
HQ	1995 (31.01.)	11800	MHQ	6650	+ 77
	1996 (06.12.)	4380			- 34
	1997 (02.03.)	7350			+ 11
	1998 (04.11.)	10100			+ 52
	1999 (26.02.)	8260			+ 24

3.1.2 Chemisch-physikalische Untersuchungen der Wasserphase

Sauerstoff

Die Sauerstoffversorgung des Rheins befindet sich seit vielen Jahren auf einem hohen Niveau, wie die kontinuierlichen Messungen der Wasserkontrollstationen Bad Honnef und Kleve-Bimmen zeigen. Auch im Zeitraum 1995 – 1999 bestand selbst für anspruchsvolle Fischarten (Salmoniden wie Lachs, Forelle und Äsche) zu keinem Zeitpunkt eine O₂-Mangelsituation. Die für Salmoniden lebensnotwendige Sauerstoffkonzentration von 6 mg/l wurde zuletzt 1990 unterschritten (vgl. Tab. 3.1.2.1). Damit werden die Qualitätsanforderungen für Salmonidengewässer weiterhin eingehalten, und die Anforderungen des internationalen Wanderfischprogrammes für den Rhein erfüllt (IKSR 1987).

TOC

Abb. 3.1.2.1 ist zu entnehmen, dass der gesamte organische Kohlenstoff (TOC) ab 1995 weiter abgenommen hat und nur noch geringen Veränderungen unterliegt. Der in den AGA entsprechend Gewässergüteklasse II geforderte Richtwert von < 7 mg/l konnte immer eingehalten werden. Erhöhte Werte im

Tab. 3.1.2.1: Absolute Sauerstoffkonzentrationen, Ergebnisse aus kontinuierlichen Messungen [mg/l]

Jahr	Bad Honnef		Kleve-Bimmen	
	Mittel [mg/l]	Minium [mg/l]	Mittel [mg/l]	Minium [mg/l]
1990	9,3	6,1	9,5	5,6
1991	10,4	7,1	9,4	6,0
1992	9,4	6,6	9,6	6,2
1993	9,5	6,0	9,8	7,2
1994	10,0	6,8	9,6	6,5
1995	10,1	7,2	9,8	7,2
1996	10,2	6,2	10,0	7,3
1997	9,4	6,5	9,9	7,0
1998	9,2	6,2	9,7	6,9
1999	10,7	7,6	11,1	10,0

Jahresverlauf sind auf saisonale Einflüsse und Hochwasserereignisse mit größerem Schwebstoffgehalt in der Wasserphase zurückzuführen.

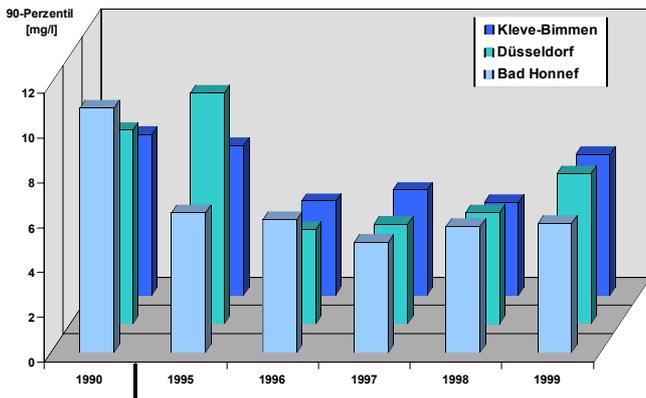


Abb. 3.1.2.1: Entwicklung des gesamten organischen Kohlenstoffes (TOC)

Nährstoffe

Der rückläufige Trend der Nährstoffbelastung hat sich fortgesetzt. Gegenüber den insgesamt starken Konzentrationsabnahmen bis 1995 verringern sich die Nährstoffgehalte seitdem nur noch langsam. Die Stickstoffkonzentrationen sind insbesondere aufgrund der um Nitrifikation und gezielte Denitrifikation erweiterten biologischen Reinigungsstufe in den Kläranlagen erheblich gesunken (MUNLV NRW, 2000). Während diese Konzentrationsabnahme für den Ammonium-Stickstoff deutlich ausgeprägt ist, wird sie beim Nitrat-Stickstoff durch die Nitratbelastungen des Grundwassers überlagert (Abb. 3.1.2.2). Denn die Überdüngungen aus den 60er und 70er Jahren kommen infolge der langsamen Grundwasserströmung erst nach und nach zum Tragen. Für die Trinkwassergewinnung sind die gemessenen Nitratkonzentrationen unproblematisch. Mit 4,6 mg/l Nitrat-Stickstoff liegt das höchste 90 Perzentil weit unter dem zulässigen EG-Grenzwert für Trinkwasser von 11,5 mg/l (entsprechend 50 mg/l Nitrat).

Der in Abb. 3.1.2.3 und 3.1.2.4 dargestellte Vergleich der Jahresganglinien 1995 und 1999 an der Messstelle Kleve-Bimmen verdeutlicht weiterhin den ausgeprägten jahreszeitlichen Verlauf der Ammonium- sowie Nitrat-Stickstoffkonzentrationen. Er resultiert aus der Temperaturabhängigkeit des mikrobiellen Stickstoffumsatzes. Höhere Temperaturen führen in den Sommermonaten zu einer gesteigerten Aktivität der stickstoffabbauenden Mikroorganismen und somit zur Abnahme der Stickstoffgehalte. Zudem steigt gerade im Frühjahr und Herbst der Stickstoffeintrag durch die Landwirtschaft. Für Ammonium-Stickstoff sind die Schwankungen 1999 aufgrund des Gülleausbringungsverbot in den Wintermonaten wesentlich geringer als

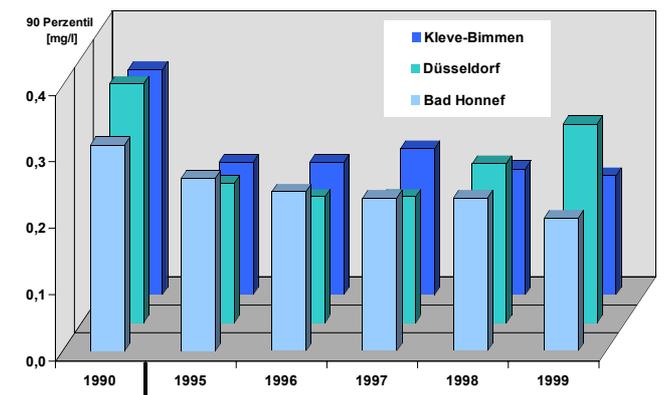
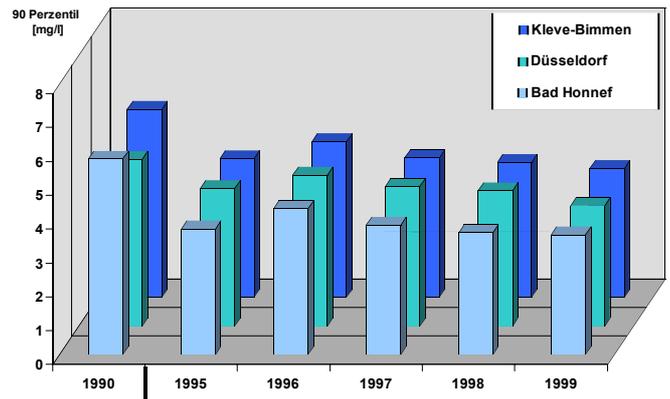
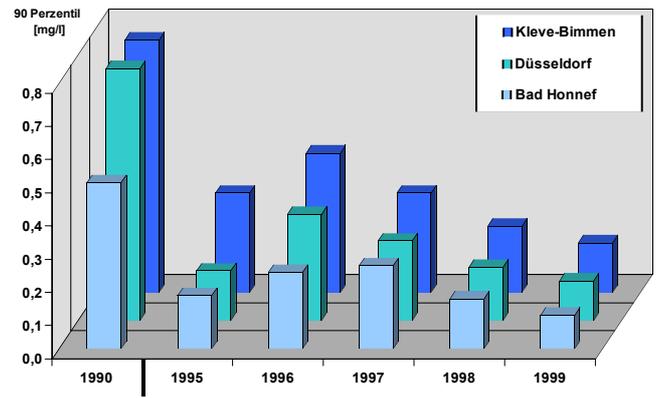


Abb. 3.1.2.2: Entwicklung der Ammonium-Stickstoff-, (oben) Nitrat-Stickstoff- (mitte) und Gesamt-Phosphor-Konzentration (unten)

1995. Demgegenüber unterliegt der Nitrat-Stickstoff abflussbedingt stärkeren Konzentrationsänderungen.

Auch der rückläufige Gesamt-Phosphor-Gehalt geht auf die stark reduzierten Phosphoreinträge zurück. Hierzu trägt vor allem die Verwendung von phosphatfreien Wasch- und Reinigungsmitteln seit 1986 sowie die Einführung der Phosphatfällung als dritte (chemische) Reinigungsstufe in den Kläranlagen bei. Im Gegensatz zu den Stickstoffkonzentrationen verlaufen die Phosphorgehalte im Jahresgang relativ gleichförmig. Konzentrationsspitzen treten lediglich bei höheren Abflüssen auf, wenn durch Niederschläge

und Hochwasser Phosphate aus dem Einzugsgebiet diffus abgetragen werden.

Im Fließverlauf von Bad Honnef bis Kleve-Bimmen steigen die Konzentrationen der Stickstoffverbindungen langsam an, da große Kläranlagen längs des Rheins und über Nebengewässer ihre Abwässer einleiten. Hingegen ändern sich die Phosphorkonzentrationen auf der nordrhein-westfälischen Rhein-strecke nur unwesentlich, da die Phosphatfällung in den Kläranlagen weitgehend eingeführt ist und Phosphor zudem im Sediment festgelegt wird.

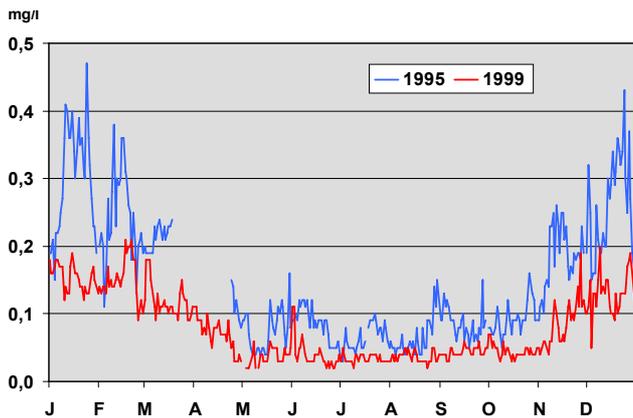


Abb. 3.1.2.3: Jahresgang für Ammonium-Stickstoff an der Messstelle Kleve-Bimmen

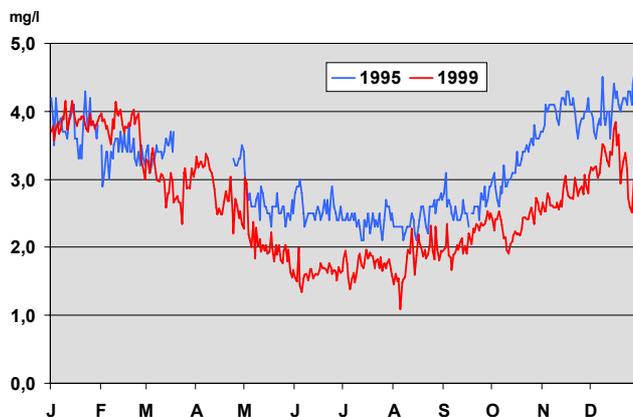


Abb. 3.1.2.4: Jahresgang für Nitrat-Stickstoff an der Messstelle Kleve-Bimmen

Obwohl bei den Nährstoffen die Richtwerte der AGA eingehalten werden, ist noch von einer deutlichen Belastung auszugehen. Wegen seiner großen Wasserführung stellt der Rhein trotz der vergleichsweise niedrigen Nitratkonzentration immer noch den Hauptteil der eutrophierenden Nitratfracht in die Nordsee.

Salze

Die Salzbelastung der Fließgewässer wird primär durch anthropogene Quellen, insbesondere durch industrielle und bergbaubedingte Salzableitungen bestimmt, während der natürliche geogen bedingte Einfluss vernachlässigt werden kann.

Von den anorganischen Salzen stellen die Sulfate, Karbonate sowie die Kationen Calcium, Magnesium und Kalium für den nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt kein Problem dar. Dagegen steigt der ohnehin bereits erhöhte Chloridgehalt insbesondere zwischen Düsseldorf und Kleve-Bimmen nach wie vor weiter an, wie aus Abb. 3.1.2.5 hervorgeht. Das durch Ableitungen aus den elsässischen Kaliminen vorbelastete Rheinwasser wird in NRW hauptsächlich über Emscher und Lippe mit den stark chloridhaltigen Sumpfungswässern des Kohlebergbaus sowie durch Abwasser aus der chemischen Industrie zusätzlich aufgesalzen. Obwohl es eine volkswirtschaftlich vertretbare, umweltverträgliche Maßnahme zur Entfernung des gelösten Chlorids bisher nicht gibt, ist mittelfristig ein überregionales Konzept zum Umgang mit der Salzbelastung erforderlich.

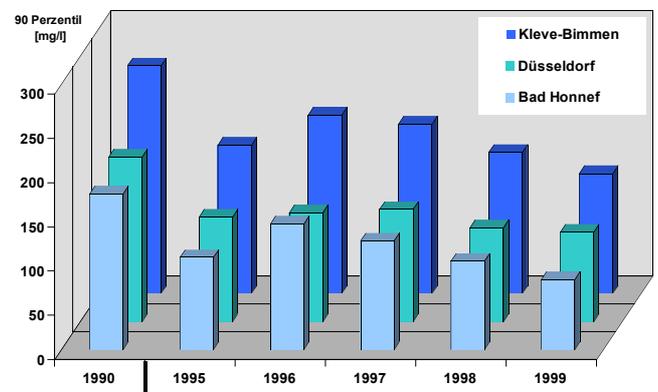


Abb. 3.1.2.5: Entwicklung der Chloridkonzentration

Abb. 3.1.2.5 ist ebenfalls zu entnehmen, dass die Chloridbelastung kontinuierlich abnimmt, wobei für die niedrigen Konzentrationen in dem hydrologisch nassen Jahr 1995 auch Verdünnungseffekte infolge des hohen Abflusses verantwortlich sind. Mit dem Rückgang der Chloridkonzentrationen greifen Vereinbarungen zum Chloridabkommen der IKS-Mitgliedsstaaten, die eine Reduzierung der Einleitungen der französischen Kaligruben vorsehen. Dieses kann durch zeitlich-kontrolliertes Aufhalten der festen Salzmenge und kontrolliertes Einleiten realisiert werden.

In den vorliegenden Konzentrationen sind Chloride unbedenklich. Vor allem für die Niederländer, die in hohem Maße auf die Nutzung des Rheinwassers für die Trinkwassergewinnung und Landwirtschaft angewiesen sind, ist die Einhaltung des Leitwertes von 200 mg/l (Geschmacksschwelle nach der EG-Richtlinie für die Trinkwassergewinnung aus Oberflächengewässern) wichtig. Aus den Jahresganglinien des Chlorids an der Messstelle Kleve-Bimmen ist ersichtlich, dass dieser Leitwert 1999 mit einer maximalen Konzentration von 165 mg/l deutlich unterschritten wird. Außerdem zeigt Abb. 3.1.2.6 neben der im Vergleich zu 1995 verringerten Chloridbelastung den Wochengang der Chloridkonzentrationen. Er resultiert aus den Einleitungspausen der französischen Kali-gruben am Wochenende.

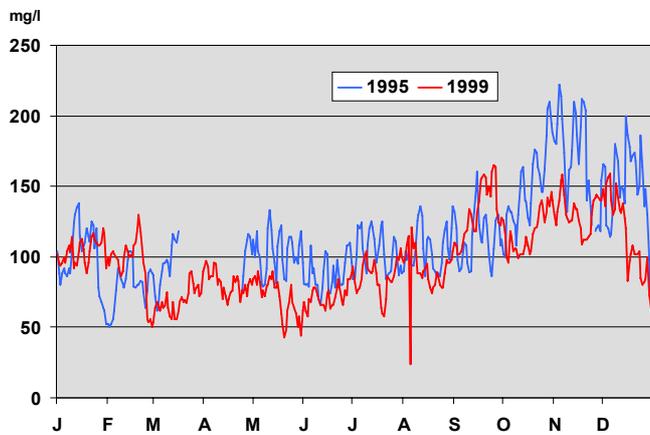


Abb. 3.1.2.6: Jahresgang für Chlorid an der Messstelle Kleve-Bimmen

Metalle

In der Wasserphase liegen Schwermetalle gelöst nur in geringen Konzentrationen vor, da sie hauptsächlich an Schwebstoffe und Sedimente gebunden sind. Aufgrund der verbesserten Abwasserreinigung und Einführung der Abwasserabgabe sowie zurückgehender Produktion in der nordrhein-westfälischen Schwerindustrie haben sich die Schwermetallgehalte seit Anfang der 80er Jahre deutlich vermindert. Relativ schwierig und kostenintensiv sind jedoch Sanierungsmaßnahmen für schwermetallbelastete Sedimente, aus denen unter bestimmten Bedingungen (z.B. Reduktionsprozesse, Erniedrigung des pH-Wertes) Schwermetalle remobilisiert werden können. Ferner sind die Metallgehalte stark vom Abfluss und damit vom Schwebstoffgehalt abhängig, wie aus Abb. 3.1.2.7 hervorgeht. So kommt es bei Hochwasserereignissen bis

zur Verzehnfachung der ansonsten üblichen Konzentrationen.

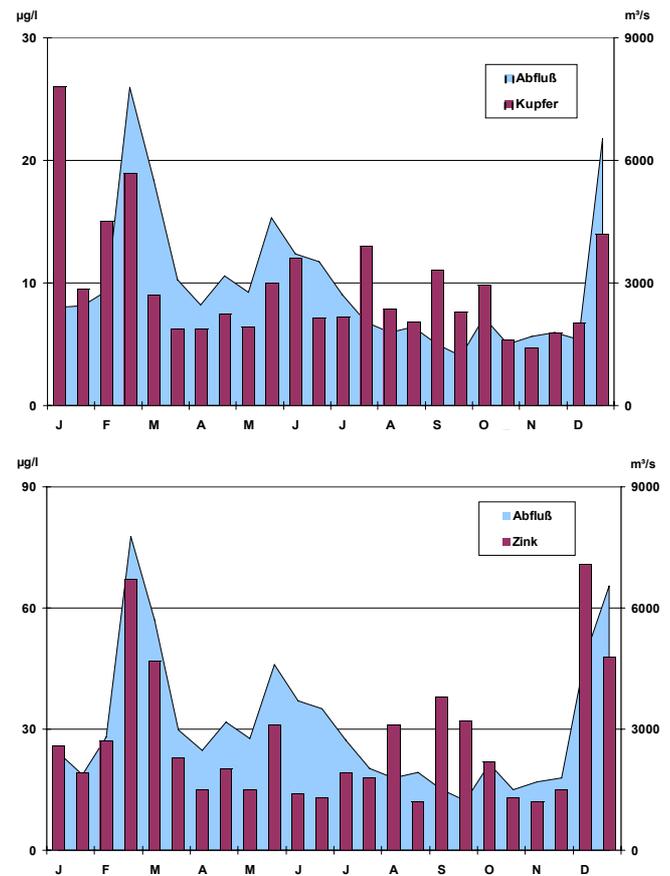


Abb. 3.1.2.7: Abhängigkeit des Kupfer- und Zink-Gehaltes vom Abfluss an der Messstelle Kleve-Bimmen für 1999

Sowohl die Konzentrationen von Zink und Kupfer, die zudem aus Wasserrohren der Hausinstallation über veraltete Regenabschlagsbauwerke in den Rhein gelangen können, als auch die von Chrom und Nickel unterliegen in den letzten Jahren keinen wesentlichen Änderungen (vgl. Tab. 3.1.2.2 bis 3.1.2.5). Schwankungen sind schwebstoffanteil- und abflussbedingt. Außerdem hat sich zwischenzeitlich der Anteil diffuser Schwermetalleinträge sowie die Einleitung von belasteten Sumpfungswässern aus dem Braunkohlentagebau auf ein konstantes Niveau eingependelt. Daher steigen die Schwermetallgehalte auf der nordrhein-westfälischen Rheinstrecke nun nicht mehr an, sondern weisen einen durchschnittlich gleichbleibenden Verlauf auf.

Dass die Konzentrationen von Schwermetallen im Rheinwasser mittlerweile von untergeordneter Bedeutung sind, geht ebenfalls aus Tab. 3.1.2.6 hervor. Teilweise sind sie in so geringen Mengen vorhanden, dass ihre Bestimmung aufwendige analytische Ver-

Tab. 3.1.2.2:
Kupfer [$\mu\text{g/l}$];
* Maximalwert

Jahr	Bad Honnef			Düsseldorf			Kleve-Bimmen		
	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel
1990	6,0	15,2	6,2	5,7	8,8	6,1	8,0	10,6	7,8
1995	4,3	8,5	5,1	4,7	9,1	5,4	5,3	9,6	6,5
1996	4,7	18,9	6,4	5,2	7,1	5,4	6,1	8,7	6,3
1997	–	7,5*	5,1	–	7,1*	5,0	7,2	10,8	7,7
1998	–	10*	6,1	–	9,9*	6,1	6,3	9,4	6,8
1999	5,6	16,0	7,1	6,4	13,0	8,0	7,8	16,0	10,9

Tab. 3.1.2.3:
Zink [$\mu\text{g/l}$]

Jahr	Bad Honnef			Düsseldorf			Kleve-Bimmen		
	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel
1990	20,0	37,8	21,5	19,5	33,6	21,0	30,0	59,6	32,8
1995	16,0	31,0	18,4	15,0	45,8	20,0	21,0	38,2	28,1
1996	13,0	80,8	22,2	16,5	29,4	17,4	23,0	42,2	25,3
1997	15,5	28,8	15,9	17,0	22,0	16,6	27,0	41,5	28,8
1998	11,0	32,2	13,5	16,0	38,4	18,1	25,0	44,6	28,6
1999	12,0	53,4	19,3	13,0	51,0	19,7	21,0	55,0	26,3

Tab. 3.1.2.4:
Chrom [$\mu\text{g/l}$]

Jahr	Bad Honnef			Düsseldorf			Kleve-Bimmen		
	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel
1990	6,6	8,6	5,9	2,8	5,1	3,1	3,0	5,5	3,4
1995	1,7	4,4	2,2	1,8	9,1	3,2	2,7	7,2	3,9
1996	1,4	10,5	2,7	1,8	4,7	2,3	2,3	3,9	2,7
1997	1,4	2,2	1,3	2,1	7,4	3,1	2,7	5,0	3,1
1998	1,4	5,6	1,9	2,0	7,6	2,9	2,7	6,2	3,3
1999	1,3	10,4	2,8	1,9	10,2	3,6	2,4	8,5	3,9

Tab. 3.1.2.5:
Nickel [$\mu\text{g/l}$]

Jahr	Bad Honnef			Düsseldorf			Kleve-Bimmen		
	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel
1990	3,9	4,5	3,5	4,1	5,5	4,9	3,1	5,8	3,5
1995	2,3	5,6	3,0	2,9	8,2	3,7	3,2	7,2	4,3
1996	2,8	9,2	3,6	3,1	4,8	3,3	3,2	5,1	3,6
1997	2,4	3,4	2,5	2,5	4,0	2,7	3,7	5,1	3,8
1998	2,3	7,3	2,9	2,5	7,1	3,1	3,7	7,7	4,3
1999	3,6	12,6	5,4	2,8	9,2	4,0	3,6	9,32	4,5

Tab. 3.1.2.6:
Ausgewählte Schwer-
metallkonzentrationen
bei Kleve-Bimmen
[$\mu\text{g/l}$]

Parameter	1995		1996		1997		1998		1999	
	Mittel	Max.	Mittel	Max.	Mittel	Max.	Mittel	Max.	Mittel	Max.
Arsen	1,8	6,3	1,7	2,2	1,74	3,5	1,75	3,3	2,0	4,2
Blei	3,5	26,8	2,9	5,5	3,68	10,2	3,92	9,4	5,5	15
Cadmium	< 0,2	0,51	< 0,2	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,52	< 0,2	0,29
Quecksilber	< 0,03	0,16	< 0,03	0,05	0,032	0,12	< 0,03	0,08	< 0,03	0,07

fahren erfordert. Bei den als besonders gefährlich geltenden Stoffen Quecksilber und Cadmium wird zu meist die Nachweisgrenze unterschritten. Um weiterhin den Trend beobachten zu können, werden Sedimente sowie Schwebstoffe des Rheins auf adsorbierte und akkumulierte Metalle hin untersucht. Diese Feststoffuntersuchungen zeigen zwar noch eine erhöhte Belastung, die jedoch wie die in der Wasserphase weiter abnimmt.

Organische Spurenstoffe

Mehr als 10.000 organische Einzelstoffe werden technisch in großen Mengen hergestellt. Eine Vielzahl dieser Stoffe mit teilweise toxischen oder erbgutverändernden Eigenschaften sind analytisch noch unerkannt, nicht zuletzt wegen ihrer extrem niedrigen Konzentrationen.

Im Landesumweltamt NRW werden bis zu 300 Verbindungen über die Kalibrierung mit Standardsubstanzen quantitativ analysiert. Davon werden im Rhein derzeit ca. 150 Stoffe regelmäßig in der Wasserphase bestimmt. Der überwiegende Teil dieser Stoffe gehört zu den Organohalogen-, Anilin- und Phosphorverbindungen. Die organischen Spurenstoffe in der Wasserphase des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflussmündungen sind auf der Basis von Messwerten aus dem Jahr 2000 in Tab. 3.1.2.11 auf Seite 30ff zusammengestellt. Für das Jahr 2000 liegt ein umfangreiches Datenkollektiv vor, da es als Stichjahr für das Aktionsprogramm Rhein der IKSr eine erhöhte Probenzahl aufweist. Viele weitere Organohalogenverbindungen werden wegen ihres Adsorptionsvermögens und der Bioakkumulation nur noch im Schwebstoff und Sediment gemessen.

AOX

Die Summenmessgröße AOX (adsorbierbare organische Halogenverbindungen verschiedenster Art x) erfasst summarisch überwiegend industriell hergestellte, meist chlorhaltige Chemikalien. Sie gelangen durch Einleitungen industrieller Abwässer oder Sickerwässern aus Deponien sowie in geringerem Umfang auch durch Regenwasser in die Gewässer.

Nachdem für AOX 1990 die Abwasserabgabepflicht eingeführt worden ist, sind die Konzentrationen im Mittel von etwa 100 µg/l auf unter 20 µg/l deutlich zurückgegangen. Bereits im Vorfeld dieser umwelt-

politischen Lenkungsmaßnahme war der AOX-Gehalt durch verstärkte Rückhaltemaßnahmen in den Kläranlagen sowie die Umstellung von der Chlor- auf die Sauerstoffbleiche in der Papier und Zellstoffindustrie stark rückläufig. Abgesehen von den hochwasserbedingt erhöhten Konzentrationen im Jahr 1998 verbleibt der AOX seit 1995 nahezu konstant auf niedrigem Niveau (Abb. 3.1.2.8), so dass die Zielvorgaben der IKSr eingehalten werden können. Da viele chlororganischen Verbindungen persistent und toxisch sind, ist die AOX-Verminderung von besonderer Relevanz.

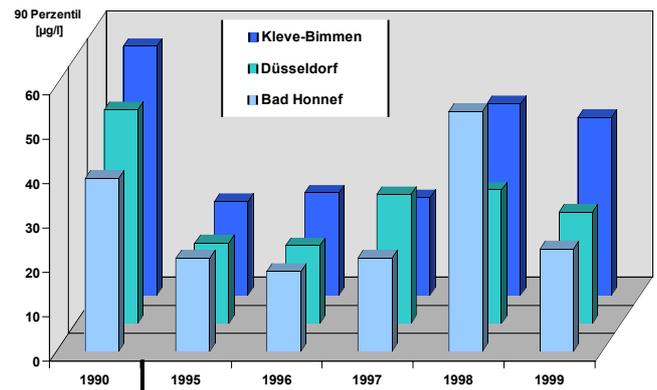


Abb. 3.1.2.8: Entwicklung der AOX-Konzentration; (An der Messstelle Düsseldorf sind für 1990 und 1997 die Maximalwerte dargestellt).

Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe

Unter den Halogenalkanen, die als wichtige Lösemittel und reaktionsfähige Ausgangsstoffe in chemischen Reaktionen verwendet werden, sind vor allem die Chloralkane problematisch. Ihnen kam als Zwischenprodukt, z.B. zur Herstellung von Silikon-Kunststoffen, eine entscheidende Rolle zu. Zwischenzeitlich werden sie durch weniger ökotoxische Stoffe ersetzt. Wegen ihrer Giftigkeit, langfristig gesundheitsschädlichen oder cancerogenen Wirkung sowie als Ozonkiller sind viele Halogenalkane gefährlich.

Im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt liegen die Konzentrationen der untersuchten Halogenalkane meistens unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze (vgl. Tab. 3.1.2.11). Auch die Gehalte der Chloralkane sind in den letzten Jahren weiter zurückgegangen, wie Tab. 3.1.2.7 zu entnehmen ist.

In Bezug auf die IKSr-Zielvorgaben sind die leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe kein Problem mehr; die Zielvorgaben für die sieben prioritären Stoffe dieser Gruppe werden bereits seit 1993 durchweg eingehalten.

Tab 3.1.2.7: Konzentrationen wichtiger Chloralkane an der Messstelle Kleve-Bimmen [$\mu\text{g/l}$]

Parameter	1995		1996		1997		1998		1999	
	Mittel	Max.								
Trichlormethan	< 0,05	0,17	< 0,05	0,12	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,08	< 0,05	< 0,05
Trichlorethen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Tetrachlorethen	0,038	0,1	0,034	0,07	0,024	0,05	0,028	0,08	0,026	0,06
1,1,1-Trichlorethan	< 0,02	0,029	< 0,02	0,04	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

Schwerflüchtige organische Verbindungen

In der Wasserphase sind höhere Gehalte von schwerflüchtigen organischen Verbindungen selten anzutreffen, da sie sich im Schwebstoff und Sediment anreichern. Stoffe mit besonders hohem Anreicherungs-potential (z. B. polychlorierte Biphenyle und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe) werden demzufolge nur im Schwebstoff bzw. Sediment bestimmt.

Auch für die höhermolekularen aromatischen Halogenkohlenwasserstoffe liegen die Konzentrationen an den nordrhein-westfälischen Rheinmessstellen in den letzten Jahren fast ausschließlich unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze. Mit Ausnahme von Hexachlorbenzol werden die IKSZ-Zielvorgaben eingehalten. Die Maximalgehalte sind der Tab. 3.1.2.11 zu entnehmen.

Phosphorsäureester

Die Trialkyl- bzw. Triarylphosphorsäureester werden vor allem als Weichmacher für Kunststoffe und Lacke, Entschäumer sowie Flammenschutzmittel eingesetzt. Diese im allgemeinen gut abbaubaren und relativ ungiftigen Stoffe sind im Rhein nachzuweisen (vgl. Tab. 3.1.2.11).

Phosphor- und Thiophosphorsäureester finden hauptsächlich als Schädlingsbekämpfungsmittel Verwendung. Sie sind z. T. hochtoxisch, weil sie als Acetylcholinesterasehemmer im Körper den Abbau von Acetylcholin hemmen und somit zu Vergiftungserscheinungen und Atemlähmungen mit tödlichen Folgen führen können. Da diese Verbindungen jedoch nicht so hydrolysebeständig wie die der erstgenannten Gruppe sind, spielen sie in größeren Gewässern wie dem Rhein zumeist nur eine untergeordnete Rolle (Ausnahme: Sandoz-Unfall 1986). Für einige besonders gefährliche Phosphor- und Thiophosphor-

säureester wurden Zielvorgaben abgeleitet, die in den Vorjahren erheblich unter der analytischen Bestimmungsgrenze lagen. Erst nachdem durch besondere Anreicherungsverfahren die Bestimmungsgrenzen bis um den Faktor 10 gesenkt werden konnten, sind auch im Rhein Phosphor- und Thiophosphorsäureester nachzuweisen. Eine Zusammenstellung befindet sich in Tab. 3.1.2.11.

Pflanzenbehandlungsmittel

Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM) oder Pestizide sind hochwirksame Stoffe, die schon in sehr geringen Konzentrationen die aquatische Lebensgemeinschaft schädigen und zu kostenintensiven Maßnahmen bei der Trinkwassergewinnung führen können. Das Problem der PBSM spiegelt sich auch in den nationalen und internationalen Mess- und Maßnahmenprogrammen wieder. So weist die aktuelle Liste der IKSZ über prioritäre Stoffe mehrheitlich PBSM-Wirkstoffe auf. In den vergangenen Jahren basierte die Beurteilung der PBSM-Belastung insbesondere auf den Auswirkungen bei der Trinkwassergewinnung. Der in der deutschen Trinkwasserverordnung festgelegte Grenzwert von $0,1 \mu\text{g/l}$ pro Einzelwirkstoff wurde als Zielvorgabe für oberirdische Gewässer von der IKSZ übernommen.

Die heutige PBSM-Belastung resultiert überwiegend aus der Anwendung in der Landwirtschaft. Die Belastung aus Kläranlagen stellt eine weitere bedeutende Eintragsquelle dar, da in den Kläranlagen meist keine oder nur geringe Eliminierung der PBSM erfolgt und sie so ungehindert in die Gewässer gelangen können.

Nachdem die PBS-Belastung des Rheins in den 80er Jahren drastisch abgenommen hat, verändert sie sich seit 1990 nicht mehr wesentlich. Tab. 3.1.2.8 zeigt, dass bei generell schwach rückläufiger Tendenz der

Tab. 3.1.2.8: Ausgewählte Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel im Rhein bei Bad Honnef [$\mu\text{g/l}$]

Parameter	1990		1995		1996		1997		1998		1999	
	Mittel	Max.	Mittel	Max.	Mittel	Max.	Mittel	Max.	Mittel	Max.	Mittel	Max.
Glyphosat	–	–	–	–	< 0,05	< 0,05	0,074	0,22	< 0,05	< 0,05	–	–
AMPA	–	–	–	–	0,543	0,6	0,540	0,77	0,243	0,37	–	–
γ -HCH	< 0,005	0,21	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,009	0,041	< 0,005	0,019	< 0,005	0,013
Diuron	< 0,05	0,08	< 0,05	0,054	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,11	< 0,05	0,068	< 0,025	0,039
Atrazin	0,081	0,13	0,083	0,16	< 0,05	0,089	0,057	0,12	0,054	0,14	0,028	0,081
Chlortoluron	0,050	0,14	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,12	< 0,025	< 0,025
Isoproturon	< 0,05	0,12	0,085	0,17	0,072	0,16	< 0,05	0,081	0,127	0,36	0,036	0,11
Chloridazon	0,102	0,15	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,13	< 0,05	0,094	< 0,05	< 0,05	< 0,025	< 0,025
Malathion	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,034	0,149	–	–	< 0,01	0,02	0,011	0,05

PBSM-Belastung immer wieder der Trinkwassergrenzwert überschritten wird. Problemstoffe sind nach wie vor Atrazin, Diuron und Isoproturon (vgl. Abb. 3.1.2.9 sowie 3.1.2.10). Das Totalherbizid Diuron gelangt bei nicht sachgemäßer Anwendung über Kanalisation und Kläranlagen in die Gewässer. Besonders auffällig ist, dass Atrazin trotz des seit 1991 in Deutschland bestehenden Anwendungsverbotes bis 1999 zeitweise mit erhöhten Konzentrationen nachgewiesen wurde. Seit 2000 ist im Rhein jedoch ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen. Die Messwerte aus dem Jahr 2001 liegen bei Kleve-Bimmen für Atrazin

und Diuron unterhalb oder knapp über der Nachweisgrenze von $0,025 \mu\text{g/l}$. Lediglich Isoproturon tritt vereinzelt mit Maximalwerten über $0,1 \mu\text{g/l}$ auf. Weitere Maßnahmen zur Verringerung des PBSM-Eintrages sind basierend auf der Kenntnis der Eintragspfade und ihrer Bedeutung zielgerichtet an die jeweiligen Verursacher zu wenden. Die PBSM-Belastung von Oberflächengewässern wird in ihrer Komplexität ausführlich im Gewässergütebericht 1997, in den LUA Materialien (1999) sowie von der LAWA (1998) behandelt.

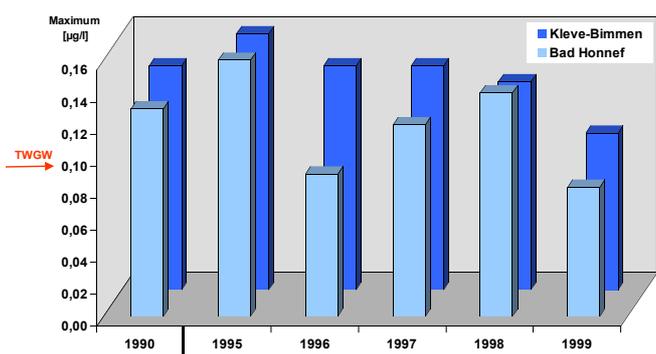


Abb. 3.1.2.9: Entwicklung der Atrazin-Belastung im Rhein

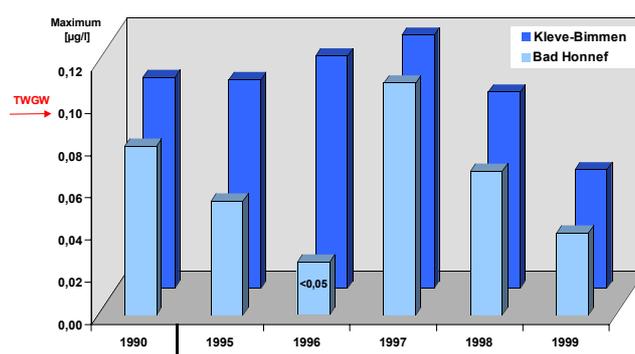


Abb. 3.1.2.10: Entwicklung der Diuron-Belastung im Rhein

Komplexbildner

Komplexbildner überführen mehrwertige Metallionen in wasserlösliche Verbindungen. Besondere Bedeutung für die Gewässerüberwachung haben die Komplexbildner Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) und Nitritotriessigsäure (NTA), die als Hilfsstoffe in zahlreichen Industriezweigen und als Phosphatersatzstoffe in Wasch- und Reinigungsmitteln verwendet werden. EDTA ist vor allem wegen seiner geringen biologischen Abbaubarkeit und Beeinträchtigung der Trinkwassergewinnung problematisch. Zudem kann EDTA unter bestimmten Bedingungen das Algenwachstum fördern und somit zur Eutrophierung der Gewässer beitragen.

Im Rahmen einer bundesweiten freiwilligen Vereinbarung zwischen den Wasserbehörden, Wasserverbänden und der Industrie wurde eine weitgehende

Reduzierung des EDTA-Eintrages in die Gewässer bis 1995 festgelegt. Der LAWA-Arbeitskreis „Zielvorgaben“ hat für NTA und EDTA vorläufig Zielvorgaben von jeweils 10 µg/l in Oberflächengewässern abgeleitet.

Wie aus Tab. 3.1.2.9 hervorgeht, verringert sich die EDTA-Belastung seit 1991 langsam. Jedoch werden nach wie vor bei 90 % der Proben die Zielvorgaben überschritten.

Für NTA haben die Konzentrationen bis 1997 kontinuierlich abgenommen. In den letzten zwei Jahren steigen sie jedoch wieder leicht an, da NTA vermehrt als EDTA-Ersatz verwendet wird (vgl. Tab. 3.1.2.10). Auch andere EDTA-Ersatzstoffe wie DTPA lassen sich zunehmend in erhöhten Konzentrationen in Rhein und Ruhr nachweisen.

Tab. 3.1.2.9:
Entwicklung der
EDTA-Konzentration
[µg/l] im Rhein
(* Maximalwert)

Jahr	Bad Honnef			Düsseldorf			Kleve-Bimmen		
	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel
1991	–	24*	16,4	–	35*	20,2	–	22*	17,5
1993	10,7	29,2	12,3	11,5	21,1	11,2	13,0	31,4	15,2
1995	10,5	13,9	9,7	9,9	13,4	9,8	10,1	13,2	9,5
1996	11,1	15,9	10,7	14,7	22,9	14,0	14,2	21,2	13,9
1997	10,0	13,3	9,9	13,0	24,7	13,9	10,5	15,2	11,7
1998	7,0	12,0	7,5	8,4	11,6	8,3	9,3	12,5	9,4
1999	5,4	10,7	6,6	–	13,1*	7,2	9,2	13,9	9,0

Tab. 3.1.2.10:
Entwicklung der
NTA-Konzentration
[µg/l] im Rhein
(* Maximalwert)

Jahr	Bad Honnef			Düsseldorf			Kleve-Bimmen		
	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel
1991	–	6*	–	–	10*	7,0	–	8*	–
1993	5,1	9,7	5,3	3,8	8,0	4,0	5,2	7,5	4,3
1995	2,1	4,3	1,9	1,9	4,2	2,4	1,5	3,7	1,9
1996	1,8	3,2	2,0	1,7	2,4	1,7	1,7	2,4	1,7
1997	1,0	1,5	1,0	1,0	1,6	–	1,2	1,7	1,2
1998	1,1	1,6	1,2	1,2	2,6	1,4	1,4	3,9	1,9
1999	1,0	2,9	1,1	–	2,3*	1,2	1,0	2,6	1,2

Tab. 3.1.2.11: Maximalwerte organischer Spurenstoffe in der Wasserphase des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflussmündungen für das Jahr 2000 [$\mu\text{g/l}$]

Stoffname	Untere Anwendungs- grenze in $\mu\text{g/l}$	Rhein			Nebenflüsse						
		Süd	Mitte	Nord	Erft	Sieg	Emscher	Wupper	Ruhr	Lippe	
Aniline											
2,3-Dichloranilin	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,4-Chloranilin und 2,5-Dichloranilin	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,6-Dichloranilin	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,6-Dimethylanilin	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2-Chloranilin	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2-Methoxyanilin (o-Anisidin)	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,64
3,4-Dichloranilin	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,5-Dichloranilin	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3-Chloranilin	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3-Trifluormethyl-Anilin	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4-Chloranilin	0,5	–	–	–	–	–	0,51	–	–	–	–
Anilin	1	–	–	–	–	–	2,14	–	–	–	–
N,N-Dimethylanilin	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Trifluralin	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Chlorbenzole											
1,2-Dichlorbenzol	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,4-Dichlorbenzol	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Hexachlorbutadien	0,01	–	–	–	–	–	0,05	–	–	–	0,09
Komplexbildner											
EDTA-H4		10,8	11,4	11,4	11,2	9,2	66,5	17	13,8	13,5	
NTA-H3	1	1,7	2	2,2	3,7	3	9	4,9	5,1	3	
Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM)											
134DCP urea	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14IPP urea	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,4,5-T	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,4-D	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,4-DB	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Alachlor	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ametryn	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Atrazin	0,025	–	–	0,2	–	–	–	–	–	–	–
Bentazon	0,05	–	–	0,053	–	–	–	–	–	–	–
Bifenox	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Bromacil	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Bromoxynil	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Carbetamid	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Chlorbromuron	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Chloridazon	0,025	–	–	0,07	0,13	–	–	–	–	–	–
Chloroxuron	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Chlorpropham	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Chlortoluron	0,025	–	–	0,13	–	–	–	–	–	–	–
Clofibrinsaeure	0,05	–	–	0,061	–	–	–	–	–	–	–
Crimidin	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Cyanazin	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Desethylatrazin	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Desethylterbutylazin	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Desisopropylatrazin	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Dichlorprop	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Diflubenzuron	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Diflufenican	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Dimefuron	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Dinoseb	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Dinoterb	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Diuron	0,025	–	–	0,092	0,099	0,12	–	0,048	0,17	0,14	–
DNOC	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ethidimuron	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ethofumesat	0,025	–	–	–	0,24	–	–	–	–	–	–

Tab. 3.1.2.II: Maximalwerte organischer Spurenstoffe in der Wasserphase des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflussmündungen für das Jahr 2000 [$\mu\text{g/l}$] – Fortsetzung

Stoffname	Untere Anwendungs-grenze in $\mu\text{g/l}$	Rhein			Nebenflüsse					
		Süd	Mitte	Nord	Erft	Sieg	Emscher	Wupper	Ruhr	Lippe
Fortsetzung: Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM)										
Fenoprop	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fluorchloridon	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Haloxyfop	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Hexazinon	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ioxynil	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Isoproturon	0,025	–	–	0,32	0,28	–	–	–	–	0,12
Lenacil	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Linuron	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Mcpa	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Mcpb	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Mecoprop	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Metalaxyl	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Metamitron	0,025	–	–	–	0,058	–	–	–	–	–
Metazachlor	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Methabenzthiazuron	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Methoprotryn	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Metobromuron	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Metolachlor	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Metoxuron	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Metribuzin	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Monolinuron	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Norflurazon	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Parathion-Ethyl	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pencycuron	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pendimethalin	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Prochloraz	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Prometryn	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Propazin	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Simazin	0,025	–	–	0,04	–	–	–	–	–	–
Tebuconazole	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Terbutryn	0,025	–	–	–	–	0,028	–	0,064	–	0,041
Terbutylazin	0,025	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Trifluralin	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Phosphorsäureester										
Azinphos-Ethyl	0,05	–	–	–	–	–	0,11	–	–	–
Azinphos-Methyl	0,05	–	–	0,18	–	–	0,32	–	–	0,33
Dichlorvos	0,05	–	–	–	–	–	0,23	–	–	–
Dimethoat	0,1	–	–	0,15	–	–	0,43	–	–	0,21
Disulfoton	0,1	–	–	–	–	–	0,38	–	–	–
Etrimphos	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Etrimphos	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Fenamiphos	0,1	–	–	–	–	–	0,18	–	–	–
Fenitrothion	0,01	–	–	–	–	–	0,05	0,04	0,04	–
Fenthion	0,01	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Isofenphos	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Malathion	0,01	–	0,05	0,06	–	–	0,38	–	–	0,06
Mevinphos	0,1	–	–	–	–	–	0,43	–	–	–
Parathion-Ethyl	0,02	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Parathion-Methyl	0,01	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Phosphorsäure-Tris-(2-Chlorethyl)Ester	0,1	0,29	0,18	0,31	0,31	0,35	2,27	0,37	0,41	0,48
Phosphorsäuretributylester	0,1	0,13	0,14	0,15	0,2	0,22	2	0,22	0,19	0,48
Phosphorsäuretriethylester	0,1	0,21	0,19	0,18	–	0,16	1,63	–	1,08	0,47
Phosphorsäuretrimethylester	0,1	–	–	–	–	–	–	1	0,48	–
Phosphorsäuretriphenylester	0,1	–	–	–	–	–	0,18	–	–	–
Pyrazophos	0,1	–	–	0,19	–	0,25	–	–	–	–
Tolclophos-Methyl	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Tab. 3.1.2.II: Maximalwerte organischer Spurenstoffe in der Wasserphase des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflussmündungen für das Jahr 2000 [$\mu\text{g/l}$] – Fortsetzung

Stoffname	Untere Anwendungsgrenze in $\mu\text{g/l}$	Rhein			Nebenflüsse					
		Süd	Mitte	Nord	Erfurt	Sieg	Emscher	Wupper	Ruhr	Lippe
Fortsetzung: Phosphorsäureester										
Triazophos	0,1	–	–	–	–	–	0,33	–	–	–
Triphenylphosphinoxid	0,1	0,33	0,36	0,34	0,11	–	1,1	–	–	0,23
Leichtflüchtige organische Verbindungen										
1,1,1,2-Tetrachlorethan	0,02	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,1,1-Trichlorethan	0,02	0,02	0,02	0,05	–	–	0,11	–	0,03	–
1,1,2,2-Tetrachlorethan	0,02	–	–	–	–	–	0,04	–	–	0,09
1,2-Dichlorbenzol	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,2-Dichlorethan	0,5	–	–	–	–	–	0,77	–	–	2
1,2-Dichlorpropan	0,05	–	–	–	–	–	0,13	–	0,11	1,6
1,4-Dichlorbenzol	0,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Benzol	0,1	–	–	0,26	–	–	–	–	–	0,2
Bromdichlormethan	0,02	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Chlorbenzol	0,02	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ethylbenzol	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Hexachlorbutadien	0,1	–	–	–	–	–	0,05	–	–	0,09
meta-Xylol und para-Xylol	0,05	0,11	0,05	0,07	0,06	–	–	–	0,05	–
Methylisothiocyanat	0,05	0,11	0,1	0,17	–	–	0,57	0,12	0,15	0,16
ortho-Xylol	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Tetrachlorethen	0,02	0,07	0,06	0,04	0,02	0,05	0,16	0,14	0,11	0,18
Tetrachlormethan	0,02	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Toluol	0,05	0,13	0,06	–	0,06	0,11	0,05	0,06	–	0,08
Trichlorethen	0,05	–	–	0,11	–	–	0,05	–	–	0,14
Trichlormethan	0,05	0,05	0,05	–	–	–	0,06	–	–	0,05
Schwerflüchtige organische Verbindungen										
1,2-Dichlor-4-Nitrobenzol	0,5	–	–	–	–	–	0,6	–	–	–
1,4-Dichlor-2-Nitrobenzol	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1-Chlor-2-Nitrobenzol	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1-Chlor-3-Nitrobenzol	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1-Chlor-4-Nitrobenzol	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,3-Dichlornitrobenzol	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2-Chlor-4-Nitrotoluol	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2-Nitrotoluol	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3-Nitrotoluol	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4-Chlor-2-Nitrotoluol	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4-Nitrotoluol	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Alpha-Endosulfan	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Beta-Endosulfan	0,05	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Gamma-Hexachlorcyclohexan	0,05	–	–	–	–	–	0,21	–	–	–
Nitrobenzol	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Sonstige Feststoffe										
Bisphenol A	0,1	–	–	0,2	–	–	0,95	0,46	–	–
Sonstige organische Verbindungen										
1-Naphthol	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,4,5-Trichloranilin	0,1	–	–	–	–	–	1,03	–	–	–
2-Naphthol	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4-Chlor-O-Kresol	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4-Octylphenol	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5-Chlor-o-Toluidin	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Bisphenol A	0,1	–	–	0,2	–	–	0,95	0,46	–	–
Ethinylöestradiol	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
N,N-Dimethyl-4-Pyridinamin	0,1	–	–	–	–	–	0,12	–	–	–
Nonylphenol	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Nonylphenoethoxylate	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–

3.1.3 Untersuchungen der Schwebstoffphase

Die im Rhein jährlich mitgeführte Schwebstofffracht liegt zwischen drei bis vier Millionen Tonnen. Ihr überwiegender Anteil besteht aus Erosionsgut und Biomasse, so dass die hierdurch verursachte Trübung nicht von vornherein mit Verschmutzung gleichgesetzt werden darf. Aufgrund der hohen Adsorptionsfähigkeit vieler Schadstoffe reichern sie sich in den feinen Partikeln an. Schadstoffbelastete Schwebstoffe können die aquatische Lebensgemeinschaft schädigen sowie zu Beeinträchtigungen der Gewässernutzung führen. Daher sind Untersuchungen des Schwebstoffgehaltes und seiner spezifischen Beladung wesentlicher Bestandteil von Gewässeruntersuchungen.

Die chemische Zusammensetzung und Schadstoffbeladung der Schwebstoffe hängt von der mineralischen Herkunft und der anthropogenen Belastung eines Gewässers ab. Darüber hinaus unterliegt sie jahreszeitlichen Änderungen.

Schwebstoffführung im Niederrhein

Der Anteil von Schwebstoffen im Niederrhein weist eine große Schwankungsbreite auf. So bewegt sich der in Bad Honnef und Kleve-Bimmen täglich bestimmte Gehalt der abfiltrierbaren Stoffe in den letzten Jahren zwischen $< 0,1$ mg/l und 660 mg/l. Relativ eng zusammen liegen dagegen die mittleren jährlichen Schwebstoffgehalte mit Werten zwischen 24 mg/l und 36 mg/l sowie die 90-Perzentile mit 41 mg/l bis 76 mg/l.

In erster Linie wird der Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen durch die Abflusssdynamik gesteuert. Erhöhte Abflüsse führen insbesondere von Dezember bis März durch die gesteigerte Erosionskraft zu exponentiell zunehmenden Gehalten. Der Hauptanteil aus Abrieb und Erosion des Flussbettes sowie aus der Resuspension der Sedimente wird von Einträgen aus Flächenabspülungen überlagert. In Abb. 3.1.3.1 ist der Zusammenhang zwischen Wasserführung und Schwebstoffgehalt des Rheins exemplarisch für das Jahr 1999 dargestellt.

Kohlenstoff- und Nährstoffgehalt

Die Gehalte an organischem Kohlenstoff (TOC), Stickstoff und Phosphor im Rheinschwebstoff (Tab. 3.1.3.1 – 3.1.3.3) zeigen einen charakteristischen Jahresgang, der mit der Phytoplanktonentwicklung korrespondiert. Die höchsten Werte treten jeweils während der Hauptvegetationsperiode im Frühjahr auf. Im Winterhalbjahr liegt der TOC-Gehalt meist um 5 %, lediglich bei abfließendem Hochwasser werden deutlich geringere Gehalte gemessen. Demgegenüber können sich für Phosphor wegen der stärkeren Abhängigkeit vom Abfluss auch bei ansteigenden Wasserständen höhere Werte durch den P-Eintrag aus Flächenabspülungen ergeben.

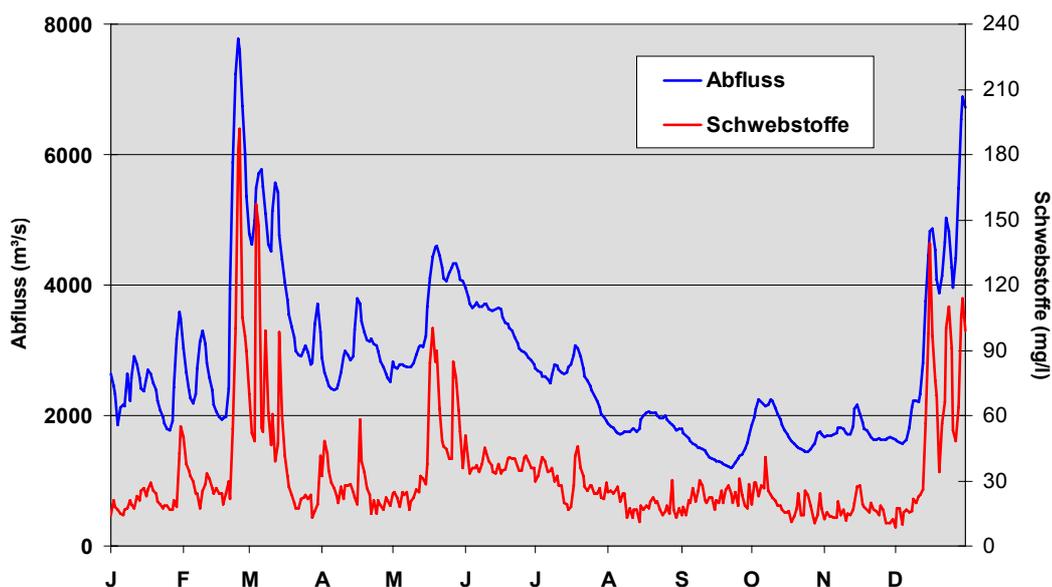


Abb. 3.1.3.1: Abfluss und Schwebstoffgehalt im Rhein bei Kleve-Bimmen 1999

Tab. 3.1.3.1: TOC-Gehalt im Schwebstoff [%];
* Maximalwert

Jahr	Bad Honnef			Kleve-Bimmen		
	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel
1995	4,6	7,3	4,8	4,2	6,1	4,2
1996	4,7	9,0	5,2	4,9	7,6	5,2
1997	–	5,4*	4,7	–	11,5*	6,8
1998	4,4	5,4	4,4	5,1	7,7	5,3
1999	4,2	5,4	3,9	4,1	5,4	4,2

Tab. 3.1.3.2: Gesamt-Stickstoff im Schwebstoff [g/kg];
* Maximalwert

Jahr	Bad Honnef			Kleve-Bimmen		
	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel
1993	5,7	16,9	7,4	4,6	17,0	7,0
1994	4,3	8,6	5,0	3,9	7,1	3,9
1995	–	5,6*	4,6	–	6,1*	3,9
1996	4,9	13,0	6,3	4,6	10,3	5,6
1997	–	6,1*	4,9	–	8,4*	5,8
1998	4,8	7,0	5,1	–	11,3*	5,4
1999	4,4	6,4	4,3	3,9	5,6	3,9

Tab. 3.1.3.3: Gesamt-Phosphor im Schwebstoff [g/kg];
* Maximalwert

Jahr	Bad Honnef			Kleve-Bimmen		
	50-P	90-P	Mittel	50-P	90-P	Mittel
1993	2,5	4,7	2,7	2,5	5,3	2,7
1994	2,0	2,7	2,0	1,9	2,2	1,7
1995	1,9	2,9	2,0	1,9	2,2	1,7
1996	1,9	3,0	2,0	2,0	3,3	2,1
1997	–	2,6*	1,8	–	2,6*	1,9
1998	2,0	2,4	1,9	2,1	3,1	2,1
1999	1,7	2,4	1,6	1,5	2,3	1,6

Metalle

Schwermetalle und Arsen liegen in Gewässern weitgehend an Feststoffpartikeln adsorbiert vor. Theoretisch sollte die Verteilung von gelösten und adsorbierten Schwermetallanteilen im Wasser für jedes Element konstant sein. Untersuchungen des Expertenkreises „Monitoring“ der IKSР belegen jedoch, dass die Verteilungskoeffizienten im Rhein zeitlich und räumlich stark streuen. Daher kann sich die quantitative Schwermetallanalyse nicht nur auf ein Kompartiment beschränken, sondern muss parallel im Wasser und Schwebstoff durchgeführt werden.

Die Jahreskenngrößen für die Schwermetall- und Arsenuntersuchungen des Rheinschwebstoffes sind in Tab. 3.1.3.4 zusammengestellt. Fehlende Angaben gehen auf eine nicht ausreichende Anzahl von Einzeluntersuchungen für die Perzentilbildung zurück, die erst ab mehr als zehn Werten möglich ist.

Die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber und Zink haben eine überwiegend anthropogene Herkunft. Deshalb nimmt die mittlere Schwebstoffbelastung durch diese Schwermetalle – Kupfer ausgenommen – auf der Fließstrecke des Rheins von Bad Honnef nach Kleve-Bimmen zu, wie dem in Abb. 3.1.3.2 am Beispiel von Zink dargestellten Vergleich zu entnehmen ist. Außerdem weisen die

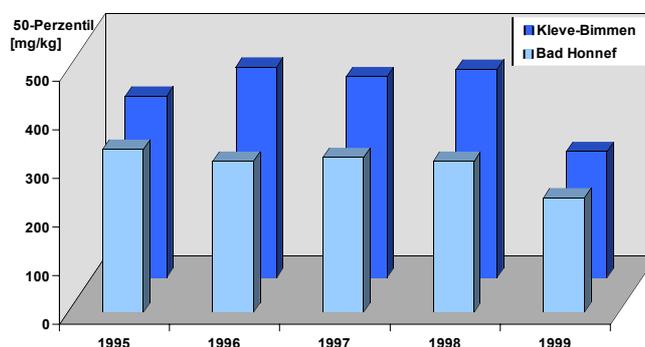


Abb. 3.1.3.2: Vergleich des 50-Perzentil für den Zinkgehalt im Rheinschwebstoff. (Bei $n < 11$ wurden ersatzweise die Mittelwerte herangezogen.)

anthropogen bedingten Schwermetalle eine reziproke Abhängigkeit vom Abfluss auf: mit steigendem Abfluss sinken ihre Gehalte und umgekehrt. Demgegenüber korrelieren die überwiegend geogen bedingten Metalle wie Nickel und Arsen im Rheinschwebstoff nicht mit dem Abfluss. Auch ändern sich ihre Konzentrationen im Schwebstoff längs des nordrhein-westfälischen Rheinverlaufes nur unwesentlich (vgl. Abb. 3.1.3.3).

Summarisch betrachtet zeigen die untersuchten Metallgehalte im Rheinschwebstoff in der zeitlichen Entwicklung eine nur gering abnehmende Tendenz. Insbesondere für die geogen bedingte Metallbelastung ist ein deutlicher Rückgang auch in Zukunft nicht zu erwarten. Die Zielvorgaben der IKSР, die für Schwermetalle wegen ihrer Anreicherungsfähigkeit direkt für die Gehalte in Sedimenten und Schwebstoffen abgeleitet wurden, werden nach Auswertung der aggregierten Daten (90-Perzentil) nur für Blei und Arsen erreicht. Deutliche Überschreitungen (der Vergleichswert ist

Tab.3.1.3.4: Schwermetall- und Arsengehalte im Rheinschwebstoff [mg/kg]

	Jahr	Bad Honnef					Kleve-Bimmen				
		Min	Mittel	50-P	90-P	Max	Min	Mittel	50-P	90-P	Max
Blei	1995	43	64	64	79	88	35	75	76	107	140
	1996	43	61	57	96	120	51	86	83	123	140
	1997	48	67	–	–	110	50	83	–	–	140
	1998	26	63	64	80	83	79	93	91	110	110
	1999	30	54	58	72	73	37	64	62	92	100
Arsen	1995	13	17	17	22	24	7,6	16	17	21	26
	1996	13	17	17	20	21	14	18	18	22	26
	1997	15	18	–	–	23	12	18	–	–	26
	1998	7	18	19	22	22	16	18	17	20	20
	1999	10	15	15	20	20	12	14	14	17	18
Chrom	1995	51	66	65	79	83	35	70	67	93	120
	1996	52	64	65	76	77	57	76	72	99	140
	1997	55	65	–	–	89	53	83	–	–	160
	1998	35	62	65	68	68	64	70	68	84	86
	1999	42	57	60	64	66	49	81	66	165	190
Kupfer	1995	48	66	63	92	92	24	63	65	92	110
	1996	47	66	64	81	81	46	68	70	85	110
	1997	52	67	–	–	88	45	71	–	–	97
	1998	23	63	68	75	77	61	67	65	79	79
	1999	31	55	56	75	80	40	55	51	85	90
Zink	1995	230	333	335	405	420	170	389	375	560	760
	1996	200	316	310	445	540	250	428	435	565	700
	1997	210	318	–	–	540	230	414	–	–	640
	1998	86	294	310	356	360	370	444	430	546	550
	1999	120	234	235	340	370	130	276	260	470	540
Cadmium	1995	0,6	0,9	0,9	1,2	1,2	0,5	1,1	1,0	1,8	2,6
	1996	0,6	0,8	0,7	1,3	1,6	0,6	1,3	1,3	2,1	2,4
	1997	0,5	0,9	–	–	1,7	0,6	1,3	–	–	2,6
	1998	0,2	0,7	0,7	1,0	1,1	0,9	1,2	1,2	1,5	1,5
	1999	0,3	0,6	0,6	0,8	0,8	0,4	0,8	0,7	1,3	1,4
Quecksilber	1995	0,2	0,4	0,4	0,6	0,7	0,1	0,5	0,5	0,8	1,0
	1996	0,3	0,4	0,4	0,7	0,9	0,3	0,7	0,6	1,2	1,5
	1997	0,3	0,5	–	–	0,9	0,3	0,6	–	–	1,4
	1998	0,1	0,5	0,5	0,7	0,7	0,4	0,7	0,7	1,1	1,1
	1999	0,2	0,4	0,4	0,5	0,6	0,3	0,5	0,5	0,6	0,7
Nickel	1995	39	48	48	56	58	25	48	48	61	70
	1996	37	46	47	52	52	34	49	47	62	84
	1997	40	46	–	–	57	39	52	–	–	74
	1998	26	45	45	51	53	41	48	47	58	60
	1999	33	43	44	48	49	36	52	42	88	97

größer als die doppelte Zielvorgabe) treten jedoch nur für Zink auf. Ansonsten liegen die Messwerte in der Nähe der Zielvorgaben.

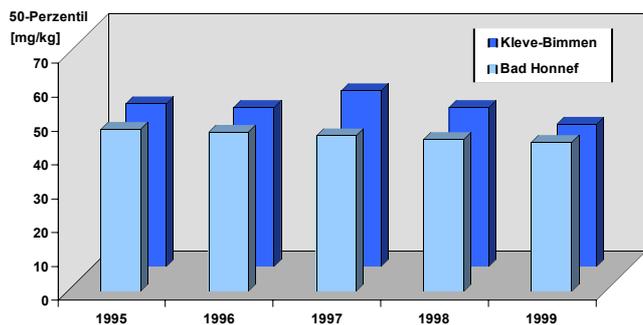


Abb. 3.1.3.3: Vergleich des 50-Perzentil für den Nickelgehalt im Rheinschwebstoff. (Bei $n < 11$ wurden ersatzweise die Mittelwerte herangezogen.)

Organische Spurenstoffe

Schwach- bis mittelpolare organische Schadstoffe adsorbieren ebenfalls sehr stark am Schwebstoff. Im Rheinmessprogramm des Landesumweltamtes NRW werden deshalb vor allem zahlreiche naturfremde chlororganische Verbindungen, polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und seit 1994 die zinnorganischen Verbindungen im Schwebstoff untersucht. In Tab. 3.1.3.10 sind die Maximalwerte der im Schwebstoff des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflussmündungen gemessenen organischen Spurenstoffe für das Jahr 2000 zusammengestellt. Als Stichjahr für das Aktionsprogramm Rhein der IKSr weist dieses Jahr wegen der erhöhten Probenzahl ein umfangreicheres Datenkollektiv auf. Bei der Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass sich durch Hochwasser bedingte Verdünnungseffekte sowie Resuspension von älteren Sedimenten aus Staustufen des Rheins und der Nebengewässer überlagern. Infolgedessen schwanken die ermittelten Einzelwerte erheblich. Auch sind zeitliche Trendeinschätzungen nur ansatzweise möglich.

Tab. 3.1.3.5: EOX-Gehalt im Rheinschwebstoff [$\mu\text{g/l}$]

Jahr	Bad Honnef					Kleve-Bimmen				
	Min	Mittel	50-P	90-P	Max	Min	Mittel	50-P	90-P	Max
1995	300	837	500	1800	4300	< 200	823	700	1440	2000
1996	< 200	673	660	1200	1200	< 200	908	825	1530	2300
1997	< 200	575	–	–	2200	< 200	980	–	–	3800
1998	< 200	502	470	872	910	320	560	530	864	890
1999	< 200	629	535	1310	1400	< 200	618	635	1240	1300

Der Gehalt an **extrahierbaren organischen Halogenverbindungen (EOX)** als Maß für naturfremde, überwiegend chlorhaltige Verbindungen zeigt insgesamt streuende Werte, wie Tab. 3.1.3.5 zu entnehmen ist. Während der AOX-Gehalt im Wasser seit 1995 nahezu konstant verläuft (vgl. Kap. 3.1.2), ist dies beim EOX-Gehalt in der Schwebstoffphase nicht zu beobachten.

Auch die Gehalte an **Chlorbenzolen** mit unterschiedlichem Chlorierungsgrad variieren beträchtlich. Aus ihren in Tab. 3.1.3.6 aufgeführten Mittelwerten lässt sich keine Tendenz erkennen. Die Maximalwerte der Jahresmessreihen, die das Dreifache des Mittelwertes annehmen können, sind u.a. durch Resuspension von älteren Sedimenten aus Staubereichen des Rheineinzugsgebiets zu erklären, wie es insbesondere für Hexachlorbenzol (HCB) bekannt ist: In den Staustufen des Oberrheins lagern noch hochbelastete alte Sedimente mit HCB-Gehalten bis zu 3000 $\mu\text{g/kg}$. Mit jedem Hochwasser wird ein Teil dieser Sedimente weiter transportiert, wodurch die HCB-Gehalte an den stromabwärts liegenden Messstellen deutlich ansteigen können.

Für die **polychlorierten Biphenyle (PCB)**, die als nichtbrennbare Hydrauliköle u.a. im Steinkohlebergbau und als Kondensatorflüssigkeit in Transformatoren eingesetzt wurden, ist aufgrund des Anwendungsverbotes vom Juli 1989 ein Rückgang der mittleren Schwebstoffbelastung eingetreten. Während ihre Mittelwerte 1990 noch bei 120 $\mu\text{g/kg}$ lagen, sind sie seit 1995 auf Werte um 60 $\mu\text{g/kg}$ gesunken (Abb. 3.1.3.4). Auch für diese Substanzgruppe führen Hochwasserereignisse zu erhöhten Gehalten. Dies resultiert überwiegend aus dem Weitertransport von Sedimenten im Saar/Mosel-Einzugsgebiet (Steinkohlebergbau) und aus industriell bedingt höher belasteten Sedimenten des Ober- und Niederrheins.

Tab. 3.1.3.6 : Mittlere Polychlorbenzolgehalte im Rheinschwebstoff 1995 – 1999 [$\mu\text{g}/\text{kg}$]

	Bad-Honnef					Kleve-Bimmen				
	1995	1996	1997	1998	1999	1995	1996	1997	1998	1999
1,2-Dichlorbenzol	20	25	8,1	5,6	15	39	66	15	8,5	23
1,3-Dichlorbenzol	13	11	5,6	3,6	12	18	24	6,5	4,3	13
1,4-Dichlorbenzol	18	22	9,3	6,7	18	36	51	21	9,9	26
1,2,3-Trichlorbenzol	2,6	1,8	< 1	< 1	3,8	5,9	3,4	1,6	1,5	6,2
1,2,4-Trichlorbenzol	13	19	7,4	6,2	24	25	41	13	10	42
1,3,5-Trichlorbenzol	4,1	4,1	2,2	1,9	10	7,9	12	3,6	3,1	12
1,2,3,4-Tetrachlorbenzol	2,0	1,3	< 1	< 1	1,3	4,5	3,0	2,6	1,2	2,2
1,2,3,5-Tetrachlorbenzol	1,4	<1	< 1	< 1	< 1	2,1	1,2	< 1	< 1	< 1
1,2,4,5-Tetrachlorbenzol	1,9	1,1	2,3	< 1	1,5	3,3	4,3	4,2	< 1	2,7
Pentachlorbenzol	2,1	2,4	1,4	1,5	2,6	4,3	4,6	3,4	1,8	3,5
Hexachlorbenzol	16	24	18	16	39	26	28	22	12	57

Bei den Mitte der 80er Jahre im Bergbau als PCB-Ersatzstoff eingesetzten Tetrachlorbenzyltoluolen (TCBT) handelt es sich um technische Isomerenmischungen, deren Gehalt als Summe von sechs repräsentativen Leitisomeren angegeben wird. Die mittleren Belastungen des Schwebstoffs in Bad Honnef liegen durchweg unter der analytischen Bestimmungsgrenze von $1 \mu\text{g}/\text{kg}$. Es treten jedoch auch Einzelwerte bis zu $3,5 \mu\text{g}/\text{kg}$ auf. Der Schwebstoff bei Kleve-Bimmen ist durch den Eintrag nordrhein-westfälischer Grubenwässer höher belastet. In den Jahren 1995, 1996 und 1999 ließen sich in Einzelproben Werte über der Bestimmungsgrenze nachweisen. 1995 betrug der TCBT-Gehalt bis zu $20 \mu\text{g}/\text{kg}$.

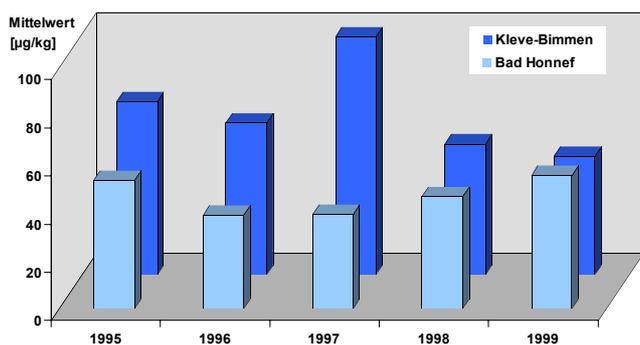


Abb. 3.1.3.4: Vergleich des PCB-Gehaltes (Summe 6 Kongenere) im Rheinschwebstoff

Weitere im Schwebstoff adsorbierte chlororganische Verbindungen, die im Aktionsprogramm Rhein als prioritäre Stoffe eingestuft sind, wurden im Rheinemessprogramm des LUA untersucht. Die Gehalte dieser nachfolgend aufgeführten Stoffe liegen überwiegend unter der analytischen Bestimmungsgrenze.

Dazu gehören:

- Drine (Aldrin, Dieldrin, Endrin und Isodrin), die als Insektizide eingesetzt wurden. In den Rheinanliegerstaaten ist die Anwendung dieser Substanzen mit Ausnahme von Isodrin untersagt.
- Hexachlorcyclohexane (α -, β -, γ - und δ -HCH): γ -HCH ist ein Insektizid, bei dessen Produktion die anderen Isomere als Nebenprodukte entstehen. Die Anwendung der technischen Mischung aus den isomeren Verbindungen ist seit 1981 in der EU verboten. Aufgrund der bei den Rheinanliegerländern geltenden Höchstmengenverordnung wurden Grenzwerte für Rückstände in Fischen festgelegt.
- DDT-Gruppe (isomere DDT-Verbindungen mit Nebenprodukten DDD und DDE), die als Insektizide angewendet wurden.
- 1,2-Dichlortoluol und Octachlorstyrol, die für die Verkehrs- und Verzehrbarkeit von Fischen bedeutsam sind.

Auch die kurz als „Dioxine“ bezeichnete Gruppe von hochchlorierten Dibenzodioxinen und Dibenzofuranen wird im Rheinschwebstoff analytisch erfasst. Ihre in Tab. 3.1.3.7 aufgeführten Gehalte zeigen, dass der Rheinschwebstoff nur in geringem Umfang mit den hochtoxischen und weit verteilten Dioxinen belastet ist. Als summarisches Maß für die Giftigkeit dieses Substanzgemisches werden die internationalen Toxizitätsäquivalente (ITEQ) herangezogen. Danach liegen die Ergebnisse für die niederrheinischen Schwebstoffproben mit Werten zwischen 30 und $38,4 \text{ ng}/\text{kg}$ ITEQ über der durchschnittlichen Hintergrundbelastung von

Tab. 3.1.3.7: Mittlere Dioxingehalte im Schwebstoff bei Kleve-Bimmen 1995 – 1999 [ng/kg]

	1995	1996	1997	1998	1999
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin	1567	1100	1550	1750	7050
2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin	4,8	12	3,5	3,5	2,3
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzodioxin	10,2	20	6,9	4,0	4,1
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzodioxin	4,8	8,5	3,4	8,7	4,6
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzodioxin	12	18	10	8,0	16
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzodioxin	6,2	11	6,8	6,8	7,8
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin	119	130	92	140	815
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran	363	800	555	430	550
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran	14	26	18	20	12
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran	15	30	15	27	10
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran	14	27	16	22	11
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran	35	95	39	47	35
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	11	29	14	19	12
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran	1,2	6,5	0,9	0,9	0,8
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran	6,5	12	5,9	7,9	4,2
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran	84	215	107	96	61
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran	9,6	30	10	10	3,4
Internationale Toxizitätsäquivalente	31	38,4	30	34	36,5

Bodenproben (ca. 10 ng/kg ITEQ) und im Vergleich zu dem Grenzwert der Klärschlammverordnung darunter. Insgesamt ist der Rheinschwebstoff als gering mit Dioxinen belastet einzustufen. Die quantitativ überwiegend nachweisbaren Verbindungen sind die sieben- und achtfach chlorierten Dioxine und Furane, deren Gehalte mit einem Umrechnungsfaktor von 0,01 bzw. 0,001 in die ITEQ-Berechnung eingehen. Der Gehalt des als Seveso-Dioxin bekannten Kongeneren 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin (Umrechnungsfaktor zu ITEQ = 1) liegt seit 1997 in allen Proben – außer direkt unterhalb lokaler Belastungsschwerpunkte – unter 5 ng/kg.

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind als weit verbreitete organische Verunreinigungen in allen Umweltkompartimenten nachweisbar. Sie entstehen vor allem bei der unvollständigen Verbrennung fossiler Brennstoffe in Heizungen, Kraftwerken, Kokereien und Kraftfahrzeugmotoren, so dass erhöhte punktuelle Belastungen sowohl an Straßenrändern als auch in der Nähe von Industrie-feuerungsanlagen und Kokereien auftreten. Einige PAK mit Molekülgerüsten aus mehr als drei kondensierten Ringen haben krebserzeugende Wirkung wie

z. B. Benzo(a)pyren). Andere Verbindungen (z. B. Fluoranthen und Pyren) gelten als toxisch, ohne dass sie ein cancerogenes Potential aufweisen. In Gewässer gelangen PAK überwiegend durch diffuse Einträge und liegen dort wegen ihrer geringen Wasserlöslichkeit überwiegend an Schwebstoffen gebunden vor.

Die mittleren PAK-Gehalte im Rheinschwebstoff, die in Tab. 3.1.3.8 zusammengestellt sind, spiegeln die ubiquitäre Belastung wider, da das Verteilungsmuster der einzelnen Komponenten weitgehend dem der in anderen Umweltmedien nachgewiesenen Mustern gleicht. Hauptkomponenten sind die PAK Fluoranthen, Pyren, Benzo(a)anthracen und Penanthren. Für die Bewertung von Böden wird als Schwellenwert für die PAK-Gefährdung der Gehalt von 1 mg/kg der giftigsten Verbindung Benzo(a)pyren angewendet. Er wird im Rheinschwebstoff für den Berichtszeitraum nur einmal am 27.05.1997 mit 2,5 mg/kg überschritten und lässt sich auf die Probenahme während eines anlaufenden Hochwassers zurückführen. Ansonsten liegen die Maximalwerte deutlich unterhalb des genannten Schwellenwertes.

Wegen des Verteilungsmusters der PAK wird bei Bewertungsfragen häufig eine Summenbildung für die

Gehalte wichtiger Verbindungen vorgenommen. In Deutschland ist die Summe aus sechs PAK nach Borneff (siehe Fußnote in Tab. 3.1.3.8) z.B. für die Bewertung von Trinkwasser gebräuchlich. International benutzt wird die von der amerikanischen Umweltschutzagentur (Environmental Protection Agency, EPA) vorgeschlagene Liste aus 16 Bezugssubstanzen. Dazu gehören die 15 aufgelisteten Komponenten sowie die quantitativ und toxikologisch untergeordnete Verbindung Acenaphthylen. Die Bestimmung dieser Einzelsubstanz erfordert einen im Verhältnis zum Informationsgewinn nicht vertretbaren analytischen Mehraufwand und wird deshalb nach dem vorliegenden Entwurf der DIN 38 407-F18 (Bestimmung von 15 PAK in Wasser durch HPLC) nicht berücksichtigt.

Im Vergleich mit der Belastung von weit verbreiteten Böden und Gesteinen in Deutschland wird der Hintergrundwert von 1 mg/kg PAK nach EPA im Rheinschwebstoff mit 4 – 12 mg/kg deutlich überschritten. In der deutschen Trinkwasserverordnung ist ein Grenzwert von 0,2 mg/l PAK nach Borneff festgelegt. Jedoch bestehen für die Trinkwassergewinnung am Rhein durch die PAK-Gehalte im Schwebstoff keine Probleme, da die sehr geringe Wasserlöslichkeit

dieser Verbindungen sowie die der Rohwassergewinnung vorgelagerte Uferfiltration einen Übergang der PAK in das Trinkwasser verhindern.

Obwohl die vorhandenen Schwebstoffdaten noch keine gesicherte Trendaussage über die zeitliche Entwicklung der PAK-Gehalte erlauben, zeichnet sich gegenüber den 80er Jahren eine abnehmende Belastung im Niederrhein ab. Sie steht u.a. mit der Optimierung feuerungstechnischer Maßnahmen, der Umstellung privater Haushalte auf Zentralheizungen und der Schließung von Kokereibetrieben in ursächlichem Zusammenhang. Aufgrund des hohen Bevölkerungs- und Industrialisierungsgrades in NRW steigen die PAK-Gehalte im Schwebstoff auf der nordrhein-westfälischen Rheinfließstrecke an. Daneben dürfte auch die Resuspension von Altsedimenten, teilweise aus hochbelasteten Hafengebieten, von Bedeutung sein.

Zinnorganische Verbindungen fanden eine breite Anwendung in Industrie, Landwirtschaft sowie Schifffahrt. Mono- und Dialkylzinnverbindungen werden als Katalysatoren in der Kunststoffherstellung insbesondere für PVC eingesetzt. Die Triorganozinnverbindungen dienen als hoch selektive Biozide vor allem

Tab. 3.1.3.8: Mittlere PAK-Gehalte im Rheinschwebstoff [mg/kg]

	Bad-Honnef					Kleve-Bimmen				
	1995	1996	1997	1998	1999	1995	1996	1997	1998	1999
Fluoranthen	0,61	0,54	0,53	0,55	0,55	0,90	0,86	1,36	0,70	0,72
Benzo(b)fluoranthen	0,37	0,36	0,31	0,36	0,35	0,48	0,52	0,59	0,45	0,43
Benzo(k)fluoranthen	0,19	0,17	0,17	0,18	0,16	0,24	0,25	0,35	0,22	0,21
Naphthalin	0,1	0,10	0,09	0,10	0,07	0,19	0,27	0,38	0,29	0,17
Benzo(ghi)perylen	0,3	0,31	0,28	0,32	0,27	0,38	0,45	0,52	0,39	0,32
Pyren	0,52	0,48	0,15	0,45	0,46	0,72	0,78	1,12	0,58	0,60
Benzo(a)pyren	0,28	0,29	0,28	0,33	0,31	0,39	0,43	0,64	0,42	0,39
Chrysen	0,31	0,23	0,20	0,28	0,23	0,42	0,38	0,53	0,38	0,30
Dibenz(ah)anthracen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	< 0,03	< 0,05	0,06	0,07	0,06	< 0,03
Ideno(1,2,3-cd)pyren	0,28	0,29	0,26	0,26	0,20	0,34	0,40	0,51	0,29	0,20
Anthracen	0,09	0,07	< 0,05	< 0,05	0,04	0,15	0,18	0,23	0,10	0,09
Benzo(a)anthracen	0,27	0,27	0,26	0,27	0,25	0,41	0,45	0,77	0,38	0,35
Phenanthren	0,27	0,26	0,24	0,24	0,28	0,52	0,66	1,00	0,62	0,51
Fluoren	0,11	0,11	0,10	0,07	< 0,03	0,18	0,28	0,34	0,23	–
Acenaphthen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,03	0,07	0,10	0,13	0,06	0,06
Σ 6 PAK (Borneff)*	2,29	1,96	1,83	1,98	1,70	2,72	2,91	3,97	2,48	2,14

* Summe der Gehalte an Fluoranthen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(ghi)perylen, Benzo(a)pyren und Ideno(1,2,3-cd)pyren

als Antifouling-Farben bei Unterbodenanstrichen von Schiffen, aber auch als Holzschutzmittel, Fungizide und Insektizide. Tributylzinnverbindungen (TBT) haben mengenmäßig den größten Anteil an dieser Gruppe. Zwischenzeitlich ist ihre Verwendung in Deutschland stark eingeschränkt worden. Die Anwendung von Tributylzinnverbindungen in der Landwirtschaft (Kartoffelanbau) ist seit letztem Jahr verboten.

Die zinnorganischen Verbindungen sind deutlich toxischer als anorganische Zinnsalze, wobei sich insbesondere die Tributylzinn- und Triphenylzinnverbindungen durch eine hohe Ökotoxizität und ein besonders hohes Wassergefährdungspotenzial (TBT: WGK = 3) auszeichnen.

Wie aus Tab. 3.1.3.9 ersichtlich ist, stellen die Tributylzinnverbindungen ebenfalls die Hauptkomponente der zinnorganische Belastung in den Rheinschwebstoffen. Regelmäßig erhöht sind auch Dibutylzinn- und Dioctylzinn-Verbindungen (PVC-Stabilisator). Triphenylzinn- und Monobutylzinn-Verbindungen nehmen eine Mittelstellung ein, während Tetra-

butylzinn-, Dioctylzinn- sowie Tricyclohexylzinn-Verbindungen nicht oder nur in Einzelfällen nachgewiesen werden können. Die Kontamination der Schwebstoffe mit zinnorganischen Verbindungen beschränkt sich nicht nur auf den Niederrhein, sondern besteht bereits am Oberrhein.

Aufgrund der noch geringen Datenbasis für die zinnorganische Belastung des Rheinschwebstoffes sind verlässliche Trendbewertungen noch nicht möglich. Hafensedimente, vor allem in Jachthäfen, sind jedoch deutlich höher belastet. Zum Schutz der sedimentbewohnenden Organismen und zur problemlosen Verwendung von Baggergut sind regulative Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrages zinnorganischer Verbindungen vorzunehmen. Ein erster Schritt war das Anwendungsverbot von Antifouling-Farben für Schiffe unter 25 m Länge. Zur Zeit wird generell ein internationales Anwendungsverbot von Tributylzinnverbindungen im Antifouling-Bereich angestrebt. Ihr Eintrag in die Umwelt soll nach den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie langfristig vollkommen unterbunden werden.

Tab. 3.1.3.9: Mittlere Gehalte von zinnorganischen Verbindungen im Rheinschwebstoff
[µg/kg, berechnet als Zinnorganyl-Verbindung]

	Bad-Honnef					Kleve-Bimmen				
	1995	1996	1997	1998	1999	1995	1996	1997	1998	1999
Tetrabutylzinn	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Dibutylzinn-Kation	9,7	15,2	26,5	36,1	13,1	7,7	8,3	23,9	23,7	10,7
Tributylzinn-Kation	19,0	17,4	23,1	21,2	10,9	24,6	33,9	26,9	18,2	13,4
Triphenylzinn-Kation	7,0	< 2	8,5	< 2	< 2	8,5	< 2	7,3	< 2	< 2
Monobutylzinn-Kation	< 3	< 3	6,9	6,7	11,2	< 3	< 3	< 3	7,4	8,0
Monooctylzinn-Kation	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Dioctylzinn-Kation	16,1	8,7	14,1	14,8	7,5	13,0	12,8	14,9	8,1	6,4
Tricyclohexylzinn-Kation	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2

Tab. 3.1.3.10: Maximalwerte organischer Spurenstoffe im Schwebstoff des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflussmündungen für das Jahr 2000 [$\mu\text{g/l}$]

Stoffname	Untere Anwendungsgrenze in $\mu\text{g/kg}$	Rhein		Nebenflüsse					
		Süd	Nord	Erft	Sieg	Emscher	Wupper	Ruhr	Lippe
Chlorbenzole									
1,2,3,4-Tetrachlorbenzol	1	2,7	12,1	–	–	5	1,3	–	3,1
1,2,3,5-Tetrachlorbenzol	1	1,1	2	–	–	1,2	1,1	–	10,5
1,2,3-Trichlorbenzol	1	2,4	12,4	–	–	5	1,8	–	2,4
1,2,4,5-Tetrachlorbenzol	1	2,1	8,8	–	–	–	2,3	–	6,9
1,2,4-Trichlorbenzol	1	11,9	31,1	–	–	18,2	11	3,6	12,9
1,2-Dichlorbenzol	1	25,4	38,7	–	–	2,4	11	2,5	5,5
1,3,5-Trichlorbenzol	1	4,8	6,6	–	–	5	1,2	–	23,1
1,3-Dichlorbenzol	1	14,6	19,7	1,2	–	2,3	7,2	–	6,7
1,4-Dichlorbenzol	1	15,5	29	7,8	–	203,8	26,7	61,6	68,3
2,4-Dichlortoluol	1	15,7	4,5	–	–	–	2,3	–	–
Hexachlorbenzol		52,3	92,9	3,1	3	80,9	67,1	7,3	50,2
Octachlorstyrol	1	–	3,1	–	–	–	–	–	5
Pentachlorbenzol	1	3,7	10,6	–	–	6,6	5,1	1,2	9,8
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)									
1-Methylnaphthalin	0,03	–	0,12	–	–	1,2	–	–	0,3
2-Methylnaphthalin	0,03	–	0,6	–	–	11	–	–	1,7
Acenaphthen	0,03	–	0,13	–	–	1,3	–	0,093	0,3
Anthracen	0,03	–	0,2	0,042	–	2,9	0,31	0,23	0,2
Benzo(a)anthracen		–	0,64	0,24	0,29	4,2	1,7	0,96	0,57
Benzo(a)pyren		–	0,72	0,28	0,38	4	1,9	1,1	0,65
Benzo(b)fluoranthen		–	0,7	0,36	0,46	4,5	2,3	1,5	0,83
Benzo(ghi)perylene		–	0,53	0,3	0,4	2,9	1,9	1,2	0,67
Benzo(k)fluoranthen		–	0,37	0,15	0,21	2	1,1	0,65	0,37
Chrysen		–	0,73	0,34	0,35	4,6	2,1	1,2	0,75
Dibenz(ah)anthracen	0,03	–	–	–	–	–	–	–	–
Fluoranthen		–	1,4	0,62	0,64	13	3,6	2,1	1,6
Fluoren	0,03	–	0,1	–	–	2	0,085	0,14	0,21
Indeno(1,2,3-cd)pyren		–	0,51	0,21	0,42	3	1,9	1,2	0,62
Naphthalin	0,03	–	0,26	–	–	3,9	–	0,49	0,75
Phenanthren		–	0,82	0,26	0,2	12	1,6	1,1	1,9
Polycyclische aromatische KW, gesamt		–	4,18	1,91	2,51	29,4	12,5	13,36	10,5
Pyren		–	1,1	0,51	0,52	9	2,9	1,6	1,3
Polychlorierte Biphenyle (PCB)									
PCB-101		5,5	9,3	4	3,8	19,3	18	17,1	18,5
PCB-118		3,9	5,7	2,5	3,2	32,8	9,1	9,2	13,9
PCB-138		10,7	19,4	12,9	10,6	67,8	38,5	28,1	21,9
PCB-153		9	17,1	8,1	8	73,9	31,2	22,6	16,1
PCB-180		6,7	13,4	6,9	–	39,1	23	17	12
PCB-28		3,4	5,7	2,4	1,7	38,4	2,2	10,5	27,8
PCB-52		5,6	7,4	3,1	3,3	49,3	5,9	12,6	20,3
Polychlorierte Dibenzodioxine und polychlorierte Dibenzofurane (PCDD / PCDF)									
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzodioxin		2100	1800	960	–	1600	650	1000	710
1,2,3,4,6,7,8,9-Octachlordibenzofuran		350	430	640	–	870	900	380	490
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzodioxin		93	97	80	–	190	130	130	110
1,2,3,4,6,7,8-Heptachlordibenzofuran		48	74	110	–	310	230	150	170
1,2,3,4,7,8,9-Heptachlordibenzofuran		5,8	8,7	3,1	–	36	11	12	19
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzodioxin		2,8	3,6	2,1	–	5,1	–	3,6	2,8
1,2,3,4,7,8-Hexachlordibenzofuran		27	38	5,6	–	45	12	22	20
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzodioxin		6,6	4,8	4,9	–	11	8,2	8,8	6,1
1,2,3,6,7,8-Hexachlordibenzofuran		7,2	11	4,2	–	30	13	14	13
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzodioxin		4	3,8	3,7	–	7,4	–	6	4,6
1,2,3,7,8,9-Hexachlordibenzofuran		–	0,7	0,4	–	2,1	–	0,8	1,3
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzodioxin		3	4	1,5	–	4,4	7,7	11	2,3
1,2,3,7,8-Pentachlordibenzofuran		8,9	14	2,8	–	17	11	9	12
2,3,4,6,7,8-Hexachlordibenzofuran		4,5	5,1	6,4	–	29	12	12	17
2,3,4,7,8-Pentachlordibenzofuran		8,7	13	4,4	–	20	16	13	15

Tab. 3.1.3.10: Maximalwerte organischer Spurenstoffe im Schwebstoff des Rheins und seiner wichtigsten Nebenflussmündungen für das Jahr 2000 [$\mu\text{g/l}$] – Fortsetzung

Stoffname	Untere Anwendungsgrenze in $\mu\text{g/kg}$	Rhein		Nebenflüsse					
		Süd	Nord	Erft	Sieg	Emscher	Wupper	Ruhr	Lippe
Polychlorierte Dibenzodioxine und polychlorierte Dibenzofurane (PCDD / PCDF)									
2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin		1,1	23	0,4	–	1,3	–	1,1	0,5
2,3,7,8-Tetrachlordibenzofuran		10	17	7,2	–	21	23	16	30
Internationale Toxizitätsäquivalente		17	45	11	–	37	–	23	23
Leichtflüchtige organische Verbindungen									
1,2-Dichlorbenzol	1	25,4	38,7	–	–	2,4	11	2,5	5,5
1,4-Dichlorbenzol	1	15,5	29	7,8	–	203,8	26,7	61,6	68,3
Tetrachlorbenzyltoluole									
2',3,4,4'-Tetracl-6-Me-Dm:Tcbt 74	1	–	5	–	–	26,7	–	–	28,6
2',3,4,6'-Tetracl-6-Me-Dm:Tcbt 80	1	–	2,7	–	–	22,1	–	–	21,5
2,2',4,4'-Tetracl-3-Me-Dm:Tcbt 21	1	–	2,1	–	–	19,6	–	–	24,7
2,2',4,6'-Tetracl-3-Me-Dm:Tcbt 27	1	–	2	–	–	8,9	–	–	11,4
2,2',4,6'-Tetracl-5-Me-Dm:Tcbt 28	1	–	2,4	–	–	13,2	–	–	6,2
2,3',4,4'-Tetracl-5-Me-Dm:Tcbt 52	1	–	4	–	–	–	–	–	3
Zinnorganyle									
Dibutylzinn	5	29,4	25,48	12,7	24,2	395	62,9	79,8	66,5
Diocetylzinn	5	20,58	73,5		10,7	21,2	5,6	22,8	36,4
Monobutylzinn	10	28,31	24,3	14,9	28,5	393	75,1	784	610
Monooctylzinn	10	–	–	–	–	19,4	–	26,6	29,8
Tetrabutylzinn	5	–	–	–	–	–	–	21,4	19,9
Tributylzinn	5	19,52	24,4	13,6	–	70,2	11,9	65,8	68,9
Tricyclohexylzinn	5	–	–	–	–	–	–	–	–
Triphenylzinn	5	6,1	14,7	9,7	–	–	–	–	–

3.1.4 Biologische Untersuchungen

Gewässergüteklasse

Die Gewässergüteklasse der Fließgewässer wird auf der Grundlage ihrer ortsgebundenen Lebensgemeinschaft ermittelt. Die Einstufung basiert auf dem Saprobien-System und bringt vor allem die Belastung des Sauerstoffhaushaltes und akut toxisch wirkende Belastungen zum Ausdruck. Das Vorhandensein eventuell chronisch toxisch wirkender anorganischer und organischer Mikroverunreinigungen kann durch dieses System nicht unmittelbar erfasst werden.

Die Ergebnisse im Berichtszeitraum bestätigen den erstmals 1994 gemachten Befund, dass der gesamte nordrhein-westfälische Rheinabschnitt der Biologischen Gewässergüteklasse II entspricht. Die Tab.

3.1.4.1 gibt die Entwicklung der biologischen Gewässergüte des Rheins seit 1969 wieder und zeigt eindrucksvoll die Auswirkungen der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen.

Im einzelnen zeigen die Ergebnisse, dass die Entwicklung der Lebensgemeinschaft im Uferbereich des Rheins unverändert eine starke Dynamik aufweist. Weitere eingewanderte bzw. eingeschleppte Arten (Neozoen) sind im Berichtszeitraum im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt aufgetaucht. Dazu zählt die Donauassel *Jaera istri*, die an allen Probenahmepunkten recht häufig vertreten ist. Eine andere Art aus dem Schwarzmeerraum, der Süßwasserpolychaet

Tab. 3.1.4.1: Entwicklung des Makrozoobenthos im Rhein unterhalb Dormagen 1969 – 1999

TAXON	1969-1976	1978	1980	1982	1984	1986	1988	1990	1992	1994	1996	1998	1999
PORIFERA				▼	▼	▼▼▼	▼▼	▼		▼	▼	▼	
TURBELLARIA													
Dendrocoelum lacteum			▼	▼									
Dugesia lugubris					▼▼▼▼		▼▼▼		▼	▼			
Dugesia tigrina					▼	▼▼▼	▼▼	▼	▼▼	▼▼▼▼			
GASTROPODA													
Acroloxus lacustris						▼							
Ancylus fluviatilis		▼▼	▼▼	▼▼▼▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼▼
Bithynia tentaculata			▼▼		▼▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼
Physella acuta													
Potamopyrgus antipodarum									▼▼			▼▼▼	▼▼
Radix peregra/ovata		▼▼	▼	▼	▼▼▼	▼	▼	▼▼	▼			▼▼▼	▼▼
LAMELLIBRANCHIATA													
Anodonta spp.													
Corbicula spp.										▼▼▼		▼▼	
Dreissena polymorpha					▼▼	▼▼	▼▼	▼▼	▼▼	▼▼▼	▼▼	▼▼	▼▼▼▼
Unio spp.													
HIRUDINEA													
Erpobdella octoculata		▼▼	▼▼▼	▼	▼▼▼		▼	▼	▼	▼	▼		
Glossiphonia complanata			▼▼		▼▼▼		▼▼▼▼			▼			
CRUSTACEA													
Asellus aquaticus		▼▼	▼▼▼		▼▼								
Chaetogammarus ischnus										▼▼▼▼		▼▼	
Corophium curvispinum								▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼	▼▼▼
Dikerogammarus villosus										▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼	▼▼▼
Gammarus pulex			▼			▼	▼						
Gammarus tigrinus									▼	▼			
Jaera istri											▼▼	▼▼▼	▼▼▼
EPHEMEROPTERA													
Ephoron virgo										▼▼			
Heptagenia sulphurea											▼	▼	
TRICHOPTERA													
Ceraclea dissimilis							▼▼	▼	▼▼				
Hydropsyche contubernalis			▼▼	▼▼▼▼		▼▼	▼▼	▼		▼▼		▼	▼▼
Psychomyia pusilla										▼		▼▼▼▼	▼▼▼▼
Tinodes waeneri										▼			▼▼▼
DIPTERA													
Rheotanytarsus spp.			▼▼▼▼	▼▼		▼▼▼▼	▼	▼▼		▼▼			▼▼▼▼
BRYOZOA			▼▼▼▼							▼		▼	▼▼
GESAMTZAHL TAXA	0	4	11	7	10	10	13	11	11	18	11	14	12

Häufigkeiten von 1 ▼ bis 5 ▼▼▼▼▼

Neozoen rot

Hypania invalida (Gruppe der Ringelwürmer) ist in Bereichen mit Feinsediment zu finden, wo er seine Wohnröhren baut. Der aus der Donau stammende Flohkrebs *Dikerogammarus villosus* (Abb. 3.1.4.1) hat den vor Jahren häufigen Tigerflohkreb *Gammarus tigrinus* fast völlig verdrängt und die Nachfolgeart *Chaetogammarus ischnus* ist in ihrer Häufigkeit inzwischen ebenfalls deutlich zurückgegangen. *Dikerogammarus villosus* stellt heute die dominierende Flohkrebsart im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt dar.



Abb. 3.1.4.1: Flohkrebs *Dikerogammarus villosus*

Auffällig bei den Befunden der letzten drei Jahre war das völlige Fehlen der bisher vorkommenden Strudelwurmarten, insbesondere des gefleckten Strudelwurms *Dugesia tigrina*, der bislang regelmäßig in großer Individuendichte vorkam. Als Ursache ist die Veränderung in der Zusammensetzung des Artenspektrums im Rhein und damit der Konkurrenzsituation im Nahrungsnetz zu vermuten. Seit 1998 gibt es aber im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt mit *Dendrocoelum ramanodanubiale* eine neue Strudelwurmart, die wie bereits andere Neozoen über den Main-Donau-Kanal eingewandert ist. 1999 wurde diese Art an zwei Stellen im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt (im Raum Düsseldorf und Duisburg) gefunden.

Es ist damit zu rechnen, dass die Veränderungen in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft des Rheins auch in den kommenden Jahren anhalten werden. Die Rückkehr ehemals heimischer Arten wird aber – neben einer weiteren Verbesserung der Wasserqualität – davon abhängen, inwieweit strukturverbessernde Maßnahmen im Ufer- und Auenbereich möglich und durchsetzbar sind.

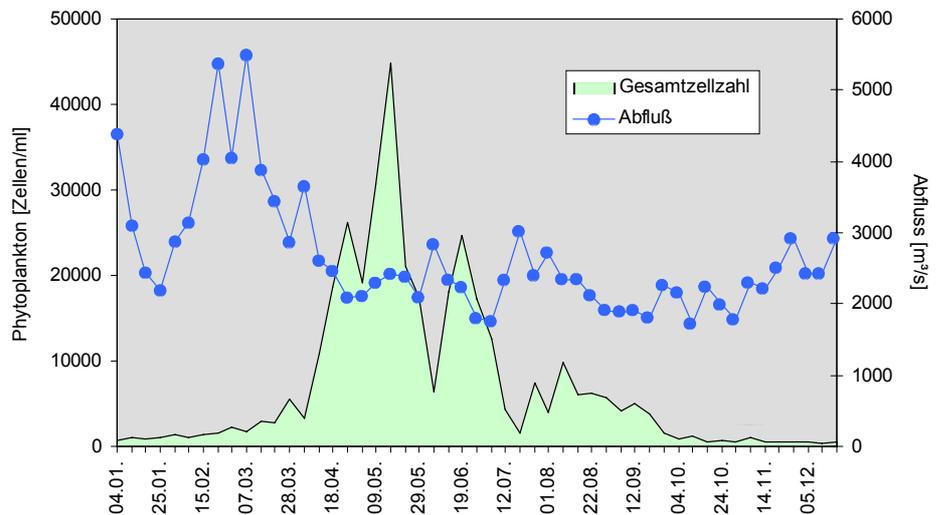
Künstliche Substrate

Die Untersuchung der Besiedlung des Rheins mit künstlichen Aufwuchsträgern, die eine Aussage über eine eventuelle Schädigung der Rheinorganismen auch bei hohen Wasserständen ermöglichen soll, wurde im Berichtszeitraum fortgesetzt. Die Ergebnisse bestätigen die bereits in den Vorjahren gemachten Erfahrungen, dass zwar die komplette Lebensgemeinschaft des Rheins mit dieser Methode nicht erfasst werden kann, die häufigen Organismen wie *Dikerogammarus*, *Corophium* und *Dreissena* aber auch auf den künstlich ausgebrachten Substraten vertreten sind und ihre eventuelle Schädigung feststellbar ist. Die Untersuchung der künstlichen Substrate wird auch in Zukunft ein wichtiges Instrument sein, in Schadensfällen Aussagen über die Schädigung der Rheinorganismen zu erhalten.

Phytoplankton

Die Entwicklung des Phytoplanktons im Jahre 2000 ist in Abb. 3.1.4.2 dargestellt zusammen mit dem Jahresgang für den Abfluss, der durch Verdünnung und Ausspülung einen großen Einfluss auf das Algenwachstum hat. Zu Anfang des Jahres bis zum 22.02.2001 lag die Gesamtzellzahl des Phytoplanktons zwischen 650 und 1550 Zellen im Milliliter. Erst am 29.02.01 stieg sie erstmals über 2000. Dieser Anstieg beruhte überwiegend auf der Vermehrung von solitären zentrischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) der Gattungen *Cyclotella* und *Stephanodiscus* mit Zelldurchmessern zwischen 5 und 15 µm. Neben diesen trommelförmigen Formen traten pennate Kieselalgen auf, die mehr oder weniger stäbchen- oder quaderförmige Zellen bilden. Besonders *Asterionella formosa*, *Nitzschia acicularis*, diverse andere Arten dieser Gattung und Fragilarien der *ulna*-Sippe trugen zu der frühen Entwicklung bei. An vereinzelten Untersuchungstagen traten auch vermehrt Blaualgen (Cyanoprokaryota) auf, überwiegend Zellfäden der Gattung *Planktothrix* und tafelförmige Kolonien sehr kleiner Zellen (Gattung *Merismopedia*). Am 11.04. wurden erstmals mehr als 10.000 Zellen/ml gezählt. Der Zuwachs wurde getragen von den bereits genannten Formen mit Ausnahme der Blaualgen, die erst wieder im Spätherbst vermehrt auftraten. Zusätzlich wurde ein Anstieg bei den Zellzahlen von *Cyclostephanos spp.* ermittelt. Die Zellzahlen der Grünalgen (Chlorophyceae) blieben in dieser frühen Phase weit hinter denen der Kieselalgen zurück. Nur bei verschiedenen Arten der Gattung *Monoraphidium*,

Abb. 3.1.4.2:
Jahresgang des
Phytoplanktons und des
Abflusses (Pegel Rees) im
Rhein bei Kleve-Bimmen für
2000

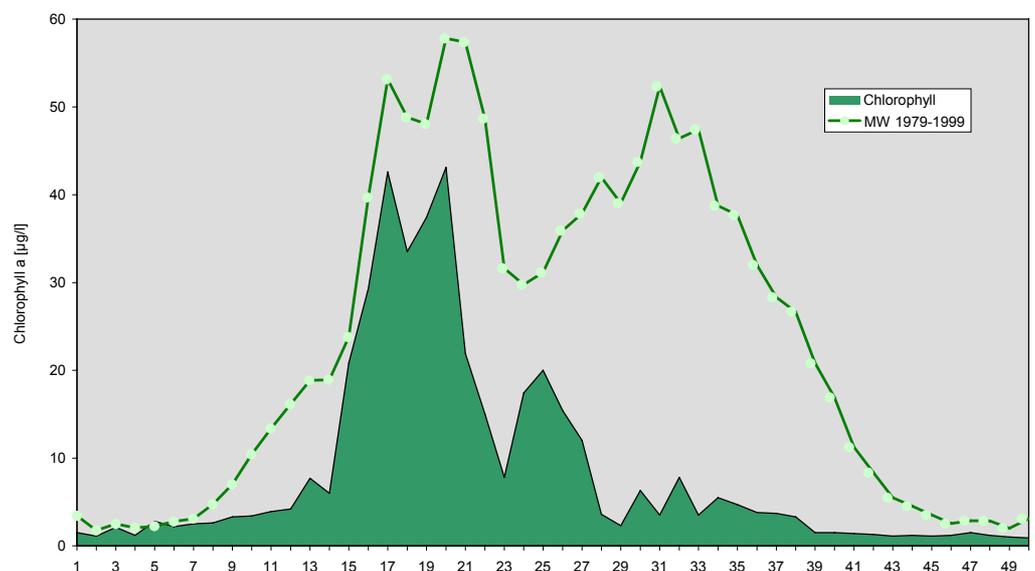


kleinen Flagellaten der Gattung *Chlamydomonas*, *Marvania geminata* (Durchmesser zwischen 2,7 und 4,2 μm) und winzigen, nicht zweifelsfrei bestimm- baren Grünalgen (μ -Algen mit Durchmessern unter 3 μm) wurde eine nennenswerte Vermehrung festge- stellt. Bis zum 25.04. wurde ein gleichmäßiger Anstieg der Zellzahlen registriert. An diesem Untersuchungs- tag traten erstmalig die kettenbildenden zentrischen Kieselalgen *Skeletonema potamos* und *subsalsum* mit hohen Zellzahlen auf. Mit insgesamt 10.800 Zellen/ml stellten sie über 40 % der Gesamtzellzahl. Während des ganzen Sommers wurden für diese beiden Arten hohe Zelldichten bis max. 32.000/ml (16.05.) ermittelt. Damit stellten sie an diesem Tag 71 % der Gesamtzahl. Nach dem kurzfristigen Rückgang der Phytoplankton- zahlen am 02.05. folgte für zwei Wochen ein gleich- mäßiger Anstieg auf 44.800 Zellen/ml, dem Maximum des Jahres. Der sich anschließende Rückgang der Zellzahlen betraf alle Algenklassen. Zwar traten vermehrt Grünalgen auf, erreichten aber maximal 33,3 %

(06.06.) bzw. 45,0 % an der Gesamtzahl am 12.07. Das zweite Maximum zur Jahresmitte wurde erneut von zentrischen Kieselalgen bestimmt. Neben den beiden *Skeletonema*-Arten überwogen kleine Formen der Gattung *Cyclotella*. Ab dem 19.06. wurde auch kontinuierlich *Spermatozopsis* spp. gefunden, winzige grüne Flagellaten, die bis Mitte September mit Zell- zahlen bis 1.300 Zellen/ml auftraten. Damit stellten sie zeitweise bis zu 70 % der gesamten Grünalgen. Die Wochen nach dem 18.07. waren charakterisiert durch ungewöhnlich niedrige Phytoplanktongehalte. Ledig- lich am 08.08. wurden noch einmal Werte von knapp 10.000 Zellen/ml erreicht. Die sehr niedrigen Werte im langjährigen Vergleich korrelieren mit den niedrigen Gehalten an Chlorophyll a (Abb. 3.1.4.3).

Neben den genannten Algenklassen traten während des gesamten Jahres Cryptophyceae (Schlundflagel- laten) auf. Ihre häufigsten Vertreter waren verschiede- ne *Rhodomonas*-Arten, deren Entwicklungsschwer-

Abb. 3.1.4.3:
Chlorophyll a-Gehalt im
Rhein bei Kleve Bimmen
für 2000 und Mittelwerte
der wöchentlichen
Messungen über die Jahre
1979 bis 2000

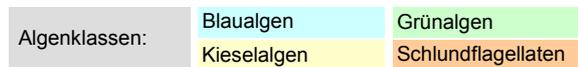


punkt in der ersten Jahreshälfte lag. Ihre maximale Zellzahl wurde am 29.05. mit knapp 1.200 Zellen/ml ermittelt. Vertreter der Gattung *Cryptomonas* wurden seltener gefunden. Ihr Maximum erreichten sie am 09.05. mit 128 Zellen/ml. Der Prozentanteil dieser Gruppe erreichte nur während der Zeit niedriger Gesamtzellzahlen Werte über zehn. Vertreter der Chrysophyceae (Goldgelbalgen) wurden besonders im zeitigen Frühjahr gefunden mit Maximum am 18.04. (320 Zellen/ml). In Tabelle 3.1.4.2 sind die wichtigsten Phytoplanktonarten mit den Angaben über die Häufigkeit ihrer Funde in Prozent (Stetigkeit) und dem Mittelwert der gefundenen Zellzahlen zusammengestellt. Die Angaben beziehen sich auf die Vegetationsperiode vom 01.03. bis zum 31.10. (35 Wochen).

Zusätzlich zu den Zellzahlen wurde für jede Algenart das Zellvolumen bestimmt. Dazu wurden die Zellen vermessen. Entsprechend ihrer Zellform wurde ihnen ein geometrischer Körper zugeordnet und ihr Volumen berechnet. In Abb. 3.1.4.4 sind die Prozentanteile der so ermittelten Volumina für die verschiedenen Algenklassen dargestellt. Sie macht den überwiegenden Anteil der Kieselalgen (Bacillariophyceae) deutlich. Dagegen waren alle anderen Algenklassen von geringer Bedeutung. Grünalgen (Chlorophyceae) und Blaualgen (Cyanoprokaryota) waren zahlenmäßig zwar auch relativ häufig vertreten, machten aber wegen der überwiegend kleinen Zellen nur einen geringen Anteil am Gesamtvolumen aus. Schlundflagellaten (Cryptophyceae) dagegen stellten mit den verhältnismäßig großen Zellen der Gattung *Cryptomonas* einen vergleichsweise großen Volumenanteil während der vegetationsarmen Zeit.

Tab. 3.1.4.2: Die häufigsten Phytoplanktonarten, die 2000 im Rhein bei Kleve-Bimmen gefunden wurden.

Art	Stetigkeit (%)	Mittel (Zellen/ml)
<i>Skeletonema potamos</i>	91,4	1987,4
<i>Skeletonema subsalsum</i>	100,0	1669,2
<i>Cyclotella</i> spp. D. < 5 µm	100,0	1027,7
Chlorophyta kugelig D. < 3 µm	100,0	628,4
<i>Cyclotella</i> spp. D. 5-10 µm	100,0	508,1
<i>Stephanodiscus</i> spp. D. 5-10 µm	100,0	461,8
<i>Rhodomonas minuta</i> , incl. var. nannopl.	100,0	367,3
<i>Spermatozopsis</i> spp.	82,9	358,8
<i>Stephanodiscus parvus</i>	88,6	347,3
<i>Cyclostephanos invisitatus</i>	100,0	298,0
<i>Stephanodiscus</i> spp. D. 10-15 µm	100,0	285,5
Chlorophyta kugelig D. 3-6 µm	97,1	190,7
Chlorophyta kugelig kol. D. < 3 µm	80,0	156,7
<i>Cyclotella atomus</i>	65,7	141,5
<i>Marvania geminata</i>	48,6	114,4
<i>Merismopedia</i> spp. D. < 2 µm	14,3	111,9
<i>Planktothrix agardhii</i> / <i>rubescens</i>	91,4	101,7



Chlorophyll a

In Abb. 3.1.4.3 ist der Jahresgang des Chlorophyll a-Gehaltes im Rhein bei Kleve-Bimmen dargestellt. Er entsprach im wesentlichen der Entwicklung der Phytoplankton-Gesamtzellzahl diesen Jahres, zeigte jedoch wesentlich niedrigere Spitzen am 16.05. (20. Woche) und 19.06. (25. Woche) als sie für die Zellzahlen ermittelt wurden. Dies ist offensichtlich auf den sehr hohen Anteil der Kieselalgen *Skeletonema potamos* und *subsalsum* (20. Woche) und *Cyclotella* spp. (25. Woche) zurückzuführen. Es handelte sich dabei um Arten mit kleinen Zellen, die

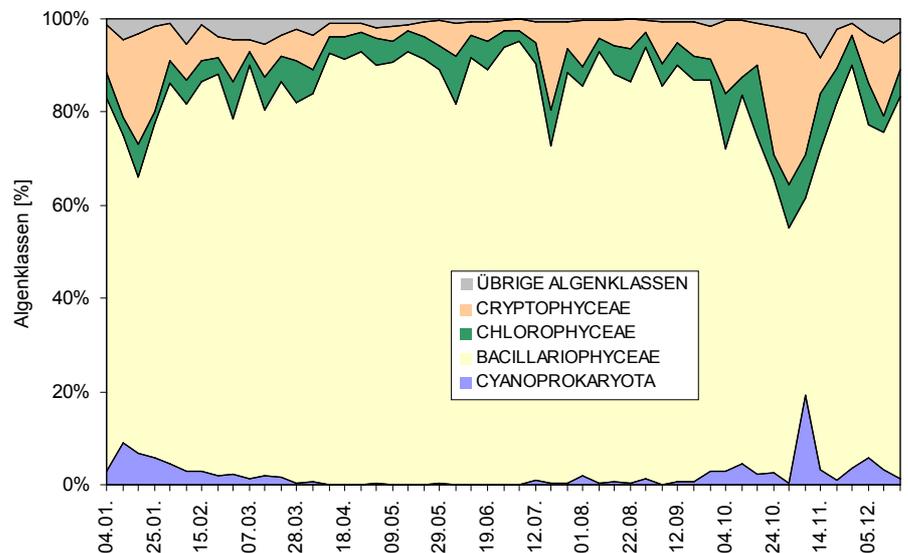


Abb. 3.1.4.4: Anteile der einzelnen Algenklassen am Gesamtvolumen des Phytoplanktons im Rhein bei Kleve-Bimmen für 2000

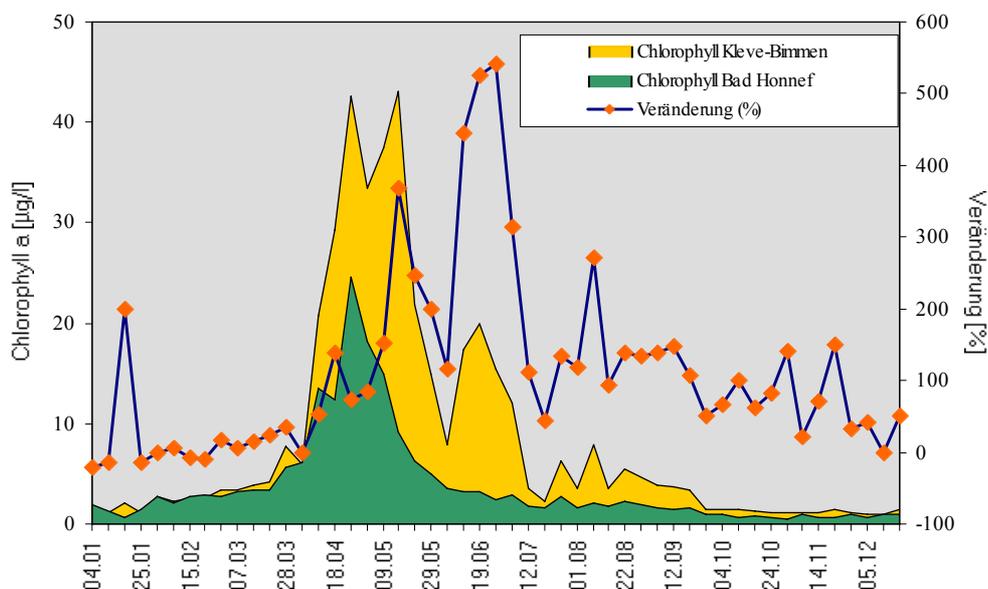


Abb. 3.1.4.5:
Chlorophyll a-Gehalt im Rhein
bei Bad Honnef für 2000
und dessen Änderung bis
Kleve-Bimmen (in %)

entsprechend wenig Chlorophyll aufweisen. In Abb. 3.1.4.3 ist auch der jeweilige Wochen-Mittelwert 1979 bis 1999 des Chlorophyll a-Gehaltes aufgeführt. Er macht die allgemein niedrigen Chlorophyllwerte im Jahre 2000 deutlich, besonders aber die nur geringe Entwicklung des Phytoplanktons im Sommer.

Im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt von Bad Honnef bis Kleve-Bimmen wurde im Jahre 2000 zumeist eine Zunahme an Chlorophyll a gemessen, die bis zu 540 % betrug (Abb. 3.1.4.5). Eine besonders hohe Vermehrung des Phytoplanktons auf der rund 220 km langen Fließstrecke wurde in der Zeit mit hohen Anteilen von kleinzelligen Kieselalgenarten festgestellt. In Tabelle 3.1.4.3 sind die Jahresmittelwerte von Chlorophyll a, die an den vier Messstellen am Rhein in den letzten sechs Jahre ermittelt wurden, zusammengestellt.

Zooplankton

Neben den Algen gehören zur Lebensgemeinschaft Plankton auch die überwiegend mikroskopisch kleinen, frei schwebenden oder aktiv schwimmenden Tiere, das sogenannte Zooplankton. Ihre Arten und Häufigkeiten wurden im Jahre 2000 an den Messstellen in Bad Honnef und Kleve-Bimmen 14-tägig bestimmt. Es überwogen die Rädertiere (Rotatorien) und hier – neben weichhäutigen, nicht eindeutig bestimmbar, Formen – besonders Arten der Gattung *Keratella*, während u. a. die Gattungen *Brachionus* und *Polyarthra* seltener vertreten waren. Im Rhein bei Bad Honnef wurden maximal 71, bei Kleve-Bimmen 116 Tiere im Liter gefunden. Da das Phytoplankton die Nahrungsgrundlage des Zooplanktons bildet, lag seine Hauptentwicklungszeit im Frühjahr, zur Zeit hoher Chlorophyllwerte. Der Entwicklungsgang für die Vegetationsperiode ist in Abb. 3.1.4.6 dargestellt. Ein Vergleich mit den Zahlen aus dem Jahre 1990 macht deutlich, dass im Jahr 2000 das Maximum sowohl des Chlorophyllgehaltes als auch der Anzahl gefundener Tiere stark zurück gegangen ist, und nur etwa 30 bzw. 10 Prozent erreichte. (Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der Größenachsen y und y1 in den beiden Jahren.)

Tab. 3.1.4.3: Chlorophyll a-Gehalt im Rhein von
1995 bis 2000 (µg/l)

Messstelle	Strom-km	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Bad Honnef	640	7,0	9,1	6,4	3,0	8,4	3,7
Düsseldorf-Flehe	732	8,6	9,3	8,0	3,6	9,5	5,2
Duisburg-Walsum	792	11,2	12,6	10,3	5,1	11,4	6,5
Kleve-Bimmen	865	13,5	16,6	11,2	6,8	13,7	8,3

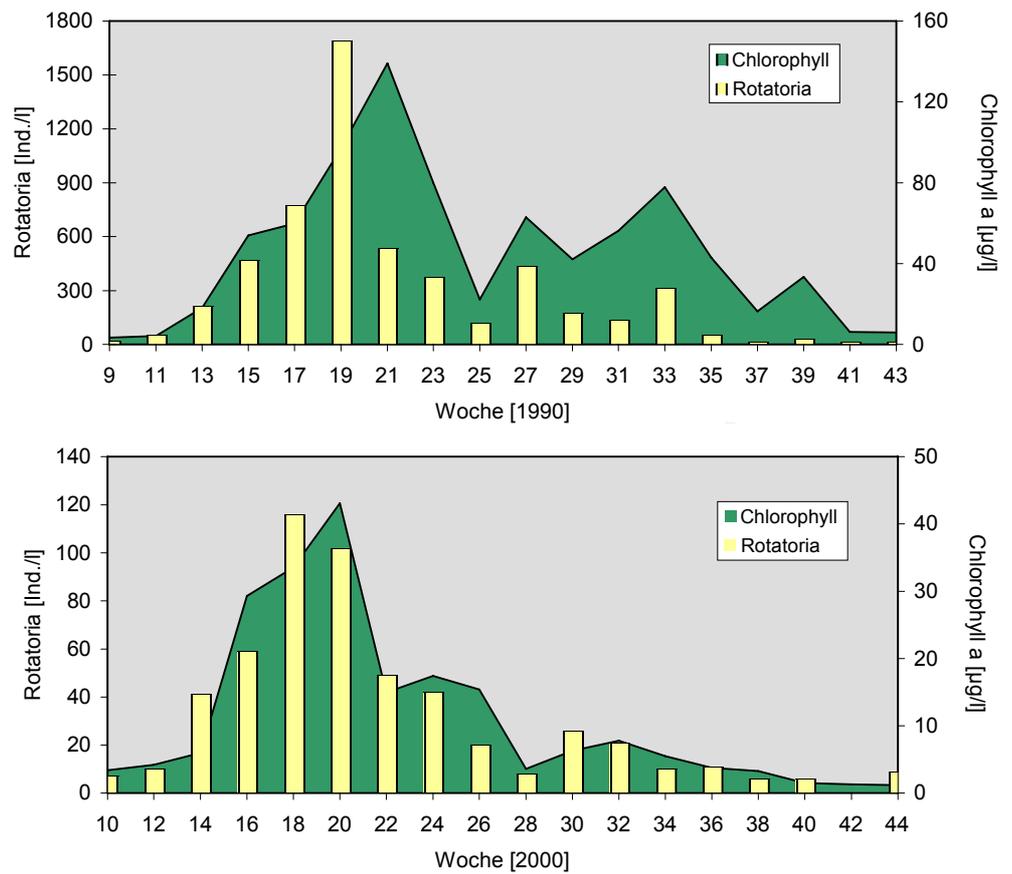


Abb. 3.1.4.6:
Anzahl der Rotatoria und Chlorophyll a-Gehalt im Rhein bei Kleve-Bimmen für 1990 und 2000

Bakteriologische Wasserqualität

Bei der Ermittlung von Gewässergüteklassen für Fließgewässer anhand des **Saprobienindex** werden mikrobiologische Daten nicht berücksichtigt. Dabei sind diese Daten eine sinnvolle Ergänzung zur Bewertung eines Fließgewässers, da den Bakterien eine große Bedeutung bei der Selbstreinigung in den Gewässern zukommt. So besteht beispielsweise zwischen der organischen Belastung eines Fließgewässers und der Anzahl aerober, heterotropher Mikroorganismen (Bestimmung über den Parameter **Koloniezahl**) meist ein direkter Zusammenhang: In biologisch stark produktiven, eutrophen Gewässern ist die Koloniezahl meist hoch. Bei Abwasserbelastung steigt der Keimgehalt rapide an, um danach mit fortschreitender biologischer Selbstreinigung, d.h. hier Mineralisierung der Belastung abzunehmen (Popp 1998).

Eine weitere wertvolle und zweckmäßige Ergänzung für die Bewertung eines Fließgewässers stellt die nutzungsorientierte hygienisch-bakteriologische Einstufung der Wasserqualität anhand von **Fäkalindikatorbakterien** dar. Sie stammen ursprünglich aus dem Darm von Warmblütern und werden durch Abwassereinleitungen und Oberflächenabschwem-

mungen von landwirtschaftlich genutzten Flächen in die Gewässer eingetragen. Da Fäkalien jederzeit auch Krankheitserreger enthalten können, zeigt die Zahl der Fäkalindikatorbakterien die hygienische Belastung eines Gewässers mit Fäkalien und damit potentiell mit Krankheitserregern an. Viele Nutzungsarten wie zum Beispiel Baden, Wassersport, sowie Gewinnung von Trink- und Beregnungswasser hängen von der hygienischen Qualität des Wassers ab.

Tab. 3.1.4.4: Zuordnung der Koloniezahl zu den bakteriologischen Wassergüteklassen von Fließgewässern

Wassergüte-Hauptklasse	Belastung	Koloniezahl
I	unbelastet bis sehr gering	< 200
II	mäßig	> 200 – 5.000
III	stark	> 5.000 – 200.000
IV	übermäßig	> 200.000

In Nordrhein-Westfalen wird daher ergänzend zu den **Gewässergüteklassen**, die auf der Basis des Saprobienindex ermittelt werden, die mikrobiologische Beschaffenheit des Rheins in Anlehnung an das siebenstufige Bewertungsschema von Popp (1998)

bestimmt: Hierbei werden zum einen anhand der Koloniezahl „bakteriologische“ **Wassergüteklassen** (I-IV) und anhand der Zahl der Fäkalindikatorbakterien „hygienische-bakteriologische“ **Wasserqualitätsstufen** (1 – 7) ermittelt.

In Tabelle 3.1.4.4 ist die Zuordnung der Koloniezahl zu den bakteriologischen Wassergüteklassen aufgeführt. Die hierbei den „Wassergüte-Hauptklassen“ (I, II, III, IV) zugeordneten Koloniezahlen decken den ganzen Bereich der im Gewässer normalerweise vorkommenden Koloniezahlen in Form der 50-Perzentile ab. Anhand der 80-Perzentie kann eine Zuordnung zu den „Wassergüte-Zwischenklassen“ (I-II, II-III, III-IV) erfolgen: Dies ist der Fall, wenn das 80-Perzentil in eine andere Wassergüte-Hauptklasse als das 50-Perzentil der dazugehörigen Probenahmestelle fällt.

Das nutzungsorientierte hygienisch-bakteriologische Bewertungsschema mit sieben „Wasserqualitätsstufen“ ist in Tabelle 3.1.4.5 dargestellt. Es ist im Hinblick auf die EG-Richtlinie über die Qualität der Badegewässer und anhand von Ergebnissen der Bayrischen Landesanstalt für Wasserforschung an Fließgewässern aufgestellt worden.

stuft werden (siehe Tab. 3.1.4.6). Dieser positive Trend ist dagegen an der Probenahmestelle Duisburg-Walsum nicht zu beobachten. Seit drei Jahren muss diese Probenahmestelle aufgrund ansteigender Koloniezahlen in die bakteriologische Wassergüteklasse III (stark belastet) eingeordnet werden.

Hinsichtlich der hygienisch-bakteriologischen Wasserqualitätsstufen ist seit 1995 keine Veränderung zu beobachten: es wurde an allen Probenahmestellen die Wasserqualitätsstufe „5“ (stark belastet) ermittelt. Jedoch ist im Gegensatz zu den leicht sinkenden Zahlen an den anderen drei Probenahmestellen in Duisburg-Walsum wiederum ein Anstieg der Zahl der Fäkalindikatorbakterien festzustellen. Gründe für die erhöhte mikrobiologische Verunreinigung an dieser Probenahmestelle sind bisher nicht bekannt. Infolgedessen wird auch 2001 eine verstärkte mikrobiologische Untersuchung des Duisburger Rheinabschnittes erfolgen.

Die hygienisch-bakteriologische Beschaffenheit (Wasserqualitätsstufe) ist neben weiteren Kriterien oftmals ein maßgeblicher Parameter bei der nutzungsorientierten Bewertung eines Gewässers. So sind zum Beispiel in Bezug auf die hygienisch-bakteriologischen Quali-

Tab. 3.1.4.5: Einteilung der hygienisch-bakteriologischen „Wasserqualitätsstufen“ (Belastungsstufen für die Bewertung der nutzungsbezogenen Wasserqualität anhand von Fäkalindikatorbakterien (MPN = most probable number) in Anlehnung an Popp 1998

Wasserqualitätsstufe	Belastung	gesamtcoliforme Bakterien [MPN]	fäkalcoliforme Bakterien [MPN]
1	unbelastet bis sehr gering	< 5	< 1
2	gering	5 – 50	1 – 10
3	mäßig	51 – 500	11 – 100
4	kritisch	501 – 5.000	101 – 1.000
5	stark	5.001 – 50.000	1.001 – 10.000
6	sehr stark	50.001 – 500.000	10.001 – 100.000
7	übermäßig	> 500.000	> 100.000

Die mikrobiologische Wasserqualität des Rheins wird in NRW routinemäßig an vier Probenahmestellen überprüft. An den Probenahmestellen Bad Honnef, Düsseldorf-Flehe sowie Kleve-Bimmen zeigt sich seit 1995 aus mikrobiologischer Sicht ein ähnliches Bild:

Die bakteriologische Wassergüteklasse ist meist II (mäßig belastet) bzw. II-III (kritisch belastet). Erfreulicherweise können alle drei genannten Probenahmestellen in 2000 aufgrund des Rückganges der Koloniezahl in die bakteriologische Wassergüteklasse II einge-

tätsanforderungen an Badegewässer die mikrobiologischen Untersuchungen unentbehrlich.

Die hygienisch-bakteriologischen Untersuchungen stellen zudem eine wichtige Ergänzung zu anderen biologischen Untersuchungsmethoden dar. Dies wird beim Vergleich der Einstufung der biologischen Gewässergüteklassen anhand des Saprobienindex und der Wasserqualitätsstufen deutlich: Die Gewässergüteklasse (seit 1995 an allen vier Probenahmestellen „II“) und die Wasserqualitätsstufe (seit 1995 an allen

Tab. 3.1.4.6: Mikrobiologische Wasserqualität des Rheins in NRW (1995 – 2000)

Probenahmestelle	Parameter	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Bad Honnef (km 640)	Bakteriologische Wassergüteklasse (Koloniezahl)	II-III	II-III	III	II-III	II-III	II
	Hyg.-bakt. Wasserqualitätsstufe (Fäkalindikatorbakterien)	5	5	5	5	5	5
Düsseldorf -Flehe (km 729)	Bakteriologische Wassergüteklasse (Koloniezahl)	II-III	II	II	II-III	II-III	II
	Hyg.-bakt. Wasserqualitätsstufe (Fäkalindikatorbakterien)	5	5	5	5	5	5
Duisburg-Walsum (km 792,5)	Bakteriologische Wassergüteklasse (Koloniezahl)	III	II-III	II-III	III	III	III
	Hyg.-bakt. Wasserqualitätsstufe (Fäkalindikatorbakterien)	5	5	5	5	5	5
Kleve-Bimmen (km 865)	Bakteriologische Wassergüteklasse (Koloniezahl)	II-III	II-III	II-III	II-III	II-III	II
	Hyg.-bakt. Wasserqualitätsstufe (Fäkalindikatorbakterien)	5	5	5	5	5	5

vier Probenahmestellen „5“ stimmen nicht überein. Der nordrhein-westfälische Rheinabschnitt erfüllt mit der biologischen Gewässergüteklasse II nicht die hygienisch-bakteriologischen Standards von Badegewässern und ist zum Baden ungeeignet. Dies gilt unabhängig davon, dass das Baden im Rhein auch aus

anderen Gründen (Schiffsverkehr, Strömung) viel zu gefährlich ist. Dieses Ergebnis ist aufgrund der Vielzahl an Schiffen und Abwassereinleitungen nicht verwunderlich. Langfristig ist, auch im Hinblick auf die Trinkwassergewinnung, eine Reduzierung der hygienischen Belastung des Rheines anzustreben.

3.1.5 Warn- und Alarmdienst Rhein

In den Jahren 1996 bis 2000 wurden dem Landesumweltamt NRW insgesamt 87 Ereignisse über den Internationalen Warn- und Alarmdienst Rhein gemeldet (1996: 26 Fälle, 1997: 25 Fälle, 1998: 9 Fälle, 1999: 14 Fälle, 2000: 13 Fälle). Von diesen nachfolgend zusammengestellten Schadensfällen am Rhein konnten im Rahmen der im Kapitel 2.2 beschriebenen Intensivierten Gewässerüberwachungsorganisation

jährlich auftreten, liegt ihre Anzahl 1997 mit acht Ereignissen außergewöhnlich hoch. Die Ölschadensfälle sind 1998 und 2000 mit drei und 1999 mit zwei Fällen im Vergleich zu den Vorjahren (1996 und 1997: 9 Fälle) erfreulich niedrig. Die Anzahl der Betriebsstörungen in der chemischen Industrie hat sich über die Jahre auf ein Niveau von rund zehn Ereignissen pro Jahr eingependelt.

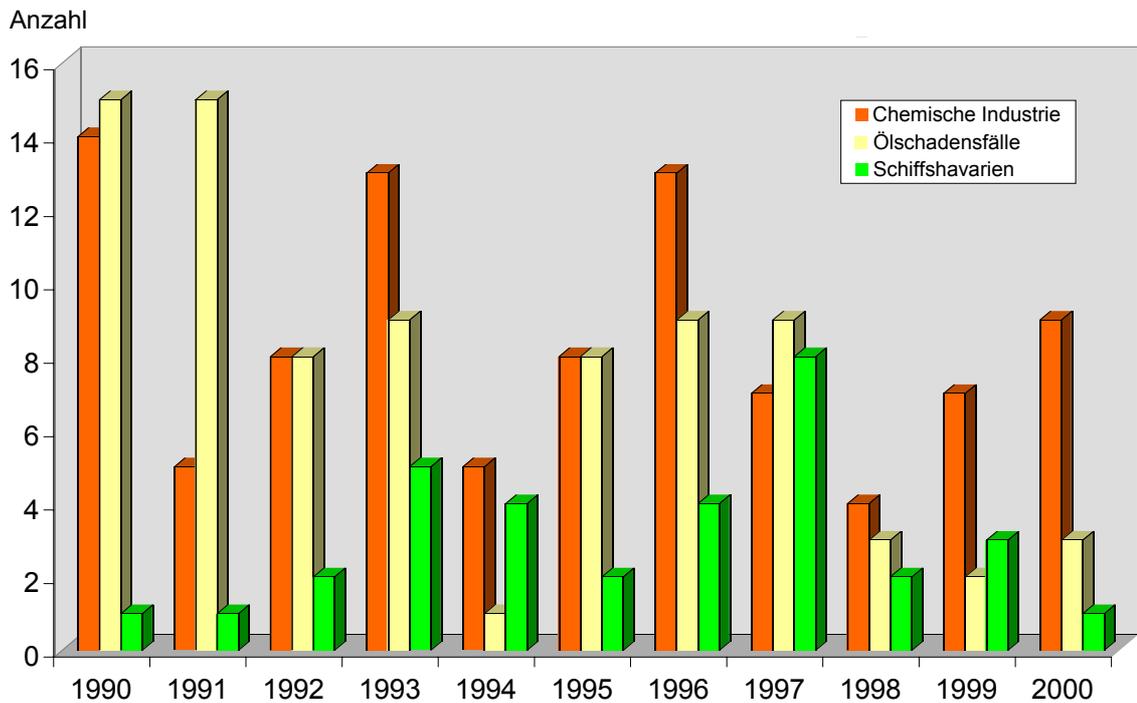


Abb. 3.1.5.1: Entwicklung der dem Landesumweltamt NRW im Rahmen des Internationalen Warn- und Alarmdienstes Rhein gemeldeten Schadensfälle

(INGO) 13 Gewässerverunreinigungen aufgedeckt werden, die aus NRW stammen. In vier Fällen war es möglich, den Verursacher zu ermitteln.

Mit insgesamt nur neun Schadensereignissen fällt das Jahr 1998 gegenüber anderen Jahren positiv auf. Während in der Regel zwei bis vier Schiffshavarien

Die in Abb. 3.1.5.1 dargestellte Schadensfallstatistik für den Zeitraum 1988 bis 2000 lässt erkennen, dass sich die insgesamt rückläufige Entwicklung auch in den Jahren 1996 bis 2000 weiter fortsetzt.

Über den Warn- und Alarmdienst „Rhein“ weitergeleitete Meldungen in den Jahren 1996 – 2000

1996

- 12.01. Die Bayer AG, Werk Leverkusen, meldete die Einleitung von 150 – 200 kg Isopropylalkohol (WGK 1) über den Kühlwasserauslauf in den Rhein (km 699,2). Die Analyseergebnisse des LUA bestätigten die von der Firma Bayer angegebene Einleitungs menge.
- 16.01. Die BASF AG, Werk Ludwigshafen, meldete die Einleitung von 200 kg N-Cyanoethylethanolamin, 2000 kg N,N-Diisobutylformamid (WGK 2), 800 kg 2,5-Dihydro-2,5-Dimethoxy-furan (WGK 1) und 500 kg Dimethylamino-propionitril (WGK 1) nach einer Explosion über den Kühlwasserauslauf in den Rhein (km 427). In NRW waren lediglich die Substanzen N,N-Diisobutylformamid und 2,5-Dihydro-2,5-Dimethoxyfuran im Rhein nachweisbar.
- 27.01. Unfall in einem Vakuumschleudertrockner bei der Firma AGREVO, Hoechst AG, Werk Griesheim, bei dem ca. 1t Isoproturon (WGK 1) in die Luft gelangte. Davon schlugen sich ca. 8 kg auf den Main (km 27,6) nieder.
- 28.01. Betriebsunfall bei der Hoechst AG, Hauptwerk, bei dem 1,5 t 4-Amino-Anti-Pyrin-Sulfonsäure über den Bio-Kanal und die Kläranlage in den Main gelangten.
- 02.02. Ölfilm auf dem Rhein (km 473 – 514) über die gesamte Strombreite. Es handelte sich vermutlich um ein Mineralölprodukt. Der Verursacher ist unbekannt.
- 10.02. Beim Bunkern des TMS „Reesenbüttel“ gelangten ca. 500 l Diesekraftstoff an der Bunkerstation Esso in den Rhein (km 427,8).
- 23.02. Bei der Hoechst AG, Werk Hoechst, ereignete sich eine Betriebsstörung, bei der 50 – 100 kg p-Chlor-o-Nitroanilin (WGK 2) über den Biokanal in den Main gelangten.
- 07.03. Die Bayer AG, Werk Leverkusen, meldete, dass bei der Verladung ca. 2 kg 4-Nitrotoluol (WGK 2) aufgrund eines undichten Ventils ausgetreten sind. Aufgrund der niedrigen Temperaturen wurde die Substanz sofort fest und konnte nach dem Legen von Ölsperren vollständig abgesaugt werden.
- 28.03. Havarie des TMS „Sarah“ bei Rhein-km 682, Ladung: 1100 t Gasöl, ausgetretene Menge: ca. 23 m³. Ein 53 km langer Ölfilm über die gesamte Strombreite wurde beobachtet.
- 15.04. Ölfilm auf dem Rhein (km 510 – 540) über die gesamte Strombreite. Es handelte sich vermutlich um Bilgenöl. Der Verursacher ist nicht bekannt.
- 06.05. Havarie auf dem Rhein bei km 845. Über zwei Stunder traten ca. 6,7 m³ Gasöl aus.
- 10.05. Zwischen Rhein-km 507 und 510 bedeckt ein Ölfilm (mineralölhaltiges Produkt) die gesamte Strombreite. Der Verursacher ist nicht bekannt.
- 31.05. Schiffshavarie bei Rhein-km 831. Ein 5 km langer Ölteppich über die gesamte Strombreite war zu beobachten.
- 25.06. Die Wasserschutzpolizei Duisburg meldete, dass bei Köln Rodenkirchen zwischen Rhein-km 681 und 689 ein Ölfilm beobachtet wurde.
- 26.06. 10 km langer Ölfilm auf dem Rhein bei km 670. Der Verursacher ist nicht bekannt.
- 25.07. 3 km langer Ölfilm auf dem Rhein zwischen km 496-499, rechts. Vermutlich handelte es sich um Altöl; der Verursacher ist nicht bekannt.
- 05.09. Aufgrund einer geplatzten Metallschlauchverbindung gelangten ca. 800 kg N-Methyldiethanolamin (WGK 1) über den Kläranlagenablauf der Firma BASF bei km-433,2 in den Rhein.
- 13.09. 22 km langer Ölfilm auf dem Rhein bei km 515-537, teilweise über die gesamte Strombreite. Vermutlich handelte es sich um Mitteldestillat. Der Verursacher ist nicht bekannt.
- 14.09. Bei der Entwässerung eines Cracktanks bei der Erdölchemie Köln-Worringen gelangten aufgrund eines defekten Abscheiders ca. 300 kg Benzol/Toluol (WGK 3/2) über die Kläranlage der Firma Bayer AG, Werk Dormagen, in den Rhein.

1996 – Fortsetzung

- 13.10. Im laufenden Betrieb des Zinkoxidbetriebes der Bayer AG, Werk Uerdingen, wurden ca. 400 kg Zinksulfat (WGK 1) über den Rheinwasserkanal in den Rhein eingeleitet (km 766,8).
- 16.10. Durch Beschädigung eines Fasses gelangten bei der Hoechst AG max. 200 l Resorcin (WGK 1) über den Main in den Rhein.
- 18.10. Ein Bilgenentölerboot meldete, dass sich bei Mannheim über die gesamte Strombreite (km 415-428) ein dünner Ölfilm erstreckt. Es handelte sich vermutlich um Gasöl oder Bilgenwasser.
- 23.10. Die RIZA meldete erhöhte Werte an Carbamazepin im Rhein bei Lobith. Einziger Hersteller ist die Firma Ciba in der Schweiz. Im entsprechenden Untersuchungszeitraum lag die tägliche Abwasserfracht bei ca. 110 kg/d statt wie üblich bei 30 kg/d.
- 26.10. Die BASF AG, Werk Ludwigshafen, meldete den Austritt von 2 t Formaldehyd (WGK 2) über den Kühlwasserauslaß in den Rhein (km 428). Die Substanz war in NRW analytisch nicht nachweisbar. Keine Auffälligkeiten bei den Biotests in Bad Honnef und Düsseldorf.
- 16.12. Rohrleitungsleckage im Werk Hoechst. Es traten etwa 6 m³ quecksilberhaltige Kochsalzlösung mit insgesamt etwa 70 g Quecksilber (WGK 3) in den Main aus.
- 22.12. Festfahren des TMS „Union II“, beladen mit 2100 t Gasöl, bei Rhein-km 358,5. Gasöl trat aus. Die Schifffahrt wurde zwischen Schleuse Iffezheim (km 334) bis Germesheim (km 384) gesperrt. Es traten ca. 2000 l Gasöl aus.

1997

- 05.01. Im Rahmen von INGO wurde an der Messstelle Kleve-Bimmen (Rhein-km 865) ein Gemisch verschiedener organischer Einzelsubstanzen nachgewiesen. Ein Verursacher konnte nicht ermittelt werden.
- 16.01. Kollision zweier Motorschiffe bei Rhein-km 723, Düsseldorf-Reisholz. Hierbei schlug eines der Schiffe, welches mit 120 000 l leichtem Heizöl beladen war, leck. An den LUA Messstationen wurden folgende maxi-

male Kohlenwasserstoffkonzentrationen bestimmt:

Düsseldorf-Flehe:

16./17.01., 23:00 – 07:00 Uhr: 0,7 mg/l

Düsseldorf-Rathausufer:

17.01., 00:00 – 08:00 Uhr: 0,4 mg/l

Der Dynamische Daphnientest und der Muschelmonitor zeigten in der Station Rathausufer auffällige Reaktionen an; eine deutliche Beeinträchtigung des Lebensraumes von Tieren und Pflanzen war im Bereich zwischen Rhein-km 723 bis 726 zu beobachten.

- 18.01. Schiffsuntergang infolge Kollision bei Rhein-km 857. Das gesunkene Schiff hatte Kies geladen. Es trat kein Öl aus.
- 20.01. Kollision zweier Schiffe, von denen gerade eines betankt wurde. Hierdurch riss der Verbindungsschlauch ab und ca. 1,5 – 2 t Heizöl gelangten in das Hafenbecken Köln-Niehl und von hier aus auch in den Rhein (km 679).
- 20.01. Im Rahmen von INGO wurden erhöhte Benzolkonzentrationen (6,2 µg/l) (WGK 3) an der Messstation Rathausufer, Rhein-km 744, bestimmt.
Korrelierend wurde Benzol in Proben aus Kleve-Bimmen (4,9 µg/l) nachgewiesen. Es handelte sich um ein lokal begrenztes Ereignis im Bereich von Düsseldorf, dessen Verursacher nicht ermittelt werden konnte.
- 23.02. Leckage im Ladetank 1 des TMS „Wilhelm Beckmann“. Hierbei trat eine unbekannte Menge Gasöl aus. Ein Ölfilm bedeckte die gesamte Strombreite zwischen Rhein-km 539-587.
- 25.02. Havarie eines mit 18 t Split beladenen Gütermotorschiffes bei Assmannshausen, Rhein-km 531,2. Austritt von Dieselmotorschiff und Bilgenöl. Ölfilm zwischen km 532 und 551 über die gesamte Strombreite.
- 18.03. Grundberührung des TMS „Michael“ bei Rhein-km 647,5. Hierbei sind 3 von 5 Tanks unterhalb der Wasserlinie aufgerissen. Es traten 2 – 200 t Dieselmotorschiff aus.
- 20.03. Schillernder, stark zerfahrener Ölfilm bei Rhein-km 613-657. Der Verursacher ist nicht bekannt.

1997 – Fortsetzung

- 21.03. Rhein-km 510: Vermutlich Einleitung von Tankwaschwasser. Ölfilm von ca. 30 km Länge. Der Verursacher ist unbekannt.
- 31.03. Infolge eines geplatzten Absperrventils der Löschleitung erfolgte beim Betanken des TMS „Mercator“ durch die Erdöl Chemie Bayer Leichtbenzinaustritt (0,5 – 1 m³) in den Rhein (km 710,8).
- 03.04. Schillernder Ölfilm bei Rhein-km 360-378. Die Verunreinigung wurde vermutlich von einem Schiff verursacht. Der Verursacher ist nicht bekannt.
- 15.04. Schiffshavarie bei Rhein-km 748, bei der leichtes Heizöl austrat und eine 10 km lange Fahne über die halbe Strombreite bildete. Die Wasserschutzpolizei schätzte die ausgelaufene Menge auf 7 – 10 t Heizöl. Bei einer biologischen Untersuchung des Uferbereiches wurden keine Spuren von Heizöl beobachtet.
- 21.04. Aufgrund eines betrieblichen Notfalls öffnete sich aus unbekannter Ursache der Schieber eines Abwassersystems und Abwasser floss in den Main (km 106).
- 25.04. 14 km langer Ölfilm zwischen Rhein-km 651-665 über die halbe bis gesamte Strombreite. Es handelte sich vermutlich um Bilgenwasser. Der Verursacher ist nicht bekannt.
- 22.05. Schiffshavarie mit Leckage und Ladungsverlust bei Rhein-km 709. Laut Information der Wasserschutzpolizei trat lediglich eine geringe Menge Gasöl aus.
- 29.07. 30 kg Chlorbenzol (WGK 2) wurden durch die Firma Hoechst AG über eine Stunde in den Main (km 23,8) eingeleitet. Die Substanz war in NRW nicht nachweisbar.
- 11./12.08. Aufgrund der Undichtigkeit eines Membranfilters wurden 0,04 t Duasyn-Brilliantrot F3B (WGK 2 nach Selbsteinstufung) in den Main (km 44/45) eingeleitet, was zur Rotfärbung des Gewässers führte.
- 12.08. Gewässerverunreinigung bei Rhein-km 835-854 vermutlich durch Öl über die gesamte Strombreite. Der Verursacher ist nicht bekannt.
- 19.09. Ölfilm zwischen Rhein-km 393-404. Die Verunreinigung wurde vermutlich durch ein zu Tal fahrendes TMS verursacht.
- 29.09. Öllache im Krefelder Hafen (Rhein-km 765), durch ein gekentertes Schiff verursacht.
- 30.09. Zerfahrene Ölspur auf dem Rhein zwischen km 739-747. Der Verursacher ist unbekannt.
- 15.11. Im Rahmen von INGO detektierte das LUA in Kleve-Bimmen (Rhein-km 865) Butylbenzylether mit einer maximalen Konzentration von 4 µg/l. Als Verursacher konnte die Bayer AG, Werk Dormagen (km 711), ermittelt werden.
- 19.11. Die Bayer AG, Werk Dormagen, meldete die Einleitung von ca. 100 kg Dimethylsulfid (WGK 2, vorgeschlagen) über den Kläranlagenauslauf in den Rhein (km 711,1). Im Nachgang meldete sie zusätzlich die Einleitung von ca. 1 t Dimethylsulfoxid (WGK 1, vorgeschlagen).
- 26.11. Die Firma BASF meldete eine Betriebsstörung, bei der ca. 3 t Ethylhexansäure (WGK 1) bei km 433 in den Rhein gelangten. Diese Frachtangabe konnte analytisch bestätigt werden. Eine Gefährdung der Biozönose des Rheins in NRW war nicht zu befürchten.

1998

- 28.01. Im Rahmen von INGO wurden in Düsseldorf und Kleve-Bimmen erhöhte Benzolkonzentrationen (WGK 3) festgestellt.
Maximale Konzentration:
Düsseldorf-Rathausufer (km 744,5):
6,0 µg/l;
Kleve-Bimmen (km 865): 3,7 µg/l
Es handelte sich um eine zeitlich eng begrenzte Welle im Bereich von Düsseldorf mit einer Fracht von ca. 300 kg. Trotz intensiver Recherche konnte der Verursacher nicht ermittelt werden.
- 06.02. Ölfilm über die gesamte Breite auf dem Rhein zwischen km 731 und 756. Vermutlich Bilgenölaustritt durch ein unbekanntes Schiff.
- 04.03. Aufgrund eines Schaltfehlers in der Sulfamidfabrik traten 3000 kg 3-Nitrobenzolsulfonsäure (WGK 1) über den Kläranlagenauslauf der BASF AG, Werk Ludwigshafen, linksseitig in den Rhein (km 433) aus.

1998 – Fortsetzung

- 10.04. Ca. 1000 m² großer, zerfahrener Ölfilm im Hafenbecken A, Düsseldorf (km 843). Der Verursacher ist nicht bekannt.
- 24.06. Aufgrund eines Bedienungsfehlers kam es zu einer Fehleinleitung eines Polymers auf Acrylsäureesterbasis (1 t) bei Rhein-km 164,5.
- 30.06. Schiffshavarie bei Rhein-km 736,5. Austritt von Bilgenöl und Thomas-Kali-Mehl aus dem gesunkenen Schiff. Der größte Teil der Ladung konnte geborgen werden. Im Rhein war lediglich eine leichte Erhöhung des Gesamt-P-Gehaltes zu beobachten.
- 05.07. Die BASF AG meldete eine Betriebsstörung, bei der ein Produktgemisch bestehend aus 630 kg Ethylglycol (WGK 1), 640 kg Methanol (WGK 1), 120 kg Dimethylformamid (WGK1) und 100 kg Dodecylbenzolsulfonsäure (Na Salz) (WGK 1) über einen Kühlwasserauslauf direkt in den Rhein (km 426) gelangten.
- 31.08. Mineralölfilm auf dem Rhein bei km 488.
- 25.10. Schiffskollision auf dem Rhein bei km 566. Ca. 60 t Benzin gelangten in den Rhein.

1999

- 21./ 22.01 Im Rahmen von INGO wurden in der Wasserkontrollstation Bad Honnef erhöhte Konzentrationen an Isophoron-Nitril bestimmt. Parallel zeigte der in Honnef installierte Muscheltest ebenfalls Auffälligkeiten an. Nachfolgende Ermittlungen ergaben die Firma BASF AG (Rhein-km 427,4) als Verursacher.
- 12.02 Die Firma BASF AG, Werk Ludwigshafen, meldete die Einleitung von 650 kg Methylglyoxal (WGK 2) über den Kühlwasserauslauf in den Rhein bei km 430.
- 21.02. Nach einer Schiffskollision gelangte bei Rhein-km 847 Kaliumchlorid (WGK 1) in den Rhein.
- 31.03. Im Rahmen von INGO wurden in der Wasserkontrollstation Kleve-Bimmen (km 865) erhöhte Konzentrationen an o-Xylol (WGK 2) gemessen. Der Verursacher konnte nicht ermittelt werden.
- 10.04. Ölfilm auf dem Rhein zwischen km 644 und 677. Der Verursacher ist nicht bekannt.

- 11.04. Aus der Abwasserreinigungsanlage Rhein, Kanton Basel-Landschaft, gelangten ca. 20 l mit diversen buthlylierten Phenolen beaufschlagtes, nicht gereinigtes, industrielles Abwasser bei km 156,9 in den Rhein.
- 21.04. Im Rahmen von INGO wurden in der Wasserkontrollstation Kleve-Bimmen (km 865) 50 µg/l Benzol (WGK 3) und 5 µg/l Styrol (WGK 2) bestimmt. Als Verursacher konnte ein Schiff ermittelt werden.
- 07.05. Explosion des Tankschiffes „Avanti“ bei Verladung auf dem Rhein bei Dormagen (km 710,5), bei dem 2 Menschen ums Leben kamen und mehrere Personen verletzt wurden. Aus dem gesunkenen Schiff trat ein aliphatisches Leichtbenzingemisch aus. Die biologische Untersuchung des Rheins unterhalb des Schadensortes zeigte im Nahbereich des Unfalls eine deutliche Beeinträchtigung der Biozönose.
- 11./ 12.06. Dieselölaustritt auf dem Rhein, bei Bergungsarbeiten der „Avanti“ (km 769-800).
- 22.06. Im Rahmen von INGO wurden in den Messstationen Düsseldorf-Rathausufer (km 744) und Düsseldorf-Flehe (km 732) erhöhte Konzentrationen an Ethylbenzol (WGK 1), m+p-Xylol und o-Xylol (WGK 2) bestimmt. Der Verursacher konnte nicht ermittelt werden.
- 10.07. Im Rahmen von INGO wurden in der Wasserkontrollstation Kleve-Bimmen erhöhte Befunde an Benzol (WGK 3), Toluol (WGK 2) und o-Xylol (WGK 2) bestimmt. Der Verursacher konnte nicht ermittelt werden.
- 21.07. Die BASF AG, Werk Ludwigshafen, meldete aufgrund einer Betriebsstörung die Einleitung von 800 kg 2,3,6-Trimethyl-5-Cyclohexen-1-on (WGK 1) in den Rhein (km 433). Die Substanz war im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt nicht nachweisbar.
- 15.11. Die BASF AG, Werk Ludwigshafen, meldete aufgrund einer Betriebsstörung die Einleitung von 1350 kg 2-Methyl-2-Propanol (WGK 1) über den Kläranlagenablauf in den Rhein (km 433). Die Substanz ist biologisch gut abbaubar und war im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt nicht nachweisbar.

29.11. Mineralölfilm auf dem Rhein bei km 694-703,5. Der Verursacher ist nicht bekannt.

2000

28.01. Im Rahmen INGO wurde in einer Stichprobe aus Büderich Styrol (WGK 2) gefunden. Der Verursacher konnte nicht ermittelt werden.

22./ 23.02. Butoxyethylacetat (WGK 1) im Rhein bei km 171. Der Verursacher ist nicht bekannt. Die Substanz war in NRW nicht nachweisbar.

17.05. Die Firma BASF meldet eine Gewässerunreinigung durch 1000 kg Iso-Nonanol (WGK 2). Bedingt durch eine Leckage gelangte der Schadstoff über den Kläranlagenablauf bei km 433 in den Rhein. Die Substanz war in NRW nicht nachweisbar.

26.05. Havarie beim Löschen von Gasöl (WGK 2) bei Rhein-km 168,5. Es gelangten 10.000 bis 15.000 l in den Rhein.

11.06. Die Bayer AG, Werk Uerdingen (Rhein-km 768) meldet einen erhöhten Abtrieb von Klärschlamm für ca. 3 Std. nach einem Kläranlagenausfall infolge Stromausfall.

13.06. Im Rahmen von INGO wurden in der Wasserkontrollstation Kleve-Bimmen (Rhein-km 865) erhöhte Konzentrationen an Benzol (WGK 3) bestimmt. Der Verursacher konnte nicht ermittelt werden.

03.09. Im Rahmen von INGO wurden in der Wasserkontrollstation Kleve-Bimmen (Rhein-km 865) erhöhte Konzentrationen an 1,2-Dichlorpropan (WGK 3) bestimmt. In korrespondierenden Proben aus den Messstationen Düsseldorf-Flehe und Duisburg

war die Substanz nicht detektierbar. Nachfolgende Verursachermittlungen ergaben die Firma Solvay als Verursacher.

06.09. Die BASF AG, Werk Ludwigshafen, meldet eine Betriebsstörung, in deren Folge ca. 6500 kg Dimethylolharnstoff und 3500 kg Formaldehyd über einen Kühlwasserkanal bei Rhein-km 429,9 über zwei Stunden in den Rhein gelangten. Die Substanzen waren im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt nicht nachweisbar.

14.09. Die BASF AG, Werk Ludwigshafen, meldet die Einleitung von ca. 2 t p-Methylanisol über 36 Stunden in den Rhein. Parallel wird eine zweite Betriebsstörung aufgedeckt, bei der 4-Cyano-2,6-dichlor-3-methylpyridin in den Rhein gelangte. Beide Substanzen waren im nordrhein-westfälischen Rheinabschnitt nachweisbar. Aufgrund der geringen Konzentrationen war eine akute Toxizität in NRW nicht zu befürchten.

09.10. Ölfilm auf den Rhein zwischen km 728 und 733. Der Verursacher ist unbekannt.

17.11. Im Rahmen von INGO wurden in der Wasserkontrollstation Kleve-Bimmen (Rhein-km 865) erhöhte Konzentrationen an Ethylbenzol (WGK 1) bestimmt. Der Verursacher konnte nicht ermittelt werden.

02.12. Havarie zwischen einem Tank- und einem Gütermotorschiff, bei dem der Schiffsrumpf des Tankmotorschiffs beschädigt wurde. Durch die Beschädigung gelangten ca. 64 t Gasöl (WGK 2) in den Rhein bei km 425.

07.12. Austritt von 25 t Dieselkraftstoff bei einer Schiffsumladung bei Rhein-km 868, worauf sich ein Ölfilm bis Rhein-km 710 ausbildete.

Anmerkung:

Die angegebenen Maximalkonzentrationen beziehen sich auf unterschiedliche Probeentnahmezeiträume (Stichprobe oder Mischprobe).

Zur Orientierung sind bei Einzelsubstanzen die Wassergefährdungsklassen (WGK) angegeben:

WGK 0 – im allgemeinen nicht wassergefährdender Stoff

WGK 1 – schwach wassergefährdender Stoff

WGK 2 – wassergefährdender Stoff

WGK 3 – stark wassergefährdender Stoff