



Freie Hansestadt Bremen  
Der Senator für Umweltschutz  
und Stadtentwicklung

## **Gewässergütebericht des Landes Bremen 1993**

Wasserwirtschaftsamt

Juni 1993

**Impressum:**

Herausgeber: Freie Hansestadt Bremen  
Der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung  
Hinter dem Ansgarikirchhof 14, 28159 Bremen

Bearbeitung: Wasserwirtschaftsamt Bremen  
Heinrich Meier  
Dr. Hans-Peter Weigel

Umschlagsphoto: Dunger See  
Druck: Hauschild GmbH

Papier: Diese Broschüre wurde auf  
Resa-Print (=100% Altpapier) gedruckt

Bremen 1993

Ralf Fücks  
Senator für Umweltschutz  
und Stadtentwicklung

Mit diesem Gewässergütebericht legt das Wasserwirtschaftsamt eine weitere Beschreibung des Zustandes der Bremischen Gewässer vor. Schwerpunkt dieses Berichtes sind die Auswirkungen von Niederschlagswasser, das in unsere Gewässer eingeleitet wird, sei es direkt als Regen, als Niederschlagswasser, das von befestigten oder bebauten Flächen abfließt, als Regenabschläge aus der Mischwasserkanalisation oder indirekt über Bodenpassagen.

Der Einfluß des belasteten Niederschlagswassers auf die Gewässer wird in diesem Bericht eindrucksvoll beschrieben.

Während im Gewässergütebericht 1988 von den durch Niederschlagswasser eingeleiteten Schwermetalle berichtet wurden, sind es in diesem Bericht schwerpunktmäßig schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe und organische Phosphorverbindungen. Diese schwer abbaubaren Stoffe stellen ein schwerwiegendes Umweltproblem dar. Sie werden in Organismen z.T. angereichert und bewirken langfristig eine Verschiebung des ökologischen Gleichgewichtes. Es gibt Grund zur Sorge, daß von diesen Verbindungen eine Gefahr für den Menschen ausgeht.

Beispielhaft werden die Belastungen für ein Gewässer dargestellt, das ausschließlich durch Niederschlagswasser, das von befestigten Flächen abfließt, beeinflusst wird. Liegt auch ein Teil der Untersuchungen schon 2 bis 3 Jahre zurück, an ihrer Aktualität haben die Ergebnisse nicht verloren.

Von besonderer Bedeutung ist das Kapitel des Berichtes, in dem die Konsequenzen aus den Untersuchungsergebnissen formuliert werden: Umweltschutz besteht unter den heutigen gesellschaftlichen Voraussetzungen noch immer mehr in der Beseitigung von Menschen verursachter Belastung als in der Vorsorge selbst. Indem wir versuchen, die Schadstoffe nicht mehr in die Gewässer gelangen zu lassen, sondern sie vorher zu eliminieren, ist ein erster Schritt zu einer besseren Gewässerqualität getan.

Gegen Ende des Berichtes werden die Entwicklung der Wasserqualität der Weser in den letzten Jahren sowie Sanierungserfolge einiger Abwassereinleiter beschrieben. Die Tatsache, daß die Konzentrationen geringer geworden sind, darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß noch viel Arbeit vor uns liegt. Letztlich muß Gewässerschutz auf die Minimierung der Schadstoffe in den Produktionsabläufen und bei der Produktion selbst zielen. Darüber hinaus kommt es darauf an, die natürliche Regenerationsfähigkeit unserer Gewässer durch eine möglichst naturnahe Gestaltung zu erhöhen.

In diesem Bericht werden u.a. Stoffe untersucht, die entsprechend den Forderungen der 3. Internationalen Nordseeschutzkonferenz vom 7./8. März 1990 zu den vorrangig zu behandelnden Schadstoffen gehören.

## Inhaltverzeichnis

<b>1. Einführung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Konsequenzen aus dem Gütebericht 1988</b> .....	<b>2</b>
2.1. Einleitung.....	2
2.2. Vorschläge zur Behandlung des anfallenden Aushubs.....	2
2.3. Belastungskategorien .....	4
2.4. Sedimentbehandlung .....	5
2.5. Entsorgung des Aushubs.....	5
<b>3. Belastung von Sedimenten Bremischer Gewässer durch schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe</b> .....	<b>7</b>
3.1. Einleitung.....	7
3.2. Auswahl der Stoffe.....	7
3.2.1. PCB (Polychlorierte Biphenyle).....	8
3.2.2. HCH-Isomere.....	8
3.2.3. DDT und seine Isomere .....	8
3.2.4. HCB.....	9
3.2.5. Chlordan.....	9
3.2.6. Endosulfan.....	9
3.2.7. OCS .....	9
3.2.8. Quintozen .....	9
3.2.9. Heptachlorepoxyd.....	10
3.2.10. Dieldrin .....	10
3.2.11. Aldrin.....	10
3.2.12. Endrin.....	10
3.2.13. Methoxychlor .....	10
3.3. Probenahme .....	10
3.4. Analytik.....	11
3.5. Ergebnisse.....	11
3.5.1. Vorkommen in Bremen-Gesamt und regionales Vorkommen .....	12
3.5.2. Regionale Verteilung.....	14
3.5.3. Häufigkeitsverteilung und Zusammensetzung der untersuchten Stoffgruppen.....	15
3.5.3.1. PCB's .....	15
3.5.3.2. DDT .....	16
3.5.3.3. HCH .....	17
3.5.4. Statistische Kenngrößen .....	17
3.5.5. Vergleich mit Literaturdaten .....	18
3.5.6. Klassifizierung .....	19
3.5.7. Kartendarstellung.....	19
3.6. Belastungsschwerpunkte .....	20
3.6.1. PCB's .....	20
3.6.2. DDT.....	20
3.7. Ursachen.....	21
3.8. SCKW-Verteilung auf Längsschnitten.....	22
<b>4. Belastung von Sedimenten Bremischer Gewässer durch Organophosphorverbindungen</b> .....	<b>24</b>
4.1. Einleitung.....	24
4.2. Auswahl der Stoffe.....	25
4.2.1. Organophosphorpestizide .....	25
4.2.2. Trialkyl-Phosphorsäureester.....	25
4.2.3. Triaryl-Phosphorsäureester .....	26
4.3. Probenahme und Analytik .....	26
4.4. Ergebnisse .....	26
4.4.1. Regionales Vorkommen.....	27
4.4.2. Regionale Verteilung.....	28
4.4.3. Statistische Verteilung .....	28
4.4.4. Kartendarstellung.....	30
4.4.5. Belastungsschwerpunkte.....	31
4.4.6. OPV-Verteilung auf Längsschnitten .....	32

<b>5. Auswirkungen von Niederschlagswasser am Beispiel der Neuenlander Wasserlöse</b> .....	<b>34</b>
5.1. Einleitung.....	34
5.2. Chemische Untersuchung.....	35
5.2.1. Probenahme.....	35
5.2.1.1. Wasser.....	35
5.2.1.2. Sediment.....	35
5.2.2. Beschreibung der Probenahmestellen:.....	35
5.2.2.1. Probestelle 1.....	35
5.2.2.2. Probestelle 2 und 3.....	35
5.2.2.3. Probestelle 4 und 5.....	35
5.2.2.4. Probestelle 6 und 7.....	36
5.2.2.5. Probestelle 8.....	36
5.2.3. Ergebnisse der chemischen Untersuchung.....	36
5.2.3.1. Ergebnisse der Wasseruntersuchungen.....	36
5.2.3.2. Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen.....	36
5.2.4. Bewertung.....	38
5.3. Biologische Untersuchungen.....	39
5.3.1. Probenahme.....	39
5.3.2. Ergebnisse und Bewertung der biologischen Untersuchung.....	39
<b>6. Konsequenzen aus den vorgestellten Ergebnissen</b> .....	<b>42</b>
6.1. Maßnahmen am Gewässer.....	42
6.2. Herkömmliche Niederschlagswasserbeseitigung.....	44
6.3. Alternative Niederschlagswasserbeseitigung.....	45
6.3.1. Baugebiet zwischen Dresdener Straße und Am Weidedamm.....	45
6.3.2. Baugebiet Weidedamm II (Hemmstraße/Nolteniusweg/Torfkanal).....	45
6.3.3. Hafengelände am Fabrikenufer zwischen Revaler und Emders Straße.....	46
6.3.4. Baugebiet Horn-Lehe-West.....	46
6.3.5. Projekt "Beckedorfer Becke".....	46
6.3.6. Projekt Hauptfuhrpark.....	47
6.3.7. Sanierung des Mischwasserkanalsystems.....	47
<b>7. Entwicklung der Wasserqualität der Weser in 1992</b> .....	<b>48</b>
7.1. Wasserführung.....	48
7.2. Chlorid.....	48
7.3. Pflanzennährstoffe.....	49
7.4. Schwermetalle.....	53
7.5. Baden in der Weser.....	54
<b>8. Abwassereinleitungen</b> .....	<b>54</b>
8.1. Klöckner Stahl GmbH.....	54
8.2. Kommunale Kläranlagen.....	55
8.3. Norddeutsche Steingut AG.....	57
<b>9. Gewässerverunreinigungen und Fischsterben</b> .....	<b>58</b>
9.1. Gewässerverunreinigungen in 1992 in Bremen-Stadt.....	58
9.2. Gewässerverunreinigungen in 1992 in Bremerhaven.....	59
9.3. Gemeldete Fischsterben in den Jahren 1988 - 1992.....	60
<b>10. Anhang</b> .....	<b>61</b>
10.1. Untersuchungsmethoden.....	61
10.1.1. Chemisch-physikalische Analyseverfahren.....	61
10.1.1.1. Analyseverfahren zur Untersuchung von Oberflächenwasser.....	61
10.1.1.2. Gewinnung der < 20 µm-Fraktion im Sediment.....	61
10.1.1.3. Analyseverfahren zur Untersuchung von Sedimenten.....	62
10.1.2. Biologische Untersuchungsmethoden.....	63
10.2. Artenliste der Neuenlander Wasserlöse.....	64
10.3. Verzeichnis der belasteten Oberflächengewässer in Bremen.....	68
10.4. Liste der vorrangig zu behandelnden Schadstoffe.....	69
10.5. Niederschlagswassereinleitungen in Bremen.....	70
10.6. Glossar.....	70
10.7. Literatur.....	72



---

## **1. Einführung**

Von befestigten Flächen ablaufendes Niederschlagswasser ist in Abhängigkeit von der Nutzung dieser Flächen unterschiedlich stark verschmutzt. Die vier Hauptquellen der Verunreinigungen sind Emissionen aus Industrie, Hausbrand, Kleingewerbe und Straßenverkehr. Sie setzen ein großes Spektrum von partikel- und gasförmigen Stoffen frei, welche mit dem Niederschlagswasser auf die befestigten Flächen aufgebracht und von dort abgewaschen werden.

Über den Niederschlag können somit u.a. folgende Stoffe/-gruppen in die Gewässer gelangen:

Schwefelverbindungen (Verbrennungsprodukte)

Stickstoffverbindungen (Verkehr)

Kohlenmonoxid (Verkehr)

Halogene und Halogenverbindungen

flüchtige aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe und ihre oxidierten Stufen

schwermetallhaltige anorganische Stäube

Ruß und organische Produkte

Abrieb durch den Kfz-Verkehr

Ein Teil dieser Stoffe ist ungelöst und somit absetz- oder aufschwimmbar. Die Mengen und Konzentrationen schwanken jedoch bezogen auf die einzelnen Parametergruppen erheblich. Zu Beginn eines Niederschlagsereignisses ergeben sich bei den Messungen eines Einzelereignisses an einer Einleitungsstelle gewöhnlich hohe Konzentrationen, gegen Ende der Niederschläge werden diese geringer, da der größte Teil der Schadstoffe von den befestigten Flächen abgewaschen worden ist. Am Ende von Trockenzeiten oder nach Frostperioden treten normalerweise die höchsten Konzentrationen auf, da die Oberfläche des Bodens infolge langer Anreicherungszeiten unverhältnismäßig stark belastet ist.

Da durch den konsequenten Vollzug des Wasserhaushaltgesetzes in Verbindung mit den Anhängen zur Rahmenabwasser-Verwaltungsvorschrift und dem Abwasserabgabengesetz für industrielle und kommunale Abwässer Standards gesetzt worden sind, wird die Problematik von verunreinigtem Niederschlagswasser eine immer größere Rolle spielen.

In dem hier vorgelegten Gewässergütebericht sollen schwerpunktmäßig die Aktivitäten des Wasserwirtschaftsamtes Bremen in den letzten Jahren in Bezug auf die Niederschlagswasserproblematik einer breiteren Öffentlichkeit allgemeinverständlich vorgestellt werden:

Zuerst werden die Konsequenzen aus dem letzten Gewässergütebericht von 1988, der sich mit der Belastung von Gewässersedimenten durch Schwermetalle beschäftigte, erläutert. Im Anschluß daran wird die zwischenzeitig gemessene Belastung der Sedimente durch schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe und Organophosphorverbindungen dargestellt.

---

Anschließend werden chemische und biologische Untersuchungsergebnisse vorgestellt, die aus einem kleinen Gewässer stammen, das durch 3 Niederschlagswassereinleitungen beeinflusst wird. Weiterhin werden mögliche Perspektiven für den Umgang mit Niederschlagswasser beschrieben.

Am Ende des Berichtes wird die Entwicklung der Wasserqualität der Weser in 1992 mit den wichtigsten Parametern und die Erfolge bei der Abwassersanierung bedeutender Abwassereinleiter in Bremen dargestellt.

## **2. Konsequenzen aus dem Gütebericht 1988**

### **2.1. Einleitung**

Im letzten Gütebericht für das Land Bremen wurde u.a. die Belastung der Gewässersedimente durch Schwermetalle dargelegt. Ursache für die Belastung sind hauptsächlich Niederschlagswassereinleitungen aus der Trenn- und Mischkanalisation. Im Laufe der Zeit reichern sich die Schwermetalle in den Sedimenten an. Die Folgen sind z.T. hohe Schwermetallkonzentrationen in den Flußbetten unserer Gewässer.

Um die ökologische Bedeutung dieser Sedimentbelastung einschätzen zu können, wurde im Auftrag des Wasserwirtschaftsamtes Bremen von der Universität Bremen ein Gutachten "Ökologische Bewertung bremischer Kleingewässer mit Empfehlungen für den Umgang mit den Sedimenten" [1] erstellt. Unabhängig davon wurden im Anschluß an den Gütebericht 1988 Umgebungsanalysen von 2 besonders stark belasteten Gewässern durchgeführt. Diese gezielte Suche nach Schadstoffquellen führte zu dem Ergebnis, daß fast alle Sedimente in den Niederschlagswasserkanälen hoch belastet sind, insbesondere dann, wenn sie Niederschlagswasser aus Industriegebieten aufnehmen. Die Ursache der Belastung besteht auf der einen Seite im Abspülen verunreinigter Flächen durch den Regen, auf der anderen Seite können aber auch Fehlanschlüsse im Niederschlagskanalnetz (Trennkanalisation) nicht ausgeschlossen werden. Eindeutige Belastungsquellen konnten nicht ermittelt werden. Aus der Sicht des Gewässerschutzes ergeben sich hieraus 2 konkrete Möglichkeiten zur Schadensbegrenzung:

- entweder eine intensive Überwachung der Niederschlagswassereinleitungen mit weiterer gezielter Suche nach den Belastungsquellen
- oder eine Grundreinigung und ggf. eine gleichzeitige Naturierung der Gewässer.

Die erste, vom Ansatz her einzig konsequente Möglichkeit erfordert einen hohen personellen Aufwand, ist langwierig und wird nicht dazu beitragen, die Belastung der Gewässersedimente kurzfristig zu verringern. Bei der zweiten aufgezeigten Möglichkeit kann innerhalb kurzer Zeit die Qualität der Sedimente und damit auch die des Gewässers deutlich verbessert werden.

### **2.2. Vorschläge zur Behandlung des anfallenden Aushubs**

Bei der Beseitigung der belasteten Gewässersedimente müssen vor allem Antworten auf folgende Fragen gefunden werden:

- wie ist die Auswirkung (beim Verbleib der Sedimente und somit der Schadstoffe im



---

Gewässer) auf die Gewässerökologie

- welche Auswirkungen sind durch menschliche Eingriffe (u.a. Baggerarbeiten) auf die Gewässerökologie zu erwarten
- ist die Verwertung der entnommenen belasteten Sedimente als Bodenverbesserungsmittel möglich und sinnvoll?

Bei der Entfernung der Sedimente durch Ausbaggerung wird zwar eine gewisse Remobilisierung der Schwermetalle innerhalb des Gewässers nicht zu verhindern sein, dieser Anteil ist aber im Vergleich zu dem im ausgebagerten Material verbleibenden als gering zu bezeichnen und muß in Kauf genommen werden.

Um eine systematische Entfernung der belasteten Sedimente zu ermöglichen, erfolgt eine Einteilung der Gewässer in Belastungskategorien. Anhand dieser werden Prioritäten bezüglich des Zeitpunktes des Ausbaggerns und anschließender Behandlung des Aushubs gesetzt. Grundlage sind die ökotoxikologische Relevanz der verschiedenen Schwermetalle, ihre Konzentrationen im Sediment und die Sensibilität möglicher Ablagerungsflächen.

**Ökotoxikologische Relevanz:** Es werden 2 Klassen gebildet, Klasse Nr. I enthält dabei die ökotoxikologisch relativ gefährlicheren Schwermetalle:

- I. Ökotoxizitätsklasse: Cd, Pb, Hg, Cr, As;
- II. Ökotoxizitätsklasse: Zn, Cu, Ni, Co, Fe.

**Konzentrationen im Sediment:** Die in der < 20 µm-Fraktion gemessenen Konzentrationen werden mit dem Tongesteinstandard verglichen und die Überschreitungen als Geoakkumulations - Indexklasse angegeben, d.h. ein Schwermetall kann den I<sub>geo</sub> - Klassen 1 bis 6 zugeordnet werden. Die Einstufungen sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

**Ablagerungsflächen:** Da die im Aushub befindlichen Schwermetalle überwiegend biologisch verfügbar und mobilisierbar sind, muß Vorsorge getroffen werden, daß keine erneuten Belastungen der Umwelt verursacht werden. Je nach dem sich aus den Toxizitätsklassen und Konzentrationen ergebenden Gefahrenpotential kommen für die Entsorgung des Aushubs folgende Möglichkeiten in Betracht:

- Behandlung wie Sondermüll
- Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen, die nicht für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden,
- Verwendung im Gartenbau bzw. Ablagerung und Verbleib am Gewässerrand.

Es wird bei der Entwicklung der Bewertungsmaßstäbe ausdrücklich nicht auf die Klärschlammverordnung Bezug genommen, da 1. der hier zu bewertende Aushub völlig andere Eigenschaften besitzt als Klärschlamm und 2. die hier formulierten Belastungskategorien auch die Gefährdung der aquatischen Lebensgemeinschaft beinhalten.

---

I-geo Klasse	Sedimentqualität	Blei	Cadmium	Chrom	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Zink	Arsen
	Tongesteinstandard	20	0,30	90	45	68	0,40	95	13
0	praktisch unbelastet	< 30	<0,45	<135	<68	<102	<0,60	<142	<20
1	Unbelastet bis mäßig belastet	31-60	0,46-0,90	136-270	69-135	103-204	0,61-1,20	143-285	21-40
2	mäßig belastet	61-120	0,91-1,80	271-540	136-270	205-408	1,3-2,4	286-570	41-80
3	mäßig bis stark belastet	121-240	1,81-3,6	541-1080	271-540	409-816	2,5-4,8	571-1140	81-160
4	stark belastet	241-480	3,7-7,2	1081-2160	541-1080	817-1632	4,9-9,6	1141-2280	161-320
5	stark bis übermäßig belastet	481-960	7,3-14,4	2161-4320	1081-2160	1633-3264	9,7-19,2	2281-4560	321-640
6	übermäßig belastet	>960	>14,4	>4320	>2160	>3264	>19,2	>4560	>640

**Tab. 1:** Einstufung der Schwermetallkonzentrationen (in mg/kg TS in der < 20 µm-Fraktion) entsprechend der I<sub>geo</sub>-Klassen (beachte: dies beinhaltet keinerlei Gewichtung der elementspezifischen Toxizität)

### 2.3. Belastungskategorien

(berechnet auf der Grundlage der ökotoxikologischen Relevanz und der Konzentrationen der Schwermetalle im Sediment von Gewässern bzw. -abschnitten)

**Kategorie A:** (sehr hoch belastetes Sediment)

mindestens 1 Schwermetall der Ökotoxizitäts - Klasse I erreicht die I<sub>geo</sub> - Klasse 5 oder 6 oder mindestens 2 Schwermetalle der Ökotoxizitäts - Klasse II erreichen die I<sub>geo</sub>-Klasse 5 oder 6;

**Kategorie B:** (hoch belastetes Sediment)

mindestens 1 Schwermetall der Ökotoxizitäts - Klasse I erreicht die I<sub>geo</sub>-Klasse 4 oder mindestens 2 Schwermetalle der Ökotoxizitäts - Klasse II erreichen die I<sub>geo</sub>-Klasse 4;

**Kategorie C:** (belastetes Sediment)

mindestens 2 Schwermetalle der Ökotoxizitäts - Klasse I erreichen die I<sub>geo</sub>-Klasse 3 oder mindestens 3 Schwermetalle der Ökotoxizitäts - Klasse II erreichen die I<sub>geo</sub>-Klasse 3;

**Kategorie D:** (gering belastetes Sediment)

höchstens 1 Schwermetall der Ökotoxizitäts - Klasse I erreicht die I<sub>geo</sub>-Klasse 3 oder höchstens 2 Schwermetalle der Ökotoxizitäts - Klasse II erreichen die I<sub>geo</sub>-Klasse 3;

Die Gewässer bzw. Abschnitte, deren Sedimente den Belastungskategorien A oder B zuzuordnen sind, sind umgehend auszuräumen, um die Gefährdung der Gewässerbiozönose und der Umwelt zu beseitigen.

Wenn ein Gewässer gereinigt werden soll, ohne daß hinreichende Informationen über den Belastungsgrad der Sedimente vorliegen, sind vorab entsprechende Analysen durchzuführen und danach

---

ist eine Sedimentbehandlung und -entsorgung im Sinne der Abschnitte "Sedimentbehandlung" und "Entsorgung des Aushubs" durchzuführen.

Geringer belastete Gewässer (Sedimente entsprechend den Belastungskategorien C und D) sind im Zuge der üblichen Gewässerunterhaltung zu räumen.

Bei Vorliegen neuer Daten über die Schwermetallbelastung der Sedimente ist die Zuordnung der Gewässer zu überprüfen und ggfls. entsprechend zu verfahren.

## 2.4. Sedimentbehandlung

- Bei allen Räumungen ist die Schlick- und Tonfraktion möglichst vollständig zu erfassen;
- Belastete Sedimente der Kategorie A nur in Containern o.ä. geschlossenen Anlagen entwässern;
- Sedimente der Kategorien B und C nur kurzzeitig am Uferrand zur Entwässerung ablagern und möglichst zügig abtransportieren.

## 2.5. Entsorgung des Aushubs

- Die sehr hoch belasteten Sedimente der Kategorie A sind wie stark kontaminiertes Baggergut oder hoch belasteter Klärschlamm zu behandeln und auf entsprechenden Deponien abzulagern;
- hoch belastete Sedimente der Kategorie B sind auf Hausmüll- oder Bauschuttdeponien unterzubringen;
- Sedimente der Kategorie C können auf landwirtschaftlichen nicht für die Nahrungsmittelproduktion genutzten Flächen (z.B.: Wallaufschüttungen oder Straßenbau, Grünanlagen) Verwendung finden;
- Sedimente der Kategorie D eignen sich zur Verwendung im Gartenbau u.ä., können aber auch am Gewässerrand abgelagert werden und dort verbleiben.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Einteilung Bremischer Gewässer entsprechend der Belastungskategorien.

Unter der Annahme, daß infolge der kleingewässerspezifischen Sedimentstruktur Schwermetalle nicht nur in der < 20 µm-Fraktion konzentriert sind, sondern zu hohen Anteilen auch in größerem Material vorkommen, muß bei der Umrechnung der Gehalte auf das Gesamtsediment von einer Halbierung der Konzentration ausgegangen werden. Dennoch überschreiten die in den Belastungskategorien A und B auftretenden Schwermetallgehalte diejenigen Bodenwerte, die von der Freien und Hansestadt Hamburg als "Prüfwerte" G (Grundwasser) und N (Nahrungspflanzenanbau) festgesetzt wurden [2], bei denen also Besorgnis der Beeinträchtigung des Grundwassers bzw. der Schadstoffanreicherung in Nahrungspflanzen besteht.

---

Gewässer	Belastungskategorie	Gewässer	Belastungskategorie
<b>rechts der Weser</b>			
Hematenfleet	A	Kleine Wümme (Mitte)	A
Mahndorfer Bruchgraben	A	Mittelkämpffleet	A
Osterholzer Sielgraben	A	Vahrer Fleet	A
Verbindungskanal	A		
Blockdiekfleet	B	Blumenthaler Aue	B
Bultenfleet	B	Embser Mühlengraben	B
Graben h. d. Höfen	B	Graben im Moor	B
Großer Graben	B	Hexenbergzuleiter	B
Holler Fleet	B	Holter Fleet	B
Kleine Wümme (Oberl.)	B	Kuhgraben	B
Maschinenfleet	B	Mittelkampffleet	B
Neuer Panrepelgraben	B	Schmutzgraben	B
Schönebecker Aue	B	Torfkanal	B
Waller Fleet	B		
<b>links der Weser</b>			
Brückenstraßenfleet	A	Mittelshuchtinger Fleet	A
Grollander Rundumgraben	B	Habenhauser Landwehr	B
Rablinghauser Vorfluter	B	Varreler Bäke (Unterlauf)	B
<b>Bremerhaven</b>			
Geestemünder Markfleet	A	Neue Aue (Oberlauf)	A
Neue Aue (Unter-Mittellauf)	B	Spadener Markfleet	B
Ackmann (Südabschnitt)	B		

**Tab. 2:** Einteilung der Gewässer bzw. -abschnitte in die oben beschriebenen Belastungskategorien (Gewässer der Kategorie C und D sind nicht aufgeführt)

Die Umsetzung dieser Empfehlungen bereitet jedoch in der Praxis Probleme bei der Gewässerunterhaltung. Zum einen wurde die Bewertung nur aufgrund der Schwermetallkonzentrationen im Sediment ausgesprochen, da Ergebnisse über die Konzentrationen anderer Schadstoffparameter im Sediment z.Z. der Erstellung der Empfehlung noch nicht vorlagen. Zum andern basieren die Empfehlungen auf der Konzentration der Schwermetalle in der < 20 µm-Fraktion der Sedimente [3]. Bei der Gewässerunterhaltung wird jedoch wenn möglich der größte Teil des Sedimentes entfernt. Durch die im Sediment vorhandenen größeren Partikel erfolgt hierbei eine "Verdünnung" der 20 µm-Fraktion, so daß das abzulagernde Gesamtsediment geringere Schwermetallkonzentrationen aufweist (Problem Deponierung). Im Kapitel 6 dieses Berichtes werden daher nach Vorstellung der Ergebnisse weiterer Sedimentuntersuchungen Ansätze aufgezeigt, die zur Lösung der Probleme beitragen können.

---

### **3. Belastung von Sedimenten Bremischer Gewässer durch schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe**

#### **3.1. Einleitung**

Schadstoffeinträge in Gewässer werden im wesentlichen durch ständige Abwassereinleitungen aus Kläranlagen, Industrie, Kraftwerken, Regenüberläufen (Mischwasser), Niederschlagswassereinläufen (Trennkanalisation), der Landwirtschaft oder über den Luftweg verursacht. Um die Auswirkungen der Einträge auf ein Gewässer einschätzen zu können, existieren in den Bundesländern langfristige Gewässerüberwachungsprogramme.

Die chemischen Wasseranalysen stellen allerdings immer nur eine Momentaufnahme dar und müssen - als Einzelbefund - nicht repräsentativ für ein Gewässer sein. Demgegenüber ergeben Sedimentuntersuchungen auch bei einmaligen Untersuchungsserien ein zuverlässiges Bild der Belastungssituation, denn die Schwebstoffpartikel der Gewässer reichern sich mit Schadstoffen (z.B. Schwermetalle, organische Stoffe mit geringer Polarität) an und sedimentieren schließlich. Da sich die Schadstoffkonzentrationen im Sediment durch langsame Anreicherungs- und Sedimentationsprozesse aufbauen, ist hier also mit kurzfristigen drastischen Änderungen weniger zu rechnen. Wegen der großen Anlagerungsfähigkeit vieler Schadstoffe an das Sediment entsteht ein Schadstoffpotential in den Gewässersedimenten, aus denen bei veränderten hydrochemischen Bedingungen die Schadstoffe wieder remobilisiert werden können.

Der Gewässergütebericht 1988 des Landes Bremen zeigt für einige Bremer Kleingewässer einen hohen bis sehr hohen Schwermetallgehalt im Sediment an. Das gab Anlaß zu der Frage nach dem Belastungszustand der Gewässersedimente durch schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (SCKW). Zu den SCKW gehören Verbindungen wie polychlorierte Biphenyle (PCB), Lindan (gamma-HCH), DDT, Hexachlorbenzol (HCB) u.a.. Viele SCKW zeichnen sich durch eine hohe Persistenz und Bioakkumulation aus, sind toxisch und werden als krebserregend, fruchtschädigend und erbgutverändernd eingestuft.

Bisher gibt es in der Bundesrepublik kaum flächendeckend Studien, die Aufschluß über die großräumige Belastung mit SCKW im Gewässersediment geben. Daher wurde 1990/91 die Belastungssituation der Bremer Gewässersedimente durch SCKW ermittelt.

Für die Bewertung und Darstellung der ermittelten Schadstoffkonzentrationen gibt es noch keine Regelung, die der bisherigen einheitlichen Gewässergütekartierung in der Bundesrepublik entspricht. Dennoch wird in diesem Bericht der Versuch gemacht, für die Untersuchungsparameter eine Bewertung vorzunehmen.

#### **3.2. Auswahl der Stoffe**

Aufgrund der besonderen physikalischen und chemischen Eigenschaften gibt es für SCKW vielfältige Einsatzmöglichkeiten in technischen und landwirtschaftlichen Bereichen. Für die hier vorgestellten Untersuchungen wurden solche SCKW ausgewählt, die in der Literatur als gängig und aktuell betrachtet werden und für die gesicherte Analyse-Methoden vorhanden sind.

---

Die Sedimentproben wurden auf folgende Organochlorverbindungen untersucht:

### 3.2.1. PCB (Polychlorierte Biphenyle)

Es gibt insgesamt 209 verschiedene PCB-Verbindungen, die sich durch den Chlorierungsgrad (1-10 Chloratome) und Isomerisierung voneinander unterscheiden. Jeder Verbindung wurde eine Nummer zugeordnet, angefangen von den niederchlorierten PCB's bis zu den hochchlorierten PCB's.

Polychlorierte Biphenyle wurden aufgrund spezieller physikalischer und chemischer Eigenschaften vielfach in Transformatoren, Kondensatoren, als Flammschutzmittel, Hydraulikflüssigkeit wie auch als Weichmacher in Kunststoffen verwendet. In der BRD werden sie seit 1983 nicht mehr hergestellt und dürfen (seit 1972) nur noch in geschlossenen Systemen, z.B. Transformatoren, verwendet werden. In die Umwelt gelangen die PCB aber immer noch, und zwar hauptsächlich über Mülldeponien oder Müllverbrennungsanlagen.

PCB's reichern sich aufgrund ihrer hohen Fettlöslichkeit im Fettgewebe an. Bei hohen Belastungen können bei Warmblütern Leber-, Milz- und Nierenschäden auftreten. Eine krebserzeugende Wirkung wird vermutet. Höher chlorierte PCB neigen zu stärkerer Bioakkumulation als niederchlorierte PCB. Dies ist auf die schwere Abbaubarkeit bei höherchlorierten PCB und die bessere Fettlöslichkeit zurückzuführen. PCB gehören zu den schwer bis nicht abbaubaren Verbindungen.

### 3.2.2. HCH-Isomere

HCH (Hexachlorcyclohexan) ist ein Insektizid mit großer Breitenwirkung. Bei der technischen Herstellung von HCH entsteht ein Isomerengemisch. Die Anteile der wichtigsten HCH-Isomeren im technischen Produkt betragen:

- $\alpha$ -HCH	55-80%
- $\beta$ -HCH	5-14%
- $\gamma$ -HCH (Lindan)	8-16%
- $\delta$ -HCH	2-16%

Die insektizide Wirksamkeit des technischen HCH beruht im wesentlichen auf dem Gehalt an Lindan.

#### Lindan

ist ein hochwirksames Insektizid. Nach dem 2. Weltkrieg standen die Insektizide Lindan und DDT im Verbrauch aller synthetischen Gifte an der Spitze. Es wirkt als Fraß-, Kontakt- und Atmungsgift schon in geringsten Mengen tödlich auf die meisten Insektenarten. Hohe Belastungen können bei den Menschen zu Leber- und Nierenschäden führen. Für Fische ist Lindan hoch toxisch, obwohl es in verhältnismäßig kurzer Zeit wieder ausgeschieden wird. Lindan zeigt eine geringe Persistenz.

### 3.2.3. DDT und seine Isomere

DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan) und Metabolite (DDE, DDD, als Abbauprodukte von DDT).

DDT ist ein sehr wirksames Berührungsgift für Insekten aller Art, das deren Haut leicht durchdringt, das Zentralnervensystem schädigt und schließlich zum Tode führt. Es wirkt aber nicht nur als Kontakt-, sondern auch als Atem- und Fraßgift auf eine Vielzahl von Schadinsekten, darunter zahlreiche Krankheitsüberträger z.B. von Malaria, Schlafkrankheit, Fleckfieber u.a..

---

Seit 1942 wurde DDT und seine Isomere zur Bekämpfung von Schädlingen in der Landwirtschaft und im Gesundheitswesen in fast allen Ländern der Erde eingesetzt. Im Mittel hat DDT eine Persistenz von 10 Jahren - als Folge ist DDT heute weltweit verbreitet. Aufgrund seiner hohen Persistenz und seiner fettfreundlichen Eigenschaften wird DDT vornehmlich in den Körperfetten nahezu aller Organismen gespeichert. Für Fische ist es toxisch. Im Warmblüterorganismus und teilweise im Insekt entstehen die Abbauprodukte DDE und DDD, welche ähnliche Eigenschaften wie DDT besitzen. 1972 wurde die Verwendung von DDT in der Bundesrepublik verboten.

#### **3.2.4. HCB** (Hexachlorbenzol)

HCB wird als Pflanzenschutzmittel, Beizmittel, Flammschutzmittel und Weichmacher verwendet. Zudem ist es Ausgangsprodukt für die Herstellung verschiedener Pestizide. Die akute Toxizität von HCB ist relativ gering. Aber aufgrund seiner äußerst hohen Persistenz findet im Fettgewebe (z.B. von Fischen) eine starke Bioakkumulation statt. Hohe HCB-Belastungen können zu Stoffwechselstörungen, Schäden an Leber und Fortpflanzungsorganen führen. Seit 1981 ist in der Bundesrepublik der Einsatz in Pflanzenschutzmittel verboten.

#### **3.2.5. Chlordan**

ist ein Insektizid mit Fraß-, Berührungs- und Atemgiftwirkung. Es ist bienengefährlich und hoch toxisch für Fische. Seit 1971 ist es in der BRD für den Einsatz in der Landwirtschaft nicht mehr zugelassen.

#### **3.2.6. Endosulfan**

Technisches Endosulfan besteht aus zwei Isomeren (alpha-Endosulfan 80%, beta-Endosulfan 20% des Isomerengemisches). Es ist ein bienenungefährliches Insektizid gegen beißende und saugende Insekten und ein ausgesprochenes Fischgift. Es wirkt als Fraß- und Berührungsgift und findet Anwendung in Obst-, Gemüse-, Hopfen-, Wein- und Ackerbau.

#### **3.2.7. OCS**

(Octachlorstyrol) ist ein Abfallprodukt bei der Chlorherstellung. Es kann auch bei der Verbrennung von PVC entstehen.

#### **3.2.8. Quintozen**

ist ein Fungizid und Beizmittel und wird in Kombination mit anderen Fungiziden zur Saatgutbehandlung von Getreide gegen Schneeschimmel, Steinbrand und Flugbrand eingesetzt. In der BRD ist es seit 1981 nur noch zur Behandlung von Getreidesaatgut zugelassen.

---

### 3.2.9. Heptachlorepoxid

bildet sich im Warmblüterorganismus aus Heptachlor. Dieses wurde zuerst 1952 hergestellt und ist ein Insektizid mit Berührungs- und Fraßgiftwirkung. Es ist ein starkes Fischgift. In der BRD wurde die Anwendung von Heptachlor 1980 verboten.

### 3.2.10. Dieldrin

wurde früher als Pestizid hergestellt. Rückstandsprobleme führten in der BRD bereits 1966 und in Schweden 1970 zu Anwendungsverböten. Es ist ein hochwirksames Kontakt- und Fraßgift gegen Insekten. Hohe Dosen führen beim Menschen zu gravierenden Schäden und Störungen des vegetativen Nervensystems. An Mäusen wurden kanzerogene Eigenschaften des Dieldrins festgestellt. Es ist ein starkes Fischgift. Dieldrin ist biologisch nur schwer abbaubar.

### 3.2.11. Aldrin

wird als hochwirksames Insektizid hergestellt (Anwendungsbeschränkung: nur noch für den Weinbau) und ist zudem hochgradig toxisch gegen Vögel und Fische. Im Boden kann Aldrin zu Dieldrin umgewandelt werden. Aufgrund seiner hohen Persistenz findet im Fettgewebe eine hohe Bioakkumulation statt. Aldrin zählt deshalb zu den schwer abbaubaren Pestiziden.

### 3.2.12. Endrin

Aufgrund der ähnlichen Molekülstruktur wirkt Endrin ähnlich wie Dieldrin. Über die Bioakkumulation liegen keine Angaben vor. In der Hydrosphäre ist die Verbindung sehr stabil, in der Atmosphäre abbaubar bis schwer abbaubar. Es ist bienengefährlich und toxisch für Fische. In der Bundesrepublik ist die Verwendung verboten.

### 3.2.13. Methoxychlor

ist ein Insektizid mit Berührungs- und Fraßgiftwirkung. Es wird bevorzugt bei der Bekämpfung der Kirschfruchtfliege und von Rapschädlingen eingesetzt. Es ist giftig für Fische.

## 3.3. Probenahme

Die Probenahme der 200 Sedimentproben wurde in der Zeit vom März bis April 1990 durchgeführt. Die Proben aus der Weser und den Häfen wurden mittels eines Bodengreifer von Bord des Laborschiffes MS "Weserluchs" gezogen. Die Proben aus den Kleingewässern wurden landseitig mit einem Stechrohr oder mit einem Bodengreifer aus der oberen Sedimentschicht entnommen. Es sollte möglichst viel von sehr feinem Sediment (< 20 µm-Fraktion) als Bodenmaterial gewonnen werden. Der Bodengreifer wurde immer dann eingesetzt, wenn Steine das Durchdringen des Stechrohres in das Sediment unmöglich machten, oder die Gewässer zu tief waren. Die Sedimentproben wurden sofort in PE-Flaschen gefüllt und bis zur Analyse tiefgefroren aufbewahrt.



### 3.4. Analytik

Die Sedimentproben wurden im Labor für Rückstandsanalytik Bremen GmbH auf folgende Parameter untersucht:

Parameter	Nachweisgrenze µg/kg Sediment TS (Trockensubstanz)
HCB*	0,2
Quintozen	0,5
alpha-HCH*	0,2
beta-HCH*	0,5
gamma-HCH (Lindan)*	0,5
delta-HCH*	0,5
Heptachlor	0,5
cis-Heptachlorepoxyd	0,5
trans-Heptachlorepoxyd	0,5
Aldrin*	0,5
Dieldrin*	0,5
Endrin*	0,5
alpha-Endosulfan*	0,5
beta-Endosulfan*	0,5
Endosulfan-sulfat*	1,0
cis-Chlordan	0,5
trans-Chlordan	0,5
Octachlorstyrol	0,5
Methoxychlor	2,0
2,4-DDT*	0,5
4,4-DDT*	0,5
2,4-DDE*	0,5
4,4-DDE*	0,5
2,4-DDD*	0,5
4,4-DDD*	0,5
PCB Nr. 28	0,5
PCB Nr. 52	0,5
PCB Nr. 101	0,5
PCB Nr. 138	0,5
PCB Nr. 153	0,5
PCB Nr. 180	0,5

**Tab.3:** Untersuchungsparameter und ihre Nachweisgrenzen

\* = Stoffe der Liste der vorrangig zu behandelnden Schadstoffe (siehe Anhang)

Die einzelnen Analysenmethoden werden im Anhang beschrieben.

### 3.5. Ergebnisse

Im folgenden werden die Ergebnisse tabellarisch und graphisch zusammengefaßt. Zur übersichtlichen Darstellung wurden die Einzelmeßstellen 6 Meßstellenregionen zugeordnet.

Name der Region	Anzahl der Einzelmeßstellen	Bezeichnung in den Abb.
Bremen Nord (incl. Lesum)	22	HB-Nord
Bremerhaven	16	Bhv
Links der Weser	48	HB-Links
Rechts der Weser	78	HB-Rechts
Seen in Bremen	11	Seen
Weser (inklusive Häfen)	25	Weser
Bremen-Gesamt	200	Bremen

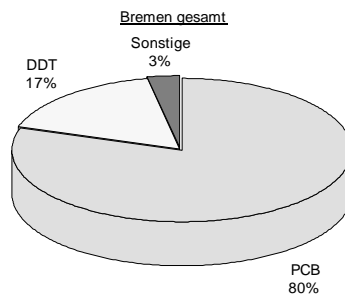
Da es sich bei den einzelnen analysierten Stoffen um Verbindungen handelt, die z.T. eng miteinander verwandt sind, wurden sie zu folgenden Stoffgruppen zusammengefaßt:

<b>HCH:</b>	alpha-, beta-, gamma-(Lindan) und delta-HCH
<b>Drine:</b>	Aldrin, Dieldrin und Endrin
<b>Heptachlor:</b>	Heptachlor, cis-Heptachlorepoxyd und trans-Heptachlorepoxyd
<b>Sulfane:</b>	alpha-Endosulfan, beta-Endosulfan und Endosulfan-sulfat
<b>Chlordan:</b>	cis-Chlordan und trans-Chlordan
<b>DDT:</b>	2,4-DDT, 4,4-DDT, 2,4-DDE, 4,4-DDE, 2,4-DDD, 4,4-DDD
<b>PCB:</b>	PCB Nr. 28, PCB Nr. 52, PCB Nr. 101, PCB Nr. 138, PCB Nr. 153 und PCB Nr. 180

**HCB, Quintozen, Octachlorstyrol (OCS) und Methoxychlor** wurden keiner Stoffgruppe zugeordnet, sondern einzeln betrachtet.

### 3.5.1. Vorkommen in Bremen-Gesamt und regionales Vorkommen

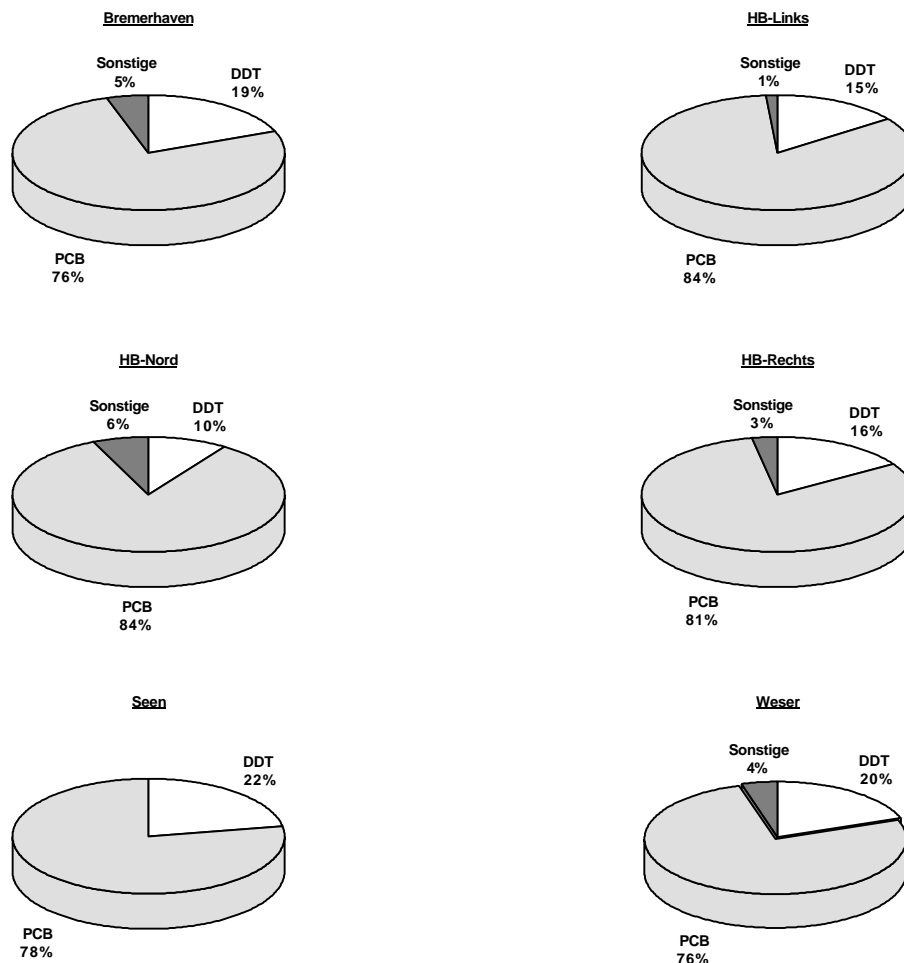
In den folgenden Darstellungen ist die prozentuale Verteilung der einzelnen Stoffgruppen in Bremen-Gesamt und in den o.g. Regionen wiedergegeben. Die Summe der Mittelwerte aller analysierten Stoffgruppen einer Region wurde zu 100% gesetzt und der prozentuale Anteil der einzelnen SCKW errechnet. Um die Grafiken übersichtlicher zu gestalten, wurden HCB, OCS, Quintozen, Methoxychlor und die Stoffgruppen HCH, Drine, Heptachlor, Sulfane, Chlordan, die nur in geringen Konzentrationen auftraten, als sonstige zusammengefaßt.



**Abb. 1:** Prozentuales Vorkommen von PCB's, DDT und seine Isomere sowie sonstige SCKW in Bremen-Gesamt

Die Abbildung 1 zeigt, daß von allen untersuchten Stoffen überwiegend die PCB's in den Gewässersedimenten (ca. 80%) anzutreffen sind. An zweiter Stelle folgt das DDT mit seinen Isomeren. Alle anderen untersuchten Stoffgruppen (<4%) haben so gut wie keine Bedeutung.

Das regionale Vorkommen der Stoffgruppen sieht wie folgt aus:



**Abb. 2:** Prozentuales Vorkommen von PCB's, DDT und seine Isomere sowie sonstige SCKW in den sechs Bremer Regionen

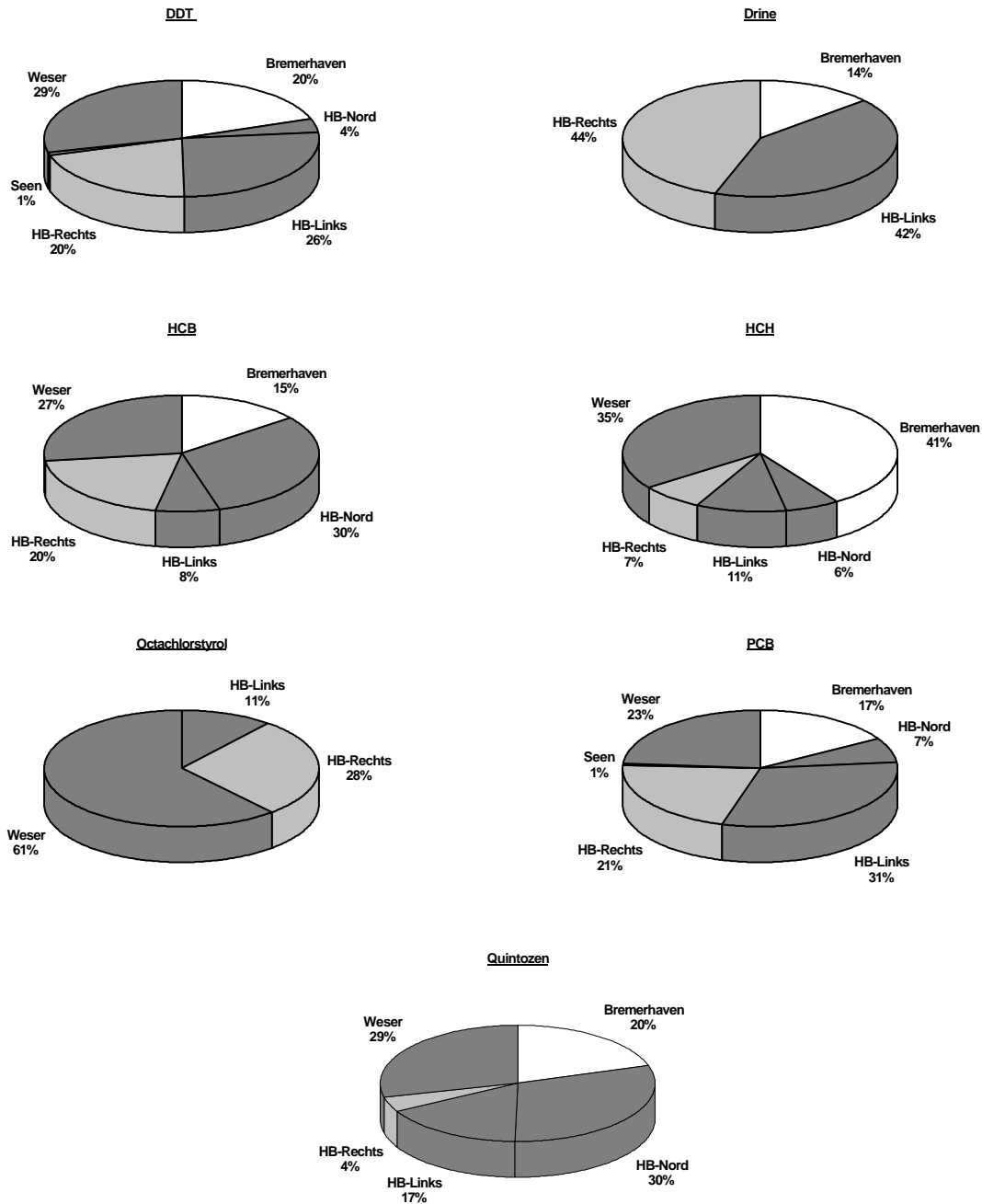
Die Abbildung 2 verdeutlicht, daß die Schadstoffgruppen in allen Regionen ein ähnliches Verteilungsmuster besitzen. Es schwankt bei den PCB's zwischen 76-84%, beim DDT und seinen Isomeren zwischen 10-22% und bei den sonstigen SCKW zwischen 1-7%.

In den Bremer Seen konnten nur die PCB's und DDT und seine Isomere nachgewiesen werden. Da die Seen, mit Ausnahme des Werdersees, keine oberirdischen Zuflüsse besitzen (sie sind reine Grundwasserseen und werden somit ausschließlich durch Grund- und Niederschlagswasser gespeist), kann gefolgert werden, daß der Schadstoffeintrag durch Regen und durch Auswaschung von belasteten Böden erfolgt sein muß.

Gleichzeitig kann aber auch aus der Abwesenheit der als "Sonstige" bezeichneten Verbindungen der Schluß gezogen werden, daß diese Stoffgruppen durch direkte Einleitungen ( z.B. Abwaschen von befestigten Flächen) in das Gewässersystem gespült werden.

### 3.5.2. Regionale Verteilung

In Abbildung 3 wird gezeigt, in welchen der sechs untersuchten Regionen die analysierten Stoffgruppen auftreten. Bei diesem Vergleich wurde die Summe aller regionalen Mittelwerte einer Substanz oder Substanzgruppe zu 100% gesetzt und daraus ihre Bedeutung für einzelne Regionen dargestellt. Statistisch ist dieses Vorgehen aufgrund nicht normal verteilter Daten (s.u) nicht ganz korrekt, die Tendenz wird aber dennoch deutlich.



**Abb. 3:** Prozentuale regionale Verteilung der Stoffe und Stoffgruppen in ausgewählten Gewässern

Mit Ausnahme der Seen wurden in allen Regionen die Stoffgruppen DDT, HCB, PCB, HCH und Quintozen nachgewiesen. OCS wurde in den Gewässersedimenten der Seen, in Bremen-Nord und

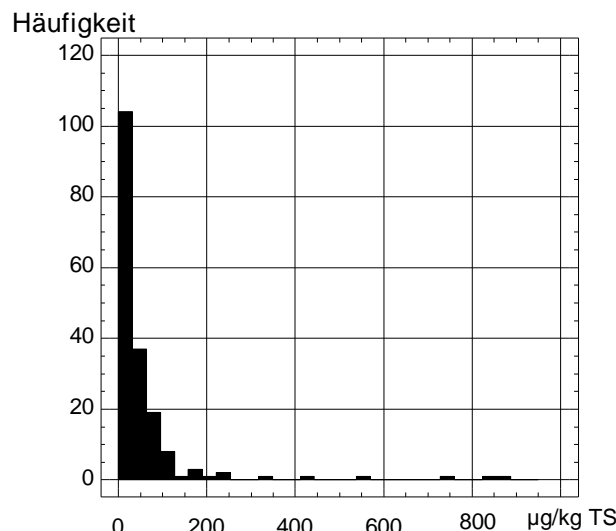
Bremerhaven nicht ermittelt. Von den Drinen wurde nur das Dieldrin in Bremerhaven, HB-Rechts und HB-Links nachgewiesen. Methoxychlor und die Stoffgruppen der Sulfane, Chlordane und Heptachlor wurden graphisch nicht dargestellt, denn:

- Methoxychlor wurde an keiner Probenahmestelle gefunden,
- Sulfane kamen nur 2-mal in den Gewässersedimenten rechts der Weser vor,
- der Chlordananteil an der SCKW-Belastung beträgt 0,04%,
- Heptachlorverbindungen wurden ausschließlich an einer Probenahmestelle des rechten Weseruferes nachgewiesen.

### 3.5.3. Häufigkeitsverteilung und Zusammensetzung der untersuchten Stoffgruppen

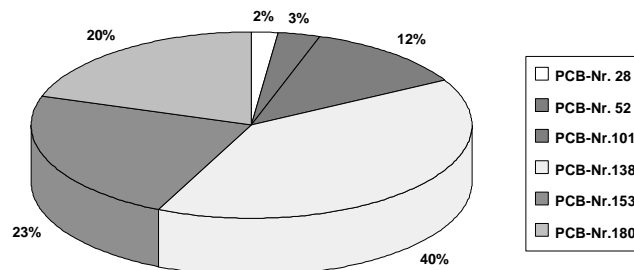
In den folgenden Abbildungen werden die Häufigkeitsverteilungen und Zusammensetzungen der Stoffgruppen dargestellt. Es wurden nur solche Stoffgruppen herangezogen, die für die SCKW-Belastung in den Sedimenten von Bedeutung sind. Für die Berechnung der Zusammensetzung und der Häufigkeitsverteilung wurden alle 200 Meßstellen berücksichtigt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden Häufigkeitsverteilungen nur für die Summe der untereinander verwandten Parameter erstellt.

#### 3.5.3.1. PCB's



**Abb. 4:** Häufigkeitsverteilung der Summe PCB

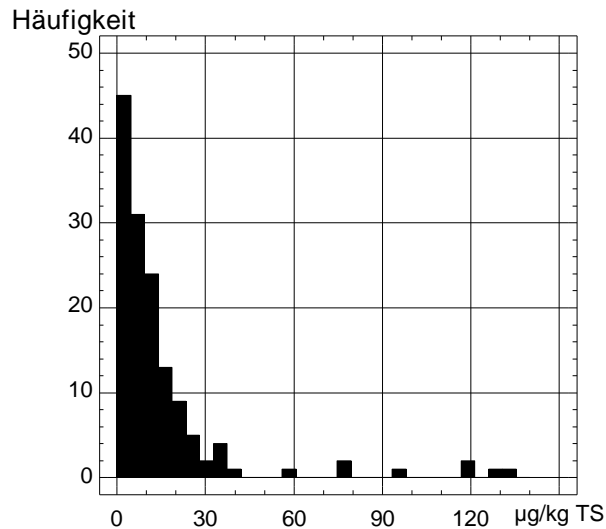
Aus der Häufigkeitsverteilung für PCB ist zu entnehmen, daß die meisten Meßstellen relativ geringe PCB-Konzentrationen aufweisen (linker Bereich der Abbildung). Nur an einigen Meßstellen wurden höhere Belastungen (>100 µg/kg TS) nachgewiesen.



**Abb. 5:** Prozentuale Zusammensetzung der Summe PCB

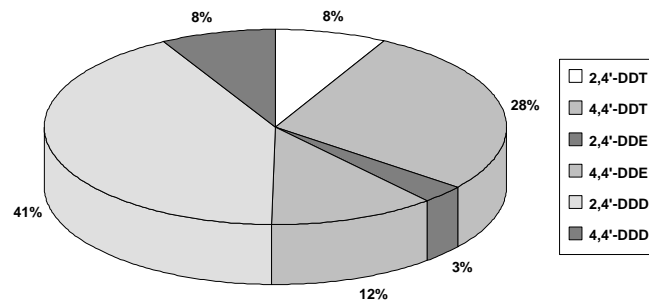
Aus der Abbildung 5 ist zu entnehmen, daß die höher chlorierten Verbindungen Nr. 138, Nr. 153 und Nr. 180 den Hauptanteil der PCB-Belastung ausmachen. Die niedriger chlorierten PCB-Verbindungen Nr. 28 und Nr. 52 machen nur 5% der PCB-Belastung aus.

### 3.5.3.2. DDT



**Abb. 6:** Häufigkeitsverteilung der Summe DDT

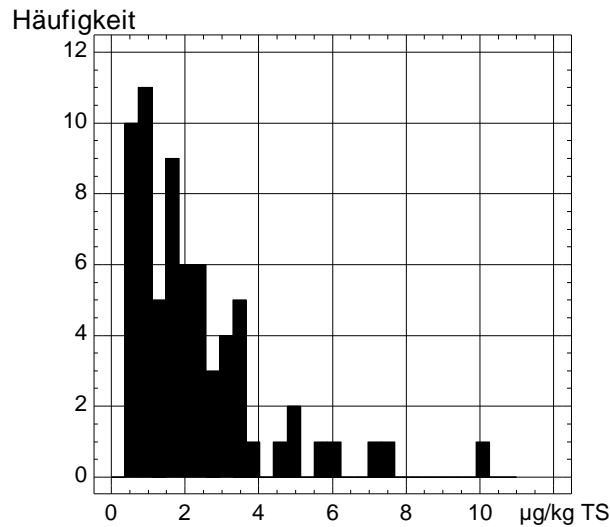
Auch Abbildung 6 zeigt eine sog. "linksschiefe" (hier: Häufung geringer Konzentrationen) Verteilung. Der überwiegende Teil der Probenahmestellen ist gering (0-30 µg/kg TS) belastet. Lediglich einige Meßstellen weisen eine erhebliche Belastung von > 100 µg/kg TS auf.



**Abb. 7:** Prozentuale Zusammensetzung der Summe DDT

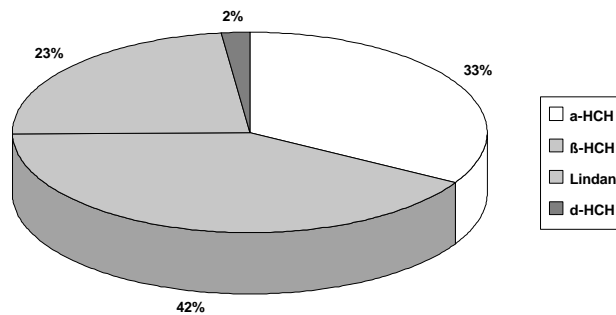
Abbildung 7 zeigt, daß die Abbauprodukte des DDT, DDE und DDD, den überwiegenden Anteil an der Gesamtbelastung der DDT-Gruppe ausmachen.

### 3.5.3.3. HCH



**Abb. 8:** Häufigkeitsverteilung der Summe HCH

Auch die Häufigkeitsverteilung der Summe HCH macht deutlich, daß nur wenige Meßstellen höher (> 4 µg/kg TS) belastet sind. Alle anderen Meßstationen sind sehr gering belastet oder unbelastet.



**Abb. 9:** Prozentuale Zusammensetzung der Summe HCH

Die Zusammensetzung der HCH-Isomeren ist dadurch gekennzeichnet, daß das β-HCH den prozentual größten Anteil ausmacht.

### 3.5.4. Statistische Kenngrößen

Da die oben abgebildeten Häufigkeitsverteilungen eine sogenannte "schiefe Verteilung" zeigen, gibt der Mittelwert ein verzerrtes Bild über die mittlere Konzentration wieder. Ein wesentlich besseres Bild gibt in diesem Fall der Median; er ist derjenige Wert, der die Verteilung in zwei gleich große Hälften teilt, so daß jeder Teil 50 % der Meßwerte erhält. In der Tabelle 4 sind einige wichtige statistische Kenngrößen zusammengestellt. ( Nur zur Verdeutlichung der Unterschiede zwischen dem Median und dem Mittelwert ist letzterer zusätzlich noch mit angegeben.)

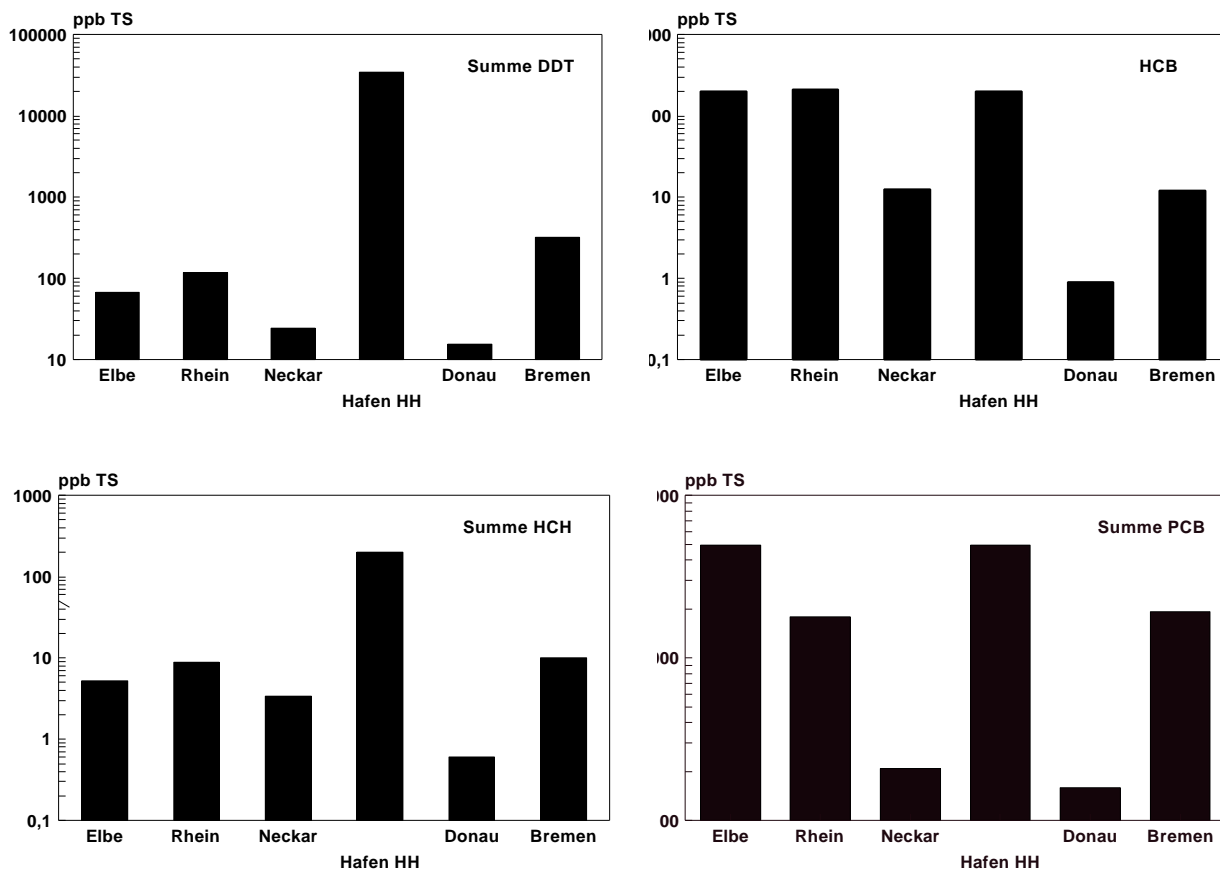
Variable:	HCB	Quito.	OCS	PCB	DDT
Anzahl	200	200	200	200	200
Mittelw.	0,62	<0,5	<0,5	61,881	12,5
Median	<0,2	<0,5	<0,5	21,45	4,2
Minimum	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Maximum	15	2	12	1915	318

Variable:	HCH	Drine	Hepta	Chlordan	Sulfane
Anzahl	200	200	200	200	200
Mittelw.	0.78	<0.5	<0,5	<0,5	0,5
Median	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Minimum	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Maximum	10	10	3	3	15

**Tab. 4:** Statistische Kenngrößen der untersuchten Stoffgruppen ( $\mu\text{g/kg TS}$ )

### 3.5.5. Vergleich mit Literaturdaten

Ein Vergleich mit Literaturdaten (Abbildung 10) macht deutlich, daß die in Bremen gemessenen Konzentrationen z.T. unter denen anderer in Deutschland gemessenen liegen. Andere Regionen wie z.B. der Hamburger Hafen weisen deutlich höhere Konzentrationen auf. (Man beachte bei der Abbildung den unterschiedlichen logarithmischen Maßstab.)



**Abb. 10:** Vergleich von Maximalkonzentrationen ausgesuchter SCKW-Messungen [4,5]



### 3.5.6. Klassifizierung

Um die SCKW-Belastung anschaulich darzustellen, wurden die analysierten Konzentrationen Belastungsklassen zugeordnet. Die gewählten Einteilungen orientieren sich an den in Bremen gemessenen Konzentrationverteilungen und basieren somit nicht auf einer toxikologischen Würdigung der ermittelten Konzentrationen.

Klasse	Sediment-qualität	PCB-Isomere	DDT und Metabolite	HCH-Isomere	Sonstige
0	unbelastet	<10	<10	<10	<2,5
1	unbelastet bis mäßig belastet	>10 - 25	>10 - 25	>10 - 25	>2,5 - 5
2	mäßig belastet	>25 - 50	>25 - 50	>25 - 50	>5 - 10
3	mäßig bis stark belastet	>50 - 75	>50 - 75	>50 - 75	>10 - 15
4	stark belastet	>75 - 100	>75 - 100	>75 - 100	>15 - 20
5	stark bis übermäßig belastet	>100 - 200	>100 - 200	>100 - 200	>20 - 25
6	übermäßig belastet	>200	>200	>200	>25

**Tab. 5:** Einstufung der SCKW in Bewertungsklassen (Angaben in µg/kg Sediment TS)

### 3.5.7. Kartendarstellung

In den folgenden Gewässerkarten wurden die Meßwerte der untersuchten Parameter den Belastungsklassen zugeordnet und mit der jeweiligen Farbe in die Karte eingebracht. Es wurde eine Farbskala von dunkelblau (unbelastet) bis rot (übermäßig belastet) gewählt. Für folgende SCKW wurde eine Belastungskarte erstellt:

Summe PCB  
Summe DDT.

Auf die Kartierung von weiteren untersuchten SCKW wurde verzichtet, da die Konzentrationen aufgrund der Klasseneinteilung in Verbindung mit den Referenzdaten, selten über die Klasse 0 hinausgehen. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den folgenden 2 Karten wiedergegeben.

### 3.6. Belastungsschwerpunkte

Aus den Karten sind einige Belastungsschwerpunkte ersichtlich:

#### 3.6.1. PCB's

Die Kartierung zeigt deutlich eine

##### übermäßige Belastungim:

- Schmutzgraben (Rechts der Weser)
- Mittelkämpfleet "
- Vahrer Fleet "
- Verbindungskanal (vor d. Umbau) "
- Hermann-Entholt-Fleet (Links der Weser)
- Neuenlander Wasserlöse "
- Neue Aue (Bremerhaven)

und im

- Industriehafen (Ölhafen u. Hafen E)

##### Stark bis übermäßig belastetsind folgende Gewässer:

- Holler Fleet (Rechts der Weser)
- Kleine Wümme "
- Neuer Panrepelgraben "
- Embser Mühlengraben "
- Wadeacker Fleet (Links der Weser)
- Kattenescher Fleet "
- Arsten-Habenhauser Fleet "
- Huchtinger Fleet "
- Mittelshuchtinger Fleet "
- Industriehafen (Hafen F)

und

- Spadener Markfleet (Bremerhaven)

##### Starke Belastungenfinden sich im:

- Torfkanal (Rechts der Weser)
- Hematenfleet "
- Kleine Wümme "
- Maschinenfleet "
- Achterkampsfleet "
- Osterholzer Landwehr "
- Neuenlander Wasserlöse (Links der Weser)
- Mittelshuchtinger Fleet "
- Hafen A (Industriehafen)

und im

- Geestemünder Fleet (Bremerhaven)

#### 3.6.2. DDT

Die Kartierung für die Summe DDT läßt eine

##### übermäßige Belastungim

- Hermann-Entholt Fleet (Links der Weser)

##### starke bis übermäßige Belastungim

- Verbindungskanal (vor d. Umbau) (Rechts der Weser)
- Vahrer Fleet "
- Neuenlander Wasserlöse (Links der Weser)

und im

- Ölhafen (Industriehafen)

starke Belastung finden sich im:

- Schmutzgraben (Rechts der Weser)  
 - Mittelkämpfleet "  
 - Hafen E (Industriehafen)

mäßig bis starke Belastung im:

- Vahrer Fleet (Rechts der Weser)

erkennen (siehe auch: Abschnitt 10.3).

### 3.7. Ursachen

In Bremen wird mit Ausnahme der Schönebecker Aue in alle kleineren Gewässer kein Schmutzwasser eingeleitet. Die SCKW-Belastung in diesen Gewässern basiert also entweder auf der Einleitung von Niederschlagswasser, von Mischwassereinleitungen im Bereich des Gewässersystems Kleine Wümme/Maschinenfleet, aus Einträgen aus der Landwirtschaft oder über den Luftweg. Der Einfluß des Grundwassers auf die Gräben als Entwässerungssystem für das Grundwasser ist nach den im Wasserwirtschaftsamt Bremen vorliegenden Grundwassergütedaten zu vernachlässigen.

Betrachtet man die Belastungsklassen 4, 5 und 6 aus der Darstellung der **PCB**-Konzentrationen, ist zu erkennen, daß sowohl die Mischwassereinleitungen (Schirmdeich/Schmutzgraben, Kleine Wümme/Maschinenfleet, Verbindungskanal) als auch Einleitungen von Niederschlagswasser (Vahrer Fleet, Hematerfleet, Gewässer in Huchting) einen erheblichen Einfluß auf die Schadstoffbelastung der Gewässer haben. Auch im Gewässergütebericht 1988 [3] wies das Vahrer Fleet eine extrem hohe Schwermetallbelastung auf. Dieses Fleet entwässert das große Industriegebiet in Sebaldsbrück, wobei das von Produktions- und Umschlagsflächen abfließende Niederschlagswasser als Ursache für die hohen Belastungen angesehen wird.

Die Belastung der Hafenbecken spiegelt auch den diffusen Eintrag von PCB wider. Die übermäßig hohen Konzentrationen des Mittelkämpfleet können hierdurch jedoch nicht erklärt werden. In der Neuenlander Wasserlöse wird ein möglicher Einfluß durch das Gewerbegebiet oder durch den Mischwasserüberlauf an der Senator-Apelt-Straße in der Neustadt ersichtlich. Erstaunlich ist die hohe Belastung im Hermann-Entholt-, Wadecker- und Kattenescher Fleet. In ~~dem~~ Grabensystem wird ausschließlich Niederschlagswasser aus Wohngebieten eingeleitet, so daß die Vermutung nahe liegt, daß es sich hierbei um Lasten aus der Vergangenheit handeln könnte.

Die Belastungen der Gewässer in Bremen Nord und in der Wümeniederung sind gering.

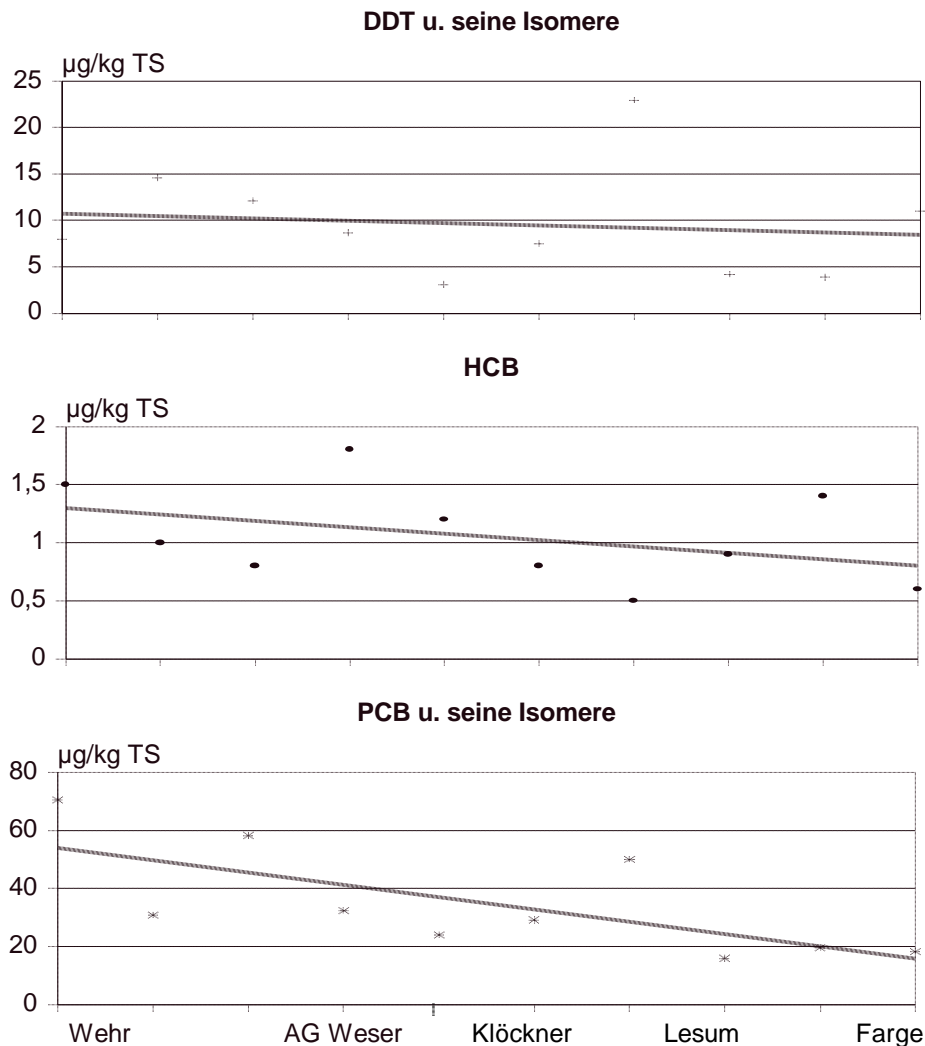
Obwohl die Verwendung von **DDT** seit 1972 in der BRD verboten ist, weist das Hermann-Entholt-Fleet die am stärksten belasteten Sedimente auf. Wie bei PCB, kann nur die Vermutung nahe liegen, daß es sich hierbei um Altlasten handelt. Die hohe Belastung der Sedimente in der Neuenlander Wasserlöse und im Verbindungskanal vor dem Umbau können mit Mischwassereinleitungen erklärt werden, beim Vahrer Fleet ist die Ursache wahrscheinlich die gleiche wie bei den PCB's.

**Alle anderen Parameter** bzw. Stoffgruppen werden an dieser Stelle nicht diskutiert, da die Belastungen gering sind. Auch ein kleinräumiger Einfluß aus Kleingartengebieten (verbotene Pestizidanwendung) kann nicht belegt werden.

Die Bremer **Seen** weisen keine belasteten Sedimente auf. Die **auf**retenden geringen Schadstoffkonzentrationen könnten somit als "natürlicher" Background aufgefaßt werden. (Man bedenke jedoch, daß diese Stoffe natürlich nicht vorkommen, sondern Produkte der Industriegesellschaft sind).

### 3.8. SCKW-Verteilung auf Längsschnitten

In Abb. 11 ist der Trendverlauf ausgesuchter SCKW in Wesersedimenten dargestellt.

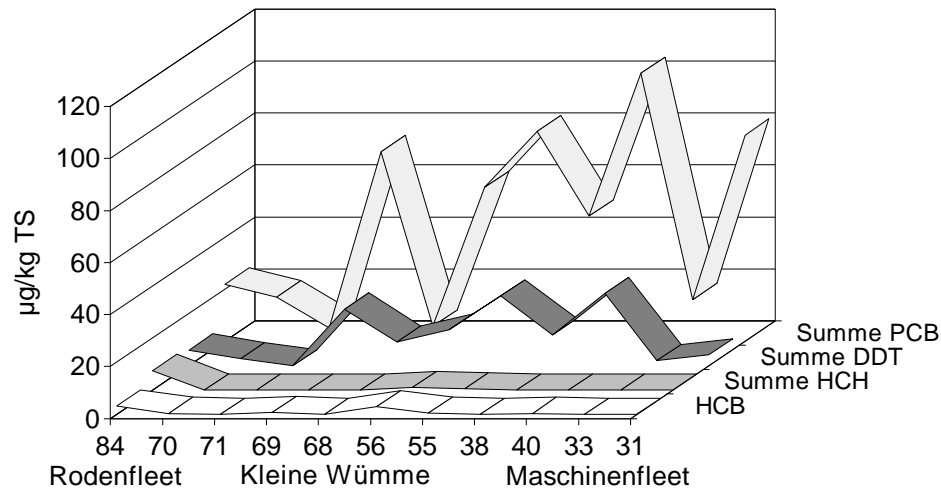


**Abb. 11:** Trendverlauf ausgewählter SCKW in Wesersedimenten

Die höchsten Konzentrationen wurden jeweils oberhalb des Weserwehres nachgewiesen, in der Unterweser nehmen die Konzentrationen stetig ab. Hier werden wahrscheinlich durch Sedimentationsvorgänge die an Schwebstoffe gebundenen Schadstoffe oberhalb des Weserwehres dem Weserwasser entzogen und im Sediment angereichert. Die großen Bremischen Einleiter zwischen dem AG Weser-Gelände und Bremen-Farge tragen zu einer verstärkten Anreicherung nicht wieder bei.

Abb. 12 zeigt einen Längsschnitt in einem Gewässerzug auf dem rechten Weserufer, dem Rodenfleet, der Kleinen Wümme und dem Maschinenfleet.

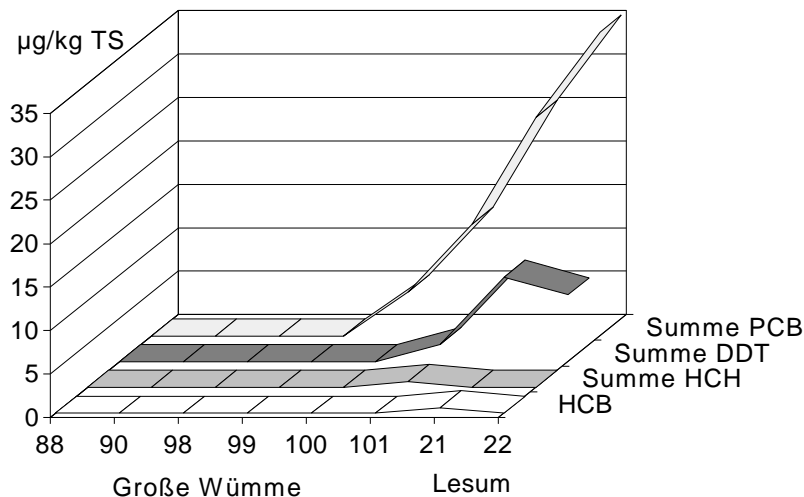
### SCKW im Gewässerzug Kleine Wümme



**Abb. 12:** Verteilung von PCB, DDT, HCH und HCB in Sedimenten des Gewässerzuges Rodenfleet/Kleine Wümme/Maschinenfleet

Hier sind 3 Belastungsschwerpunkte auszumachen: Zu Beginn der Kleinen Wümme, direkt unterhalb des Osterholzer Friedhofs bzw. des Produktionswerkes Mercedes-Benz AG (Probestelle 69), nimmt sowohl die PCB- als auch DDT-Konzentration zu. Dieser Wert ist allerdings nur durch eine Messung abgesichert und kann daher nicht interpretiert werden. Die SCKW-Belastung steigt aber bis in den Bereich der Mischwasserüberläufe (Horn, Probestelle 55) signifikant an. Hier werden die Folgen der Einleitungen von Niederschlags- und Mischwasser deutlich. Die höchsten PCB- und DDT-Konzentrationen dieses Gewässerzuges wurden allerdings in der Kleinen Wümme unterhalb der Mülldeponie ermittelt (Probestelle 40).

### SCKW im Gewässerzug Große Wümme / Lesum

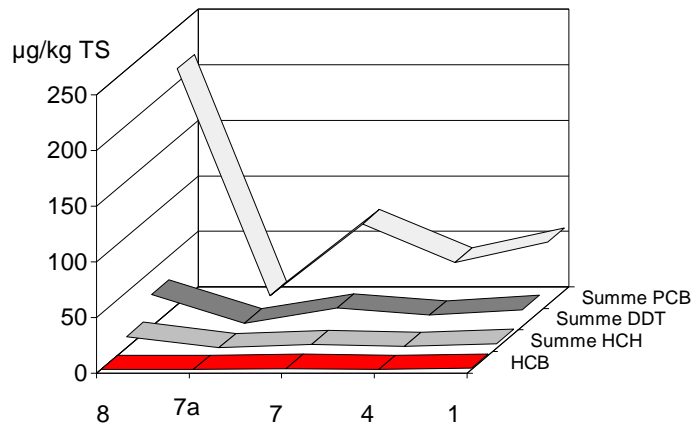


**Abb. 13:** Verteilung von PCB, DDT, HCH und HCB in Sedimenten des Gewässerzuges Große Wümme/Lesum

<sup>1</sup>Die Zahlen auf der x-Achsen beziehen sich bei allen Abbildungen auf die Meßstellen im Gewässer; die Fließrichtung ist jeweils von links nach rechts

In den Sedimenten des Gewässerzuges Große Wümme/Lesum (Abb. 13) wurden nur relativ geringe SCKW-Belastungen festgestellt. Im Wümmeabschnitt von Probestelle 88 (Höhe Mündung des Deichschlotes) bis Probestelle 100 (Höftdeich im Blockland) liegen die Meßwerte unterhalb oder nahe der Nachweisgrenze. Auffällig ist der ab Probestelle 100 beginnende Anstieg der PCB-Belastung, die ihre höchste Konzentration vor dem Lesumsperrwerk (Probestelle 22) erreicht. Parallel dazu nimmt auch die DDT-Konzentration ab Probestelle 101 (Wümme, unterhalb der Ritterhuder Heerstraße) zu. Sie erreicht ihre maximale Konzentration in der Lesum unterhalb der Burger Heerstr (Probestelle 21). Hier scheint sich der Wesereinfluß deutlich bemerkbar zu machen.

#### SCKW im Sediment der Neuen Aue (Bhv)



**Abb. 14:** Verteilung von PCB, DDT, HCH und HCB in Sedimenten der Neuen Aue in Bremerhaven

Die Neue Aue (Abb. 14), die als Auslauf eines Niederschlagswasserkanals beginnt, weist in ihrem Ursprungsgebiet Probestelle 8 (Kleingartenanlage Twischkamp) sehr hohe PCB-Werte auf. Schon im Gütebericht 1988 [3] fiel dieser Gewässerabschnitt durch sehr hohe Blei-, Zink- und Cadmiumkonzentrationen auf. Da die angrenzende Kleingartenanlage sowie das anliegende Behelfsheim über keine geordnete Abwasserableitung verfügen, kommen sie neben dem Regenwassereintrag als mögliche Schadstoffquelle in Betracht. Eine weitere Belastungsspitze ist an Probestelle 7 (unterhalb der Wurster Str.) festzustellen. Zusammenhänge zwischen Lage und Belastung lassen sich bei diesem und den anderen Meßpunkten nicht herstellen.

## 4. Belastung von Sedimenten Bremischer Gewässer durch Organophosphorverbindungen

### 4.1. Einleitung

Organophosphorverbindungen (OPV) finden in industriellen und landwirtschaftlichen Prozessen vielfältige Anwendungen. Sie dienen z. B. als Weichmacher, Flammschutzmittel, Lösemittel, Hydrauliköle und Insektizide (z. B. E 605). Ein bisher unbekannter Anteil dieser Stoffe gelangt auf verschiedenen Wegen auch in die Gewässer und kann sich im Sediment anreichern. Im allgemeinen gelten OPV zwar als "weniger persistente" Stoffe, werden aber doch zunehmend häufig, offenbar aufgrund hoher Produktions- und Verbrauchsziffern, zum Teil in erheblichen Konzentrationen nachgewiesen [7].

## 4.2. Auswahl der Stoffe

### 4.2.1. Organophosphorpestizide

Organophosphorpestizide werden als Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft im allgemeinen gegen Insekten eingesetzt. Eine typische Eigenschaft dieser Pestizide ist ihre besonders starke Wirkung auf saugende Schädlinge. Sie können über die Haut und die Nahrung aufgenommen werden und wirken als Nervengifte. Manche Verbindungen (z.B. Dimethoat) sind mutagen. Organophosphorpestizide besitzen eine geringe Flüchtigkeit, eine mittlere Wasserlöslichkeit und eine hohe Toxizität für Wasserorganismen. Die Anwendung dieser Stoffe ist in der Bundesrepublik Deutschland zugelassen. Da in den untersuchten Sedimenten keine Organophosphorpestizide nachgewiesen wurden, verzichteten wir im folgenden, mit Ausnahme von E 605 (Parathion-ethyl), auf eine ausführlichere Beschreibung der einzelnen Substanzen. E 605 findet unter den Organophosphaten die größte Anwendung als Insektizid. Die insektizide und akarizide Wirkungsbreite ist sehr groß, die Persistenz ist jedoch gering. E 605 wird vor allem im Obst-, Gemüse-, Acker- und Weinbau sowie im Forst eingesetzt.

Folgende zur Gruppe der Organophosphorpestizide gehörende Parameter wurden untersucht:

Bromophos-ethyl	Fenamiphos
Bromophos-methyl	Fenchlorphos
Carbophenothion	Fenitrothion
Chlorfenvinphos	Fonofos
Chlorpyrifos-ethyl	Malathion
Chlorpyrifos-methyl	Parathion-ethyl (E 605)
Diazinon	Parathion-methyl
Dichlofenthion	Tetrachlorvinphos
Dimethoat	

### 4.2.2. Trialkyl-Phosphorsäureester

Trialkyl-Phosphorsäureester werden in der Industrie als Weichmacher für Kunststoffe, Lackbestandteile, Entschäumer und Flammenschutzmittel in Hydraulikflüssigkeiten eingesetzt. Sie besitzen eine stark hautreizende Wirkung, schädigen Leber und Nieren und beeinflussen das zentrale Nervensystem. Tris-2-ethylhexylphosphat erwies sich im Tierversuch als kanzerogen. Im Tierversuch mit Säugern wurde eine erbgutverändernde Wirkung für Trimethylphosphat nachgewiesen. Zu der Gruppe der Trialkylphosphate gehören die nachfolgend aufgeführten von uns untersuchten Parameter.

Trimethylphosphat
Triethylphosphat
Triisobutylphosphat
Tributylphosphat
Tris-2-chlor-ethylphosphat
Tris-2-ethyl-hexylphosphat
Tris-2-butoxy-ethylphosphat

### 4.2.3. Triaryl-Phosphorsäureester

Triaryl-Phosphorsäureester finden ihren Einsatz ebenfalls in der Industrie, vor allem in der Auto- und Kunststoffindustrie. Dort werden sie als Hydrauliköle, Flammschutzmittel und Weichmacher verwendet. Aus der Gruppe der Triaryl-Phosphorsäureester wurde von uns Triphenylphosphat untersucht. Triphenylphosphat besitzt eine geringe Wasserlöslichkeit. Bei Arbeitern der Triphenylphosphat produzierenden Industrie konnte man Kontaktdermatiden feststellen sowie eine Reduktion der Cholinesteraseaktivität der roten Blutkörperchen.

### 4.3. Probenahme und Analytik

Die Probenahme der 208 Sedimente zur Bestimmung der Organophosphorverbindungen (OPV) wurde in der Zeit von Juli bis September 1992 durchgeführt.

Die Proben aus der Weser und den Häfen wurden mittels eines Bodengreifer entnommen, die Proben aus den Seen wurden von Tauchern des Landes-Tauch-Verbandes-Bremen direkt vom Seegrund aus schlammigen Senken gewonnen und die Proben aus den kleineren Fließgewässern, Fleeten und Gräben mittels Bodenkescher aus der oberen Sedimentschicht des jeweiligen Gewässers. Die Proben wurden im Labor bis zur Analyse tiefgefroren aufbewahrt.

Die Analytik ist im Anhang beschrieben.

### 4.4. Ergebnisse

Im folgenden werden die Ergebnisse tabellarisch und grafisch zusammengefaßt, wobei zur übersichtlichen Darstellung die Werte in 6 Meßstellenregionen eingeteilt wurden.

Name der Region	Anzahl der Meßstellen
- Links der Weser inkl. Ochtum	49
- Rechts der Weser inkl. Wümme	79
- Weser mit Hafenbecken	25
- Bremen Nord inkl. Lesum	23
- Seen (Bremen und Bremerhaven)	13
- Bremerhaven	19
	208 (Gesamt)

Von insgesamt 25 analysierten Substanzen wiesen 18 Substanzen keinen Meßwert oberhalb der Nachweisgrenze auf. Von den verbleibenden 7 nachgewiesenen Substanzen muß auch das nur gelegentlich gefundene Triethylphosphat, das ausschließlich in den Kleingewässern links und rechts der Weser vorkam, als fast bedeutungslos eingestuft werden. In den Sedimenten der Seen wurden insgesamt lediglich 4 OPV oberhalb der Nachweisgrenze gefunden

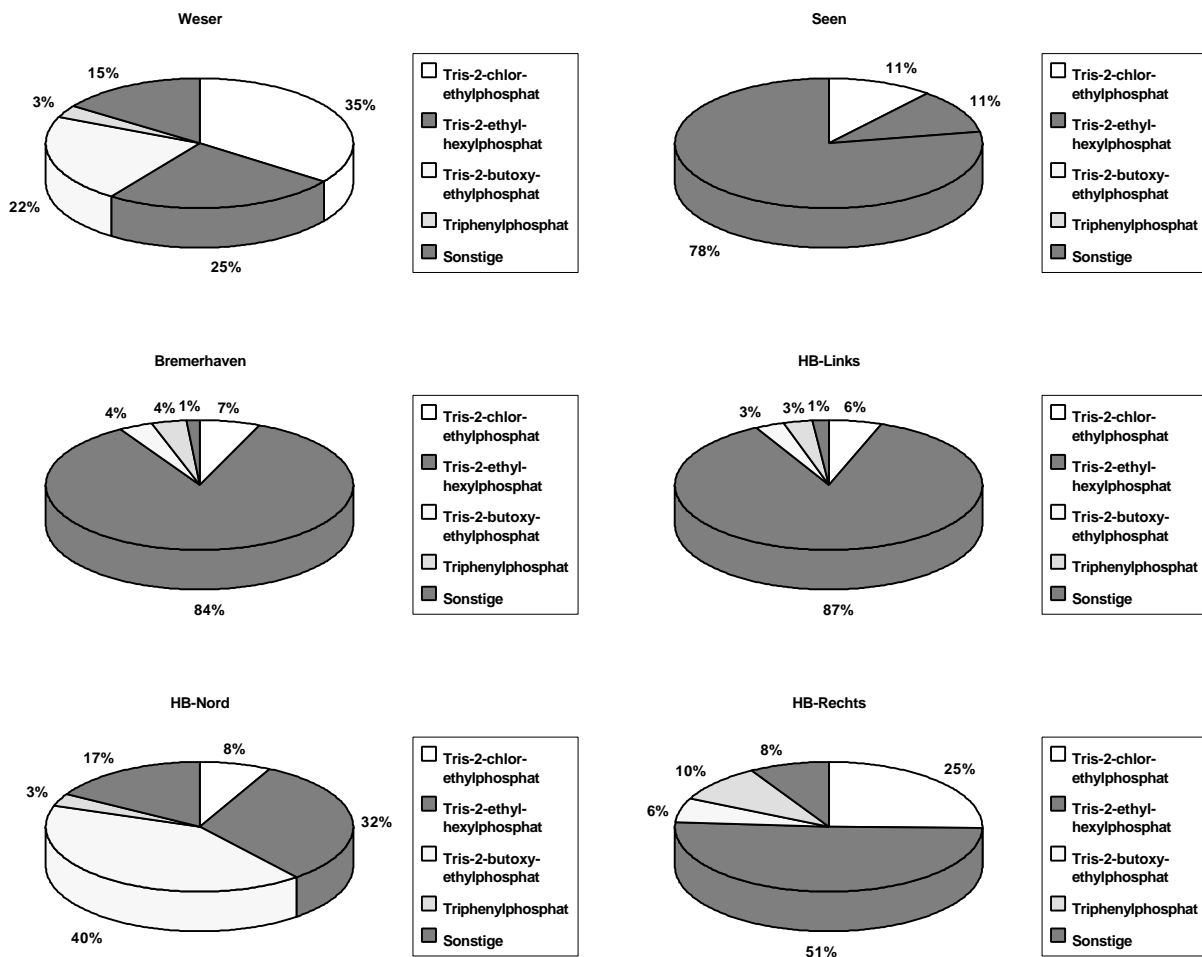
Die nachgewiesenen Substanzen waren:



Triethylphosphat	(TEP)	Triisobutylphosphat	(TIBP)
Tri-n-butylphosphat	(TBP)	Tris-2-chlor-ethylphosphat	(TCEP)
Tris-2-ethyl-hexylphosphat	(TEHP)	Tris-2-butoxy-ethylphosphat	(TBEP)
Triphenylphosphat	(TPP)		

#### 4.4.1. Regionales Vorkommen

In den folgenden Darstellungen ist die prozentuale Verteilung der einzelnen Stoffgruppen in den o.g. Regionen wiedergegeben. Die Summe der Mittelwerte aller analysierten Substanzen einer Region wurde zu 100 % gesetzt und der prozentuale Anteil der einzelnen OPV errechnet.

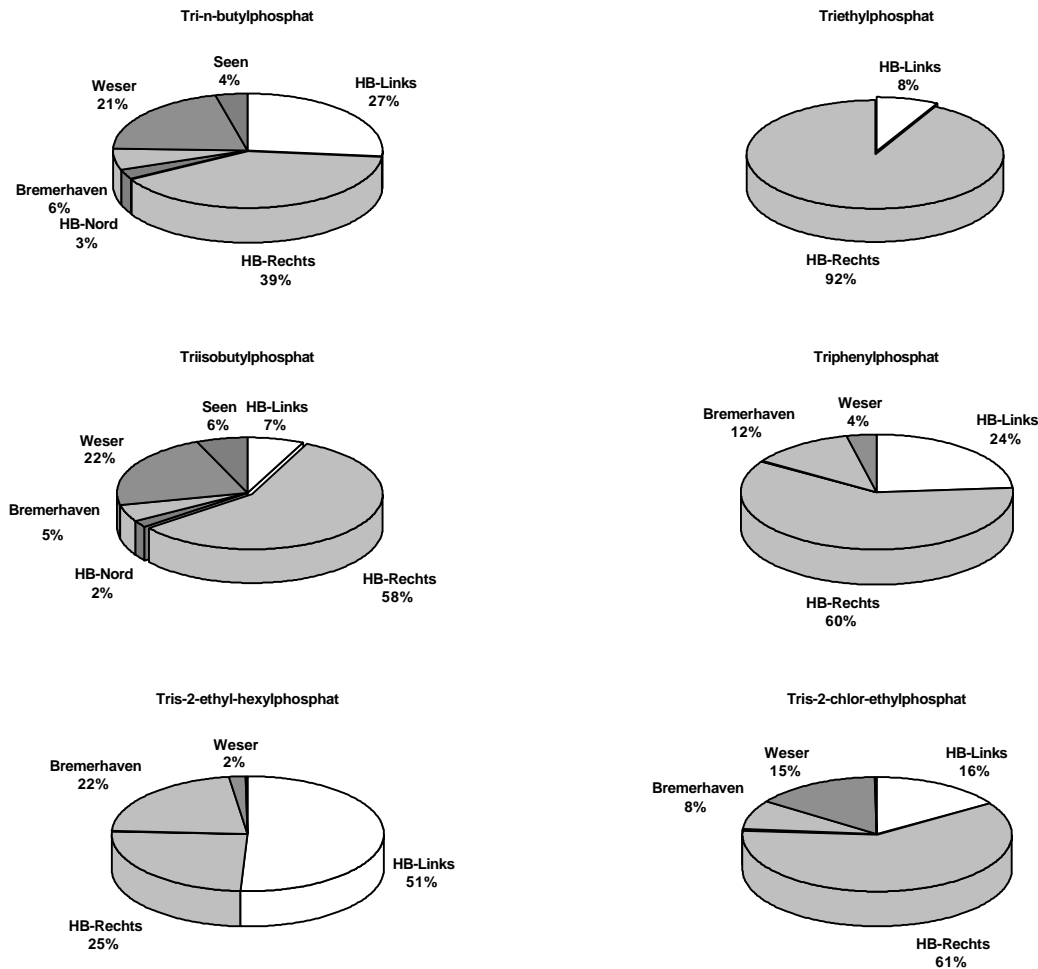


**Abb. 15:** Prozentuales Vorkommen von phosphororganischen Verbindungen in den 6 definierten räumlichen Einheiten

Die Abbildung zeigt, daß die gefundenen Substanzen deutlich unterschiedliche Verteilungsmuster in den einzelnen Regionen aufwiesen. Während in den Kleingewässern am linken und rechten Weserufer sowie in Bremerhaven TEHP und in den Kleingewässern Bremen Nord TEBP dominierte, waren es in den Seen TIBP und in der Weser annähernd gleichbedeutsam TCEP, TEHP und TBEP.

#### 4.4.2. Regionale Verteilung

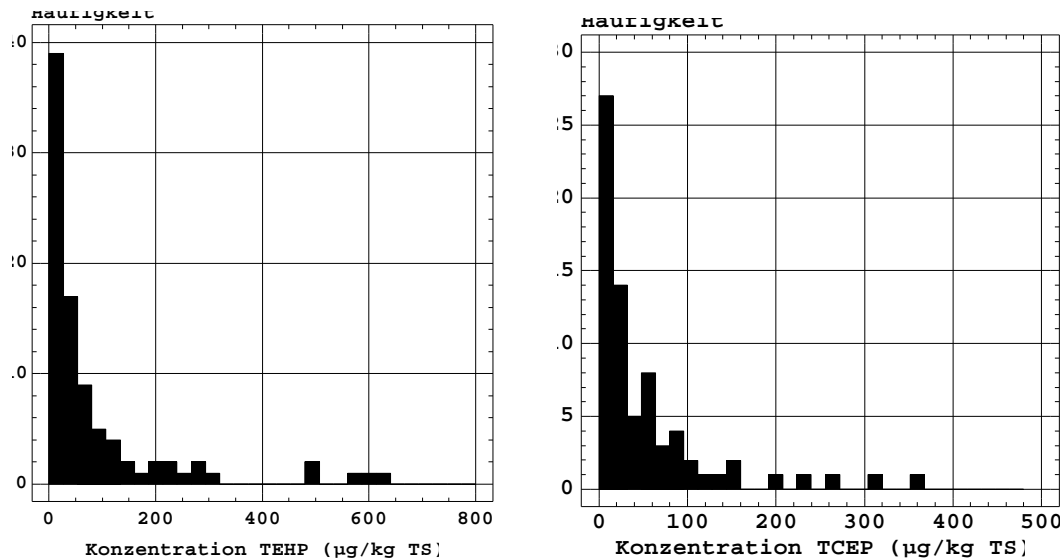
Bei diesem Vergleich wurde die Summe aller regionalen Mittelwerte einer Substanz zu 100 % gesetzt und daraus ihre Bedeutung für einzelne Regionen dargestellt (Abb16). Ein deutlicher Regionalbezug ist lediglich bei dem in geringer Konzentration nachgewiesenem TEP im Bereich rechts der Weser festzustellen. Sämtliche andere Substanzen zeigen für 3 oder mehr Regionen eine Präferenz. Auffällig sind die hohen Konzentrationen von TIBP und TBP in den Seen im Vergleich zu den anderen Substanzen, bei denen der Seenanteil verschwindend gering ist. Dies kann auf einen für die Seen bedeutsamen Verteilungspfad über die Luft hinweisen.



**Abb. 16:** Prozentuale Verteilung der OPV auf die 6 definierten räumlichen Einheiten.

#### 4.4.3. Statistische Verteilung

Vom Verteilungstyp her handelt es sich bei sämtlichen nachgewiesenen OPV um nicht normalverteilte Grundgesamtheiten mit einer Häufung von Werten unter oder nahe der Nachweisgrenze. Die Verteilungstypen können durch eine logarithmische Transformation in eine annähernd normalverteilte Grundgesamtheit umgewandelt werden, aus der dann die weiteren Belastungsklassen abgeleitet werden. Beispielhaft ist dieses am TEHP und TCEP dargestellt, das erst durch diese Transformation sinnvoll in Belastungsklassen eingeteilt werden konnte (vgl. Abb. 17).



**Abb. 16:** Häufigkeitsverteilung zweier typischer OPV

In der folgenden Tabelle sind einige der wichtigen statistischen Kenngrößen zusammengestellt:

Variable	TEP	TIBP	TBP	TCEP	TEHP	TBEP	TPP
Anzahl	208	208	208	208	208	208	208
Median	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Minimum	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Maximum	29	123	58	631	11750	261	321

**Tab. 6:** Statistische Kenngrößen der untersuchten Stoffgruppen, die in den Sedimenten nachgewiesen werden konnten (µg/kg TS)

Grundlage der Einteilung in Belastungsklassen ist die Festlegung der untersten Klassengrenze sowie die Anzahl der zur Verfügung stehenden Klassen. Für die unterste Klassengrenze wurde die erste volle Dekade oberhalb der Nachweisgrenze (10 µg/kg TS) als plausibel angesehen, die Zahl der Klassen ergab sich aus der im Rahmen von früheren Sedimentuntersuchungen bereits festgelegten Anzahl von 7. Die sich daraus ergebende Klassenbreite hatte den gesamten Meßwertumfang von 0 - 12.000 µg/kg abzudecken.

Aus Tabelle 7 wird ersichtlich, wie sich die Klassenbreite auf die Abdeckung des Meßwertumfanges auswirkt. Die einzig plausible Unterteilung ergab sich damit aus der Halbierung der Dekade mit den Klassengrenzen 10, 30, 100, 300, 1000, 3.000 und 10.000, wobei die oberste Klasse wegen des einen sehr stark erhöhten Wertes von 12.000 µg/kg TS nach oben offen gehalten wurde und die unterste Klasse alle Werte enthielt, die kleiner oder gleich 10 µg/kg TS und auch unterhalb der Nachweisgrenze lagen.

Klassenbreite	Meßwertumfang ( $\mu\text{g}/\text{kg TS}$ )
1 Dekade	0 - 10.000.000
1/2 Dekade	0 - 10.000
1/3 Dekade	0 - 1.000
1/4 Dekade	0 - 100

**Tab. 7:** Abdeckung des Meßwertbereichs durch die Wahl unterschiedlich unterteilter Dekaden.

Die Zuordnung einer bewertenden Beschreibung dieser Klassen von "unbelastet" bis "übermäßig belastet" beruht nicht auf einer toxikologischen Würdigung der gefundenen Konzentrationen der Einzelsubstanzen, sondern soll lediglich die Zahlenwerte 0 - 6 anschaulicher machen.

Klasse	Bewertungsklasse	$\mu\text{g}/\text{kg TS}$
0	unbelastet	$\leq 10$
1	unbelastet bis mäßig belastet	>10-30
2	mäßig belastet	>30-100
3	mäßig bis stark belastet	>100-300
3	stark belastet	>300-1.000
5	stark bis übermäßig belastet	>1.000-3.000
6	übermäßig belastet	>3.000

**Tab. 8:** Einstufung der gefundenen Konzentrationen von OPV im Sediment in Bewertungsklassen

#### 4.4.4. Kartendarstellung

Die Meßwerte der 7 nachgewiesenen OPV wurden den Belastungsklassen zugeordnet und mit den jeweiligen Farben in die Bremer Gewässerkarte eingebracht. Aus den Karten sind einige Belastungsschwerpunkte ersichtlich. Von den insgesamt 7 in den Sedimenten nachgewiesenen OPV wiesen drei Substanzen Konzentrationen auf, die von der Belastung her mit stark belastet und schlechter eingestuft wurden, nämlich **TPP**, **TCEP** und **TEHP**. Diese 3 Organophosphorverbindungen wurden mit den jeweiligen Farben in die Bremer Gewässerkarte eingebracht. Die Einstufung ist auf den Karten der folgenden Seiten dargestellt.

#### 4.4.5. Belastungsschwerpunkte

Die wenigsten Belastungsschwerpunkte lassen sich für **TTP** erkennen:

stark belastet

- Mahndorfer Bruchgraben (Rechts der Weser)
- Neuer Panrepelgraben "

**TCEP** wies insgesamt drei starke und 1 starke bis übermäßige Belastung aus:

stark bis übermäßig belastet:

- Mahndorfer Bruchgraben (Rechts der Weser)

stark belastet:

- Achterkampsfleet (Rechts der Weser)
- Brückenstraßenfleet (Links der Weser)
- Rodenfleet (Rechts der Weser)

**TEHP** zeigte die höchste Anzahl auffälliger Sedimentproben mit 6 stark belasteten, 2 stark bis übermäßig belasteten und 3 übermäßig stark belasteten Standorten:

übermäßig belastet:

- Bultenfleet (Rechts der Weser)
- Arsterfeldfleet (Links der Weser)
- Spadener Markfleet (Bremerhaven)

stark bis übermäßig belastet:

- Mahndorfer Bruchgraben (Rechts der Weser)
- Brückenstraßenfleet (Links der Weser)

stark belastet:

- Embser Mühlengraben (Rechts der Weser)
- Neuer Panrepelgraben "
- Rodenfleet "
- Vahrer Fleet "
- Wadecker Fleet (Links der Weser)
- Arsten-Habenhauser Fleet "

Unter Berücksichtigung sämtlicher kartographisch dargestellten Konzentrationsverteilungen von OPV in Sedimenten von Gewässern stellen sich zwei Belastungsschwerpunkte in Bremen heraus; zum einen der Bereich Obervieland mit den Stadtteilen Habenhausen, Kattenturm, Kattenesch und Arsten, zum anderen der Bremer Osten mit den Stadtteilen Osterholz, Arbergen, Mahndorf bis zum Autobahnkreuz.

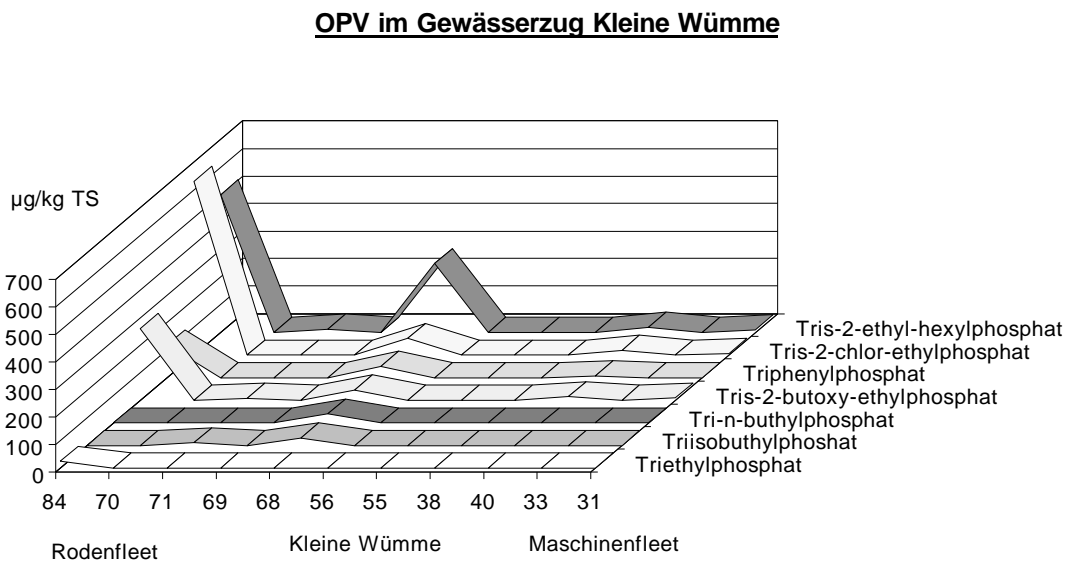
Gemeinsam ist den beiden Bereichen ein relativ hoher Flächenanteil an Gewerbegebieten und Neubausiedlungen, wobei sich jedoch ein Zusammenhang zwischen Neubaugebiet und der Belastung

der Gewässersedimente mit phosphororganischen Verbindungen nicht erschließt, da andere Neubaubereiche derartige Belastungen nicht aufwiesen.

Herausragender Belastungsschwerpunkt in Bremerhaven ist das Spadener Markfleet mit einer TEHP-Konzentration im Sediment von fast 7.000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TS, obwohl gleichzeitig andere OPV-Konzentrationen nicht erhöht sind. Der Ursprung dieser Punktbelastung müßte durch ein feinmaschiges Untersuchungsrastrer geklärt werden. Gewässerzüge mit insgesamt erhöhten OPV-Konzentrationen im Sediment sind das Geestemünder Markfleet sowie die Neue Aue.

#### 4.4.6. OPV-Verteilung auf Längsschnitten

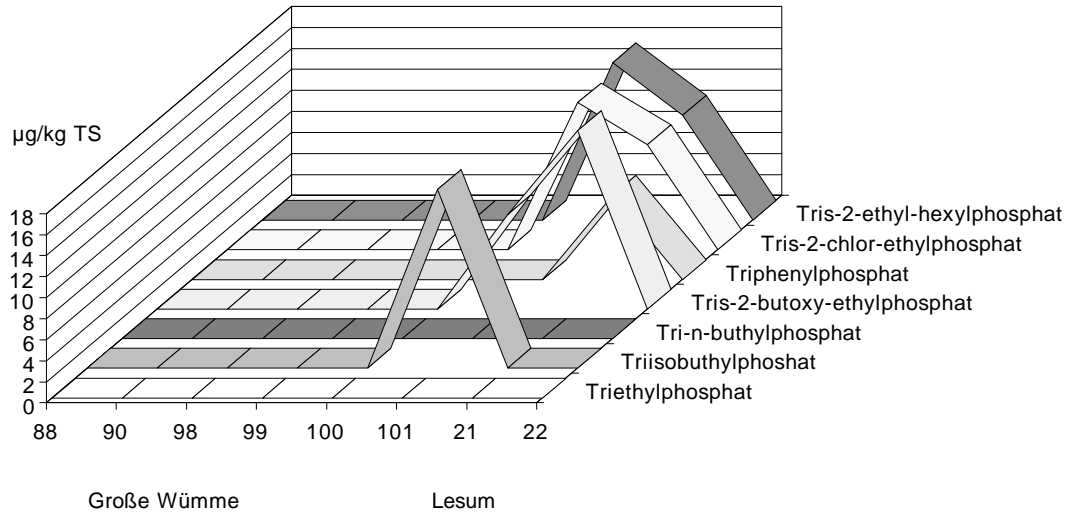
In den folgenden Abbildungen wird die Belastungssituation durch OPV in 3 ausgewählten Gewässerzügen aufgezeigt.



**Abb. 17:** OPV-Konzentrationen im Gewässerzug Rodenfleet/Kleine Wümme/Maschinenfleet

In dem Gewässerzug Rodenfleet/Kleine Wümme/Maschinenfleet (Abb. 18) sind lediglich zwei Belastungsschwerpunkte festzustellen, nämlich das Rodenfleet zwischen einem Neubaugebiet und der Bahnlinie sowie die Kleine Wümme direkt unterhalb des Osterholzer Friedhofs bzw. des Produktionswerkes Mercedes-Benz AG. Zusammenhänge zwischen Lage und Belastung lassen sich bei diesem Gewässerzug mit den vorliegenden Daten aufgrund zu weit auseinanderliegender Meßpunkte nicht herstellen.

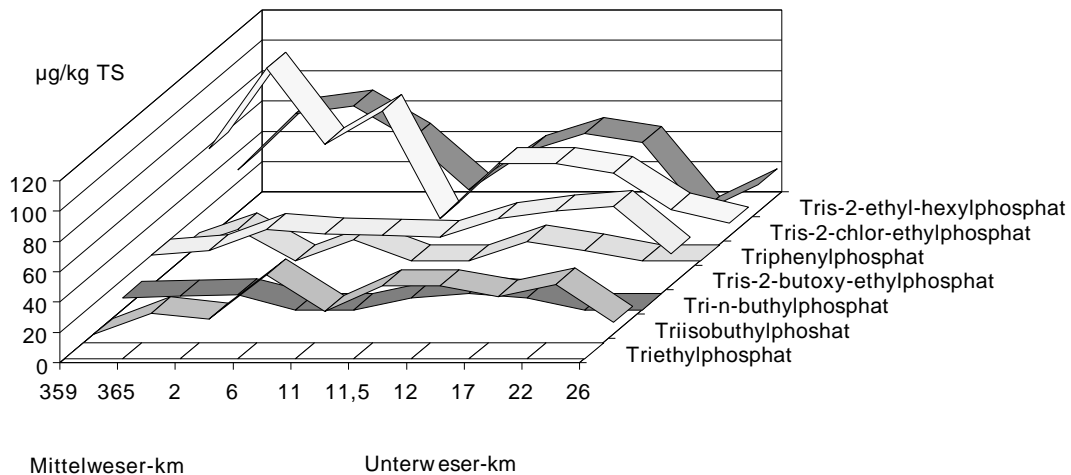
### OPV im Gewässerzug Große Wümme / Lesum



**Abb. 18:** OPV-Konzentrationen im Gewässerzug Kleine Wümme-Lesum

Im Gewässerzug Wümme/Lesum (Abb.18) herrschen insgesamt nur sehr geringe Belastungen nahe der Nachweisgrenze vor. OPV konnte lediglich im Bereich der Mündung von Wümme in die Lesum nachgewiesen werden. Das nach starken Regenfällen mischwasserbelastete Maschinenfleet fällt als mögliche Quelle genau so aus wie die Hamme, da Sedimente dieser Zuflüsse geringer belastet sind als die der Wümme. Eine andere Quelle kann in diesem Bereich nicht benannt werden.

### OPV im Gewässerzug Mittel- / Unterweser



**Abb. 19:** OPV Konzentrationen in der Mittel- und Unterweser

In den Sedimenten im Längsschnitt der Weser (Abb.19) sind deutlich zwei Gradienten zu erkennen, nämlich die fallenden Konzentrationen von Tris-2-ethyl-hexylphosphat und Tris-2-chlor-ethylphosphat. Die jeweils höchsten Konzentrationen konnten in den Sedimenten oberhalb des Weserwehres bei

Hemelingen nachgewiesen werden. Diese Sedimentfalle bewirkt, daß unterhalb des Wehres nur noch geringere Konzentrationen auftreten.

## **5. Auswirkungen von Niederschlagswasser am Beispiel der Neuenlander Wasserlöse**

### **5.1. Einleitung**

Aufgrund der vorhandenen Luftverunreinigungen ist Regen mehr oder weniger stark mit Schadstoffen belastet. Durch den Abfluß des Regens über vom Menschen unterschiedlich genutzte Oberflächen findet eine weitere - nutzungsbeeinflusste - Belastung des Niederschlagswassers statt. Bei Einleitung von Niederschlagswasser in bestehende Gewässer ist somit eine Verschlechterung der Wasserqualität anzunehmen.

Die Bremer Gesellschaft für Angewandte Umwelttechnologie und das Institut für angewandte Gewässerkunde und Landschaftsökologie wurden beauftragt, die Auswirkung von Niederschlagswasser auf die Gewässergüte eines kleinen überschaubaren Vorfluters beispielhaft zu untersuchen. Dabei sollten Veränderungen der chemischen Zusammensetzung, die Biologie des Gewässers und Anreicherungseffekte im Sediment erfaßt werden.

Die Probenahme erfolgte an acht ausgewählten Stellen in der Neuenlander Wasserlöse, und zwar einmal deutlich oberhalb der vorhandenen Einleitungen (Probenahmestelle 1), je einmal ober- und unterhalb von drei Einleitungen (Deutsche Airbus 1, Flughafen/Pumpstation und Bremer Straßenbahn AG 2) und einmal unterhalb des Einleitungsgebietes vor Beginn der Verrohrung. Die Wasserproben waren zu vier verschiedenen Zeitpunkten (zweimal bei Regen und zweimal nach einer längeren Trockenzeit) zu ziehen und auf die folgenden Parameter zu untersuchen:

pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur, Sauerstoff ( $O_2$ ), absetzbare Stoffe, CSB, BSB<sub>5</sub>, Stickstoffparameter ( $NH_4$ -N,  $NO_3$ -N,  $NO_2$ -N, Nges.), Phosphat ( $PO_4$ -P), Phosphor gesamt (Pges.), AOX, TOC, Kohlenwasserstoffe und auf die Metalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink. Darüber hinaus sollten bei Regen die drei Ausmünder Deutsche Airbus 1, Flughafen/Pumpstation und Bremer Straßenbahn (BSAG 2) beprobt und auf die gleichen Parameter wie die Grabenproben analysiert werden.

Des Weiteren waren je zweimal (Regen- und Trockenwetter) die Gewässersohle und Wasserpflanzen auf Wirbellose zu untersuchen.

An den acht ausgewählten Probenahmestellen sollten zusätzlich einmal Sedimentproben gezogen werden. Zur besseren Vergleichbarkeit mit vorhandenen Daten wurde die < 20 µm-Fraktion auf Schwermetalle (Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink) und schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (Pestizide und PCB) untersucht.



## 5.2. Chemische Untersuchung

### 5.2.1. Probenahme

Die Beprobung der Neuenlander Wasserlöse fand am 12.09.1988 und 08.11.1988 bei Trockenheit sowie am 10.10.1988 und 10.12.1988 bei Regen statt. Die gefallenen Regenmengen in diesem Zeitraum betragen:

08.10.1988	6,1 mm,	08.12.1988	2,7 mm,
09.10.1988	9,3 mm,	09.12.1988	2,5 mm,
10.10.1988	0,7 mm,	10.12.1988	0,7 mm.

#### 5.2.1.1. Wasser

Die Probenahme des Wassers erfolgte in Anlehnung an DIN 38 402, Teil 15. Die Proben wurden sofort in Flaschen abgefüllt und entsprechend stabilisiert bzw. kühl gelagert. Die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes, der Temperatur und Leitfähigkeit erfolgte mit Sonden direkt vor Ort.

#### 5.2.1.2. Sediment

Die Beprobung der Sedimente erfolgte mit einem Stechrohr, das mit einem beweglichen, gut abschließenden Stempel versehen war ("Sedimentheber"). Das Sediment der Tiefe 0 - 30 cm wurde in PE-Flaschen abgefüllt.

### 5.2.2. Beschreibung der Probenahmestellen:

Die Lage der einzelnen Probeentnahmestellen ist aus dem Lageplan der folgenden Seite ersichtlich.

#### 5.2.2.1. Probestelle 1

Oberhalb des Tores 10 c des Flughafengeländes vor dem dort angebrachten Stau. An dieser Stelle sind - sieht man von möglichen Auswirkungen durch landwirtschaftliche Nutzung der umliegenden Wiesen ab - keine Einleiter vorhanden.

#### 5.2.2.2. Probestelle 2 und 3

Diese Stellen liegen ca. 10 m ober- bzw. unterhalb des Ausmünders Deutsche Airbus 1. Dieser Ausmünder entwässert große Teile des Deutschen Airbus-Geländes. Die Wasserlöse fließt zwischen Probestelle 1 und 2 z.T. verrohrt unter der Startbahn des Flughafens hindurch. Bei den Regenereignissen wurde am 10.10.88 und 10.12.1988 der Ausmünder Deutsche Airbus 1 ebenfalls beprobt.

#### 5.2.2.3. Probestelle 4 und 5

Diese Stellen liegen ca. 10 m ober- bzw. unterhalb der Pumpstation des Flughafengeländes. Diese Station entwässert die Parkfläche des Flughafens. Zwischen den Stellen 3 und 4 leiten die Ausmünder Flughafen 3, Deutsche Airbus 2 und Deutsche Airbus 3 sowie die Ausmünder 2 und 3 der Luft-hansa und der Ausmünder der Flugsicherung in die Wasserlöse ein. Die Pumpstation des Flughafengeländes wurde bei Regen beprobt. Am 10.10.1988 erfolgte die Probenahme des Ausmünders am Rohrende in der Wasserlöse. Am 10.12.1988 wurde die Probe aus dem Pumpesumpf der Station entnommen. Zwischen den Stellen 5 und 6 münden die Einleitungen BSAG 1 sowie die Probestelle 666 des Programms Oberflächenwasser in die Wasserlöse.

#### 5.2.2.4. Probestelle 6 und 7

Diese Stellen liegen ca. 10 m ober- bzw. unterhalb des Ausmünders BSAG 2/Flughafendamm. Dieser Ausmünder entwässert den Teil des Hofgeländes der BSAG, auf dem sich das Salzlager befindet. Außerdem wurde auf diesem Hofteil bei einer Beprobung des Ausmünders die Lagerung verschiedener Chemikalien festgestellt.

#### 5.2.2.5. Probestelle 8

Die Stelle liegt im Bereich Richard-Dunkel-Straße, Ecke Dortmund Straße vor dem dort angebrachten Stau. Die Wasserlöse läuft unterhalb dieses Punktes verrohrt weiter und ist daher nicht zugänglich für Probenahmen.

### 5.2.3. Ergebnisse der chemischen Untersuchung

#### 5.2.3.1. Ergebnisse der Wasseruntersuchungen

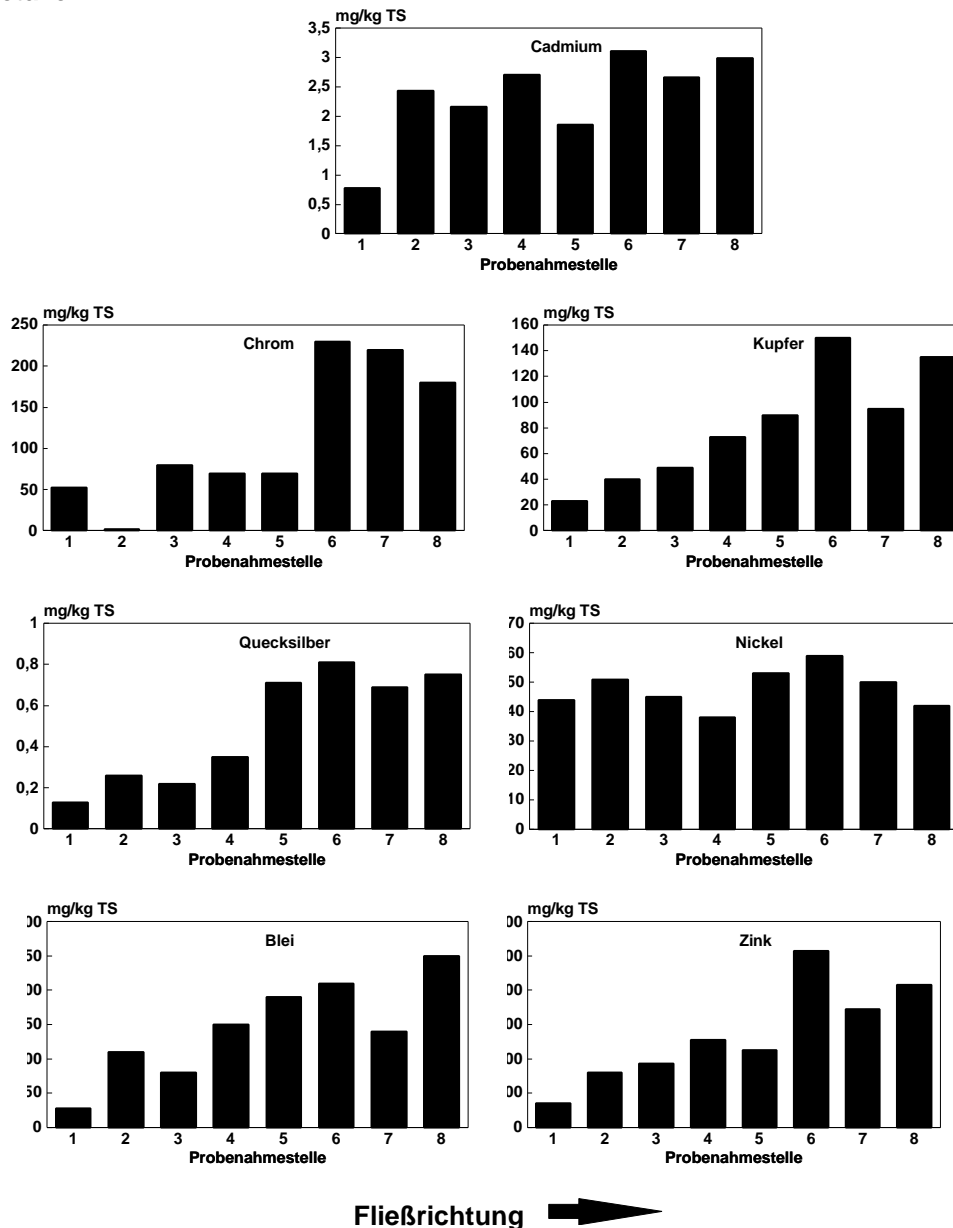
Die Analysenergebnisse der Wasseruntersuchungen zeigen im allgemeinen keine auffälligen Befunde. Es sind keine großen Unterschiede oder Tendenzen bei dem Vergleich der Resultate zwischen Regen- und Trockenereignissen erkennbar. Die Gehalte der untersuchten Schadstoffe in der Wasserlöse sind - bis auf einige Ausnahmen - gering.

Die Probenahmestelle 1 wurde als "Null-Meßstelle" ausgewählt, um den Belastungsgrad der Wasserlöse vor den Einleiterstellen zu erfassen. Die Ergebnisse liegen im wesentlichen im gleichen Bereich wie die der übrigen Probenahmestellen. Sie unterscheiden sich nicht wesentlich von älteren Untersuchungen (vergl. Gütebericht Bremen 1988)

#### 5.2.3.2. Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen

Die Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen der < 20 µm-Fraktion sind in den folgenden Abbildungen zusammengestellt.

## Schwermetalle:



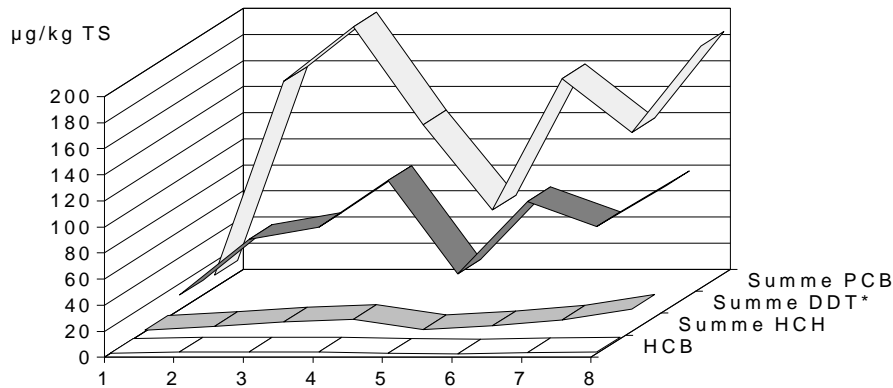
**Abb. 21:** Schwermetallkonzentrationen in den Sedimenten der Neuenlander Wasserlöse

Mit Ausnahme von Chrom und Nickel weisen alle anderen untersuchten Schwermetalle an der Probenahmestelle 1 ("Nullstellenwert") die niedrigste Konzentration in der Meßreihe auf. Auffällig ist die relativ kontinuierliche Zunahme der Kupfer-, Quecksilber-, Blei- und Zinkkonzentration in den Sedimenten der 8 Meßstellen. Die Cadmium- und Chromdiagramme zeigen deutliche Konzentrations-sprünge zwischen benachbarten Probenahmestellen. Die Schwankungen des Nickel- und Cadmiumgehaltes (mit Ausnahme der Meßstelle 1) in den Sedimentproben der 8 Meßstellen sind insgesamt relativ klein. Im Sediment der Probenahmestelle 6 wurden die höchsten Schwermetallkonzentrationen (Ausnahme: Blei) innerhalb der Untersuchungsserie ermittelt.

## Schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe:

Die folgende Abbildung zeigt eine Auswahl der Ergebnisse der Untersuchung der < 20 µm-Fraktion der Sedimente auf schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe.

### SCKW im Sediment der Neuenlander Wasserlöse



**Abb. 22:** Konzentrationen ausgesuchter SCKW in Sedimenten der Neuenlander Wasserlöse (Probenahmestellen s. Text, \* Bei der Summe DDT fehlen die Verbindungen 2,4-DDD und 2,4-DDE.)

Für die Darstellung der SCKW-Konzentrationen wurden nur solche Verbindungen/Verbindungsgruppen berücksichtigt, die überwiegend Werte oberhalb der Nachweisgrenze lieferten. Mit Ausnahme der Summe DDT ist die Zusammensetzung der Summe PCB und HCH identisch mit der im o. g. SCKW-Bericht.

Obwohl die Nachweisgrenze bei einigen Organochlorpestiziden nicht an allen Probenahmestellen überschritten wird, ist die Pestizidkonzentration bei den unterhalb Meßstelle 1 liegenden Probenahmestellen deutlich höher als bei der gewählten Nullmeßstelle. Das Bild stellt sich für die polychlorierten Biphenyle (PCB) noch deutlicher dar. Für die PCB liegt die niedrigste Konzentration bei der Meßstelle 1 vor. Bei den niedrig chlorierten PCB 28 und PCB 52 liegt der mit Abstand höchste Wert bei der Stelle 8 vor. Bei den höher chlorierten PCB liegt das Maximum bei der Probenahmestelle 3. Aber auch die anderen Meßstellen, insbesondere 2, 6 und 8, zeigen deutlich erhöhte Werte.

#### 5.2.4. Bewertung

Obwohl die Auswahl der untersuchten Ausmünder und Anzahl der Stichproben keine umfassende Aussage über die Auswirkungen von Niederschlagswasser auf die Neuenlander Wasserlöse erlaubt, können doch folgende Aussagen gemacht werden:

#### Wasseruntersuchungen

Die **Analyse der Wasserproben** im Vorfluter bringt wenig Informationen, da

- durch den Niederschlag nur geringe Nährstoffkonzentrationen eingetragen werden
- in der Wasserphase aufgrund von Sedimentationsprozessen nur eine geringfügige Schwermetallbelastung festzustellen war.

Die Untersuchungen vom 10.12.1989 (Ausmünder BSAG 2) zeigen jedoch, daß eine hohe Schwermetallbelastung durch Einleitung in die Wasserlöse erfolgen kann. Die hohen Schwermetallgehalte waren verbunden mit hohen Anteilen an Schwebstoffen. Hier sollte überprüft werden, inwieweit eine Einleitbegrenzung für Schwebstoffe zu einer Reduktion des Schwermetalleintrages führt.

## Sedimentuntersuchungen

Der relativ hohe Schwermetallgehalt in den **Sedimenten** und die Zunahme im Verlauf der Wasserlöse weisen auf einen deutlichen Schwermetalleintrag durch Einleitungen hin. Dieser Anreicherungseffekt tritt nicht nur für die Schwermetalle, sondern auch für die **Organochlorverbindungen** (Pestizide, PCB) auf.

Übergreifend läßt sich folgendes festhalten:

Die an der Meßstelle 1 gefundenen Werte liegen bei allen Parametern deutlich niedriger als

- die im Mittel im Verlauf der Wasserlöse gefundenen Konzentrationen
- die an der Meßstelle 8 gefundenen Werte.

Es ist ein deutlicher Anreicherungseffekt im Sediment der Neuenlander Wasserlöse zu erkennen mit einem Konzentrationsanstieg von Meßstelle 1 zu Meßstelle 8 bei den Schwermetallen sowie bei den Organochlorverbindungen. (Ein Bezug auf die o.g. Klasseneinteilungen kann hier nicht vorgenommen werden, weil die organischen Schadstoffgruppen in der < 20 µm Fraktion der Sedimente analysiert wurden.)

## 5.3. Biologische Untersuchungen

### 5.3.1. Probenahme

Das Makrozoobenthon wurde mittels eines speziellen Wirbellosenkeschers (Maschenweite 1mm) über der Gewässersohle quer zur Fließrichtung gezogen. Jeder Probenahmestelle wurde außerdem Pflanzenmaterial entnommen. Die Proben wurden vor Ort in Plastiktüten gefüllt, im Labor unter definierten Bedingungen ausgedesen und in Alkohol fixiert.

### 5.3.2. Ergebnisse und Bewertung der biologischen Untersuchung

#### Vergleich der Ergebnisse Probenahmeort 1 und 8

Der laut Definition "nicht belastete" Punkt 1 (P1), der somit ein **Referenzpunkt** gegenüber den weiteren Untersuchungspunkten darstellt, liefert mit einem Saprobienindex von 2,35 (Güteklasse II-III) schon eine kritische Vorbelastung. Die vorhandene Besiedlung ist zwar schneckendominiert, aber eine Massenentwicklung einzelner Arten kommt nicht vor. Eine mit Einschränkung herausragende Stellung ist in dem Vorkommen der Strudelwurmart *Dugesia lugubris* zu sehen, die Besiedler von nicht übermäßig verschmutzten Gewässern sind.

Probenort 8, der am Ende der Untersuchungsstrecke liegt und **sonit** die Gesamtbelastung widerspiegeln soll, unterscheidet sich insofern von Punkt 1, als daß sich der Saprobienindex nur geringfügig verschlechtert (S=2,38 - S=2,46, s. Abb.23), aber ein sicheres Vorkommen der o. g. sensibleren Strudelwürmer praktisch ausschließt. Auch hier (P8) ist das vorhandene Artenspektrum ausgeglichen. Eine klare Veränderung gegenüber Punkt 1 zeigt sich jedoch nicht. Ein Einfluß der Regenerereignisse im Oktober und Dezember wird nicht deutlich, der Saprobienindex sinkt sogar **geringfügig** im Oktober gegenüber September.

### Vergleich der Ergebnisse Probenahmeort 2 und 3

Meßstelle 2 (P2) liegt wie P1 oberhalb der ersten Einleitungsstelle. Der Saprobienindex liefert mit  $S=2,37 - S=2,52$  (Güteklasse II - III) bereits einen problematischen Ausgangspunkt für den Vergleich mit P3. Auch an P3 zeigt ein interner Vergleich zwischen Trockenwetter (Sept.) und Regenereignis (Okt.) ein deutlicheres Ergebnis (s. Abb. 22). Der Saprobienindex verschlechtert sich im Oktober relativ klar, einhergehend mit einer Massenentwicklung der Blasen-Physa *fontinalis*. Es findet eine ausgeprägte Verschiebung des Artenspektrums insofern statt, als daß der Schneckenanteil an P3 von durchschnittlich 60 % auf 89 % des Wirbellosenvorkommens steigt, wobei die Blasen-Physa im Oktober allein 50 % des Schnecken-vorkommens stellt. Ein ähnlicher, nicht ganz so deutlicher Anstieg ist ebenfalls an P2 zu beobachten. Solche Entwicklungen können ein Hinweis auf eine labile Biozönose sein.

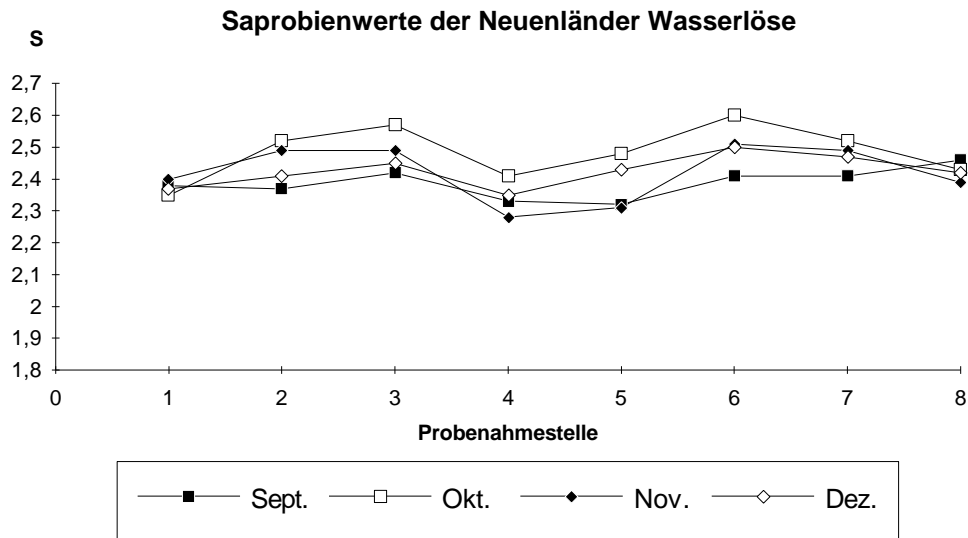
Die kleine Köcherfliegenpopulation (*Athripsodes*, *Limnephilus*) von P2 konnte an P3 nicht mehr nachgewiesen werden, ihr Fehlen ist ein möglicher Hinweis auf eine Verschärfung der Gewässersituation an P3. Die Parallelität der Verschlechterung des Saprobienindex an P2 und P3 im Oktober muß aber eine eindeutige Aussage über einen Einfluß der Einleitung oberhalb P3 offenlassen, da sich das Gesamtniveau nur geringfügig gegenüber P2 verschlechtert.

### Vergleich der Ergebnisse Probenahmeort 4 und 5

Punkt 5, der unterhalb der Einleitung liegt, läßt gegenüber dem oberhalb dieser Einleitung liegenden P4 keine signifikanten Unterschiede erkennen. Die Saprobienindices von P4 und P5 liegen sowohl im Vergleich der beiden Stellen als auch im zeitlichen Verlauf auf nahezu gleichem Niveau (Güteklasse II-III). Die Besiedlung erfährt in diesem Bereich mit dem Fehlen von Strudelwürmer, Libellenlarven und Köcherfliegenlarven eine weitere Verarmung gegenüber den oberhalb liegenden Punkten 1 und 2.

### Vergleich der Ergebnisse Probenahmeort 6 und 7.

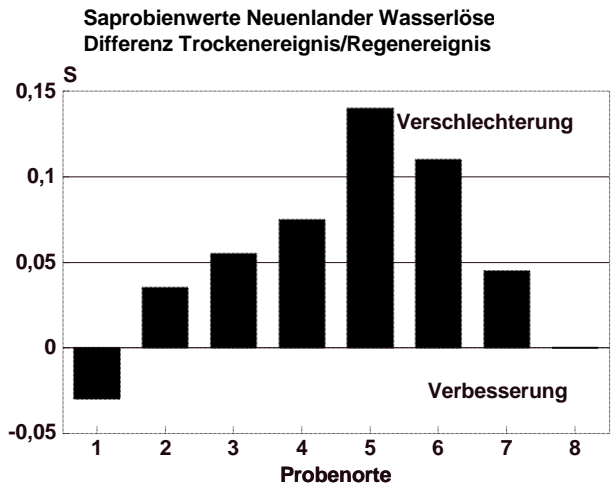
An beiden Punkten ist die Vorbelastung der bestimmende Faktor der GüteEinstufung (Klasse II-III). Konnten an den übrigen Stellen zumindest gängfügige tendenzielle Änderungen aufgezeigt werden, ist hier in keiner Hinsicht eine Auswirkung der Einleitung unterhalb P6 zu beobachten. An dem unterhalb liegenden P7 läßt sich sogar im Hinblick auf die saprobielle Einstufung eine leichte Verbesserung erkennen.



**Abb. 24:** Saprobienindices (S) im Längsschnitt der Neuenlander Wasserlöse

Aufgrund der festgestellten Grundbelastung (Landwirtschaft?) der Neuenlander Wasserlöse an Probenahmestelle 1, die nach dem Saprobienindex mit kritisch belastet einzustufen ist, lassen sich durch die im weiteren Gewässerverlauf erfolgenden Einleitungen (Deutsche Airbus, Flughafenparkplätze, Straßenbahndepot) nur sehr bedingt Veränderungen erkennen.

Ein Vergleich der Ereignisse "Trockenwetter/Regenereignis" in "ortsinterner" Hinsicht liefert deutlichere Ergebnisse als die ausschließliche Betrachtung der Entwicklung der Gewässergüte im Längsgradienten. Abb. 25 zeigt die saprobielle Veränderung an den Probenpunkten nach den Regenereignissen.



**Abb. 25:** Saprobielle Veränderung an den einzelnen Probestellen nach Regenereignissen

Es wird deutlich, daß mit Ausnahme von P1 und in gewissem Maße auch P8 an allen Untersuchungspunkten nach einer Naßwetterperiode eine Verschlechterung gegenüber der Situation der vorhergehenden Trockenperiode einzutreten scheint.

Trotz der mehr oder weniger deutlichen Tendenzen ist festzustellen, daß ein klarer Längsgradient, d.h. eine Summation der Belastung von P1 (Minimum) zu P8 (Maximum), sich nicht eindeutig nachweisen läßt, so daß sich mögliche Auswirkungen der Einleitungen im "Pärchenvergleich: oberhalb/unterhalb" nur sehr vage abzeichnen. Die o.g. Vorbelastung der Neuenlander Wasserlöse oberhalb der Einleitungsstellen ist der Hauptfaktor des geringen Maßes an Nachweisbarkeit der Auswirkungen. Ein weiterer Aspekt ist der ungünstige Zeitpunkt für eine befriedigende Probenahme im Hinblick auf die jahreszeitlichen Zyklen des Makrozoobenthons.

Aus faunistischer Sicht sollte abschließend noch auf einige Organismen hingewiesen werden, die zwar nur in geringen Häufigkeiten vorhanden sind, jedoch von hohem biologisch-ökologischem Interesse sind:

Vier bedrohte Schneckenarten *Bathymorphus contortus* (RL3, P1-P4), *Bithynia leachi* (RL3, P2, P4, P6-P8), *Valvata pulchella* (RL2, P2-P4) und *Viviparus viviparus* (RL3, P4, P5, P8) sowie die Eintagsfliegenart *Caenis robusta* (RL3, P3-P7) sind zwar nur sporadisch in der Wasserlöse gefunden worden, weisen aber auf die mögliche Bedeutung des Gewässers als wichtiger Lebensraum hin.

Eine interessante Beobachtung stellt zudem die Aufwärtswanderung des salzliebenden *Gammarus tigrinus* von Punkt 6-7 (Salzdepot der BSAG) bis Punkt 3 im Dezember dar, die offensichtlich die Folge einer Erhöhung des Salzgehaltes nach Einsatz von Salz als Tarnmittel auf den Parkplätzen ist.

Insgesamt muß die Biozönose der Neuenlander Wasserlöse im Untersuchungsgebiet als stark artenverarmt angesehen werden: es fehlen sämtliche Arten aus den Familien der Schwimmkäfer (Dytiscidae), Großlibellen (Anisoptera) sowie einige Arten der zu erwartenden Kleinlibellen wie die Federlibelle (*Platycnemis pennipes*) und andere für diesen Gewässertyp charakteristische Arten.

Gründe für das Fehlen der angesprochenen Gattungen lassen sich aus der vorhandenen Datenlage auch im Hinblick auf die physikalisch-chemische Analyse nicht ableiten. Es kann einerseits neben den hier diskutierten Einleitungssituationen sicherlich eine Grundbelastung durch landwirtschaftliche Beeinflussung ausschlaggebend sein.

Es muß weiterhin davon ausgegangen werden, daß die Auswirkung wichtiger Einflußgrößen auf die Besiedlungsqualität eines Gewässers wie Fraßdruck durch Fische, Pflanzenbewuchs als wichtiger Reproduktionsfaktor, morphologische sowie hydrologische Eigenschaften (Uferstruktur, Sedimentbeschaffenheit), die nicht Bestandteil dieser Untersuchung waren, sicherlich Gründe für das Fehlen bestimmter Arten liefern.

## **6. Konsequenzen aus den vorgestellten Ergebnissen**

### **6.1. Maßnahmen am Gewässer**

Aus den oben dargestellten Ergebnissen wird deutlich, daß einige Gewässerabschnitte außerordentlich stark belastet sind. Die Konsequenz aus den hohen Analysenwerten kann nur darin bestehen, die belasteten Sedimente möglichst umgehend aus den Gräben zu entfernen. Mit der Beseitigung der Sedimente z.T. einhergehend mit der Renaturierung der Gewässer ist schon begonnen worden. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die bereits begonnenen bzw. geplanten Aktivitäten.



Gewässer	Maßnahme G=Grundräumung U=Umgestaltung	Datum	belastet durch:	belasteter Gewässerabschnitt
Neuenlander Wasserlöse	G	92/93	Zn 4, Cd 4, PCB 6, DDT 5	Duisburger Str.
Mittelkämpfleeft	G, U	92/93	Pb 5, Cd 5, PCB 6, DDT4	Curiestr.
Waller Fleet	G, U	93	Pb 4, Zn 4, Cd 4	Unt. Staumauer
Bultenleeft	U		TCEP 6	Neuwieder Str.
Achterkampsleeft	G	93/94	PCB 4, TCEH 4	Witwe-Bolte-Weg
Mittelkampsleeft	G	93/94	Pb 4, Zn 4, Cd 4	Kurt-Schumacher-Allee
Vahrer Fleet	G	93/94	Pb 6, Zn 6, Cd 6, Hg 6, Cu 4, PCB 6, DDT 5, TEHP 4	Amelinghauser Str. - Bgm.-Spitta-Allee
Vahrer See	G	93/94		
Ihle	U	93/94	Pb 4, Zn 4, Cd 4	zw. Heidbergbad u. "Am Ihlesiel"
Schönebecker Aue	U	93/94	Pb 5, Cd 4	Bahnhof Vegesack
Beckedorfer Becke	U	93/94	Cd 4	
Blumenthaler Aue	U	93/94	Pb 4, Zn 4, Cd 4	ZOB Blumenthal
Graben im Moor	U	93/94	Pb 4, Cd 4	LSG Ruschdahl
Paschgraben	U	93/94		
Hermann-Entholt-Fleet		94	PCB 6, DDT 6	An d. Schule
Osterholzer Sielgraben	G, U	94/95	Pb 6, Zn 5, Cd 6, Hg 5	Graubündener Str.
Verbindungskanal	<b>wurde geräumt</b>		Pb 5, Cd 6, Zn 5, PCB 6, DDT 5	Anfang
Brückenstraßenleeft	G, U	94/95	Pb 5, Zn 5, Cd 5, TEHP 5 TCEP 4	Anfang (TEHP) bis Gewerbegebiet (Pb, Zn, Cd)
Geestemünder Markleeft (Bhv)	in Planung		Pb 5, Zn 6, Cd 6	Anfang u. Markleeftteich
Neue Aue (Bhv)	in Planung		Pb 5, Zn 6, Cd 6, PCB 6	Twischkamp
Spadener Markleeft (Bhv)	in Planung		TEHP 6	vor Geeste
Arsterfeldleeft	in Planung		TEHP 6	Martin-Buber-Str. (extrem hohe Werte)
Mahndorfer Bruchgraben	in Planung		Pb 5, TCEP 5, TEHP 5	Heerenholz
Mittelshuchtinger Fleet	in Planung		Pb 5, Zn 5, Cd 5, PCB 5	Vor d. Rückhaltensee (PCB), Kloßkampsweg (Schwermetalle)
Schmutzgraben	in Planung		PCB 6	Anfang
Hematenleeft	in Planung		Pb 5, Cd 5	Fußgängerbrücke Sonnebergerstr.
Arsten-Habenhauser Fleet	in Planung		PCB 5	Kattenescher Weg
Panrepelgraben	in Planung		PCB 5	Ricardostr.

**Tab.9:** Übersicht Grundräumung und naturnahe Umgestaltung von Gewässern

Einstufung der Belastungsklassen: Klasse 4: stark belastet  
 Klasse 5: stark bis übermäßig belastet  
 Klasse 6: übermäßig belastet

Die Einstufung der Schwermetallkonzentrationen erfolgte entsprechend der  $C_{60}$ -Klassen.

Abk.: SCKW = schwerflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe, OPV = Organophosphorverbindungen, Pb = Blei, Zn = Zink, Cd = Cadmium, Hg = Quecksilber, PCB = Polychlorierte Biphenyle, DDT = Dichlordiphenyltrichlorethan, TPP = Triphenylphosphat, TCEP = Tris-2-chlor-ethylphosphat, TEHP = Tris-2-ethyl-hexylphosphat.

Da im Nachhinein nicht festzustellen ist, ob die Ursache der Belastung eine "Altlast" oder ein Mißbrauch des Niederschlagswasserkanals durch einen illegalen Einleiter ist, wird das Wasserwirtschaftsamt in den belasteten Fleeten nach der Aufreinigung Dauermeßstellen für Sedimente einrichten [8]. Messungen während der Einleitung von Niederschlagswasser - also bei Regen - durchzuführen, versprechen keinen grundlegenden Erfolg, da die Ergebnisse zufällig sind.

Aus den oben dargestellten Ergebnissen wird deutlich, daß für die Belastung der Sedimente häufig mehrere Schadstoffgruppen verantwortlich sind. Ein Teil des Gewässerabschnittes kann durch Schwermetalle, ein anderer wiederum nur durch PCB's oder schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe hoch belastet sein. Andererseits kann aber auch das gleichzeitige Auftreten geringerer Konzentrationen mehrerer Schadstoffgruppen Einfluß auf die Biologie des Gewässers nehmen. Weiterhin ist zu bedenken, daß in diesem Bericht nur ein kleiner Ausschnitt möglicher Schadstoffe dargestellt worden ist. Man denke z.B. an die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, die bei fast jedem Verbrennungsvorgang anfallen oder an die hohe Anzahl der heute in der Landwirtschaft eingesetzten "Pflanzenschutzmittel". Ob ein Einfluß zu beobachten ist, hängt wiederum von der Art der Bindung ab, mit der die Schadstoffe im Sediment festgehalten werden (biologische Verfügbarkeit).

Aus diesen Überlegungen wird deutlich, daß Sedimentanalysen zwar Schadstoffbelastungen dokumentieren, daß aber über die biologischen Auswirkungen keine Aussagen gemacht werden können. Andererseits erfordert es wiederum einen hohen finanziellen Aufwand, alle Schadstoffgruppen zu untersuchen. Es wäre daher ratsam, ein Testverfahren zu entwickeln, das die Summe aller Einflüsse, die vom Sediment auf einen Organismus ausgehen können, erfaßt. In der Abwasserüberwachung setzen sich in den letzten Jahren immer mehr der biologische Wirkungstests durch. So ist der (teilweise heftig umstrittene) Fischttest schon seit langem ein Überwachungsparameter des Abwasserabgabengesetzes, aber auch die Messung der Giftigkeit gegenüber Daphnien (Wasserfloh), Algen und Leuchtbakterien gewinnt immer mehr an Bedeutung. Hier scheint sich mit Hilfe des Leuchtbakterientests eine Möglichkeit zu ergeben, auch den "Summeneinfluß" der Schadstoffbelastungen der Sedimente zu dokumentieren. Obwohl dieser Ansatz noch in den Kinderschuhen steckt, wird das Wasserwirtschaftsamt ihn verfolgen. Es plant, sich an der Entwicklung eines geeigneten Testverfahrens zu beteiligen.

Neben der Schadensbeseitigung ist es jedoch vordringliche Aufgabe, die Schadstoffe von den Gewässern fernzuhalten. Hierzu kann nur eine alternative Niederschlagswasserbeseitigung beitragen. Im folgenden werden Projekte aufgeführt, bei denen entsprechende alternative Konzepte bereits heute schon realisiert werden.

## 6.2. Herkömmliche Niederschlagswasserbeseitigung

Das auf befestigten Flächen anfallende, mehr oder weniger stark mit Schadstoffen belastete Regenwasser, wird dem Entwässerungssystem zugeführt.

Das Kanalnetz der Stadt Bremen ist seit dem Ende des letzten Jahrhunderts nach dem Mischverfahren angelegt worden. Dabei wird das Niederschlagswasser und das häusliche, gewerbliche sowie industrielle Schmutzwasser in einem Kanalsystem abgeleitet und der Kläranlage zugeführt. Da bei

sehr starken Regenfällen die Kapazität dieses Systems überschritten wird, wurden im Mischwasserkanalnetz Regenüberläufe angelegt. Über diese Überläufe kann stark belastetes Mischwasser in die Gewässer gelangen. Etwa die Hälfte der bebauten Stadtfläche, und zwar insbesondere die älteren inneren Stadtteile, werden heute in Bremen nach diesem Verfahren entwässert.

In den äußeren Stadtteilen ist das Entwässerungssystem im wesentlichen nach dem Trennverfahren ausgebaut worden. Beim Trennverfahren wird das Schmutzwasser und das Niederschlagswasser in zwei voneinander getrennten Kanalsystemen abgeführt. Während das Schmutzwasser der Kläranlage zugeführt und dort gereinigt wird, wird das gesamte Regenwasser - in der Regel unbehandelt - in Oberflächengewässer eingeleitet.

### **6.3. Alternative Niederschlagswasserbeseitigung**

Ein im August 1992 erarbeitetes Handlungskonzept zur alternativen Niederschlagswasserbeseitigung verfolgt das Ziel, das von der Oberfläche abfließende Regenwasser auf möglichst natürliche Weise abzuleiten. Das heißt, wo immer es möglich und vertretbar ist, soll die Ableitung nicht über Kanäle erfolgen, sondern über Verzögerung, Rückhaltung und Versickerung ermöglicht werden.

Als versickerungsfähig wird das von folgenden Flächen abfließende Niederschlagswasser eingestuft:

- Dachflächen (außer zink- und kupfergedeckte Dächer),
- Grünflächen,
- Wohnstraßen, Radwege, Gehwege,
- öffentliche Flächen, die nicht oder nicht ständig von Kraftfahrzeugen befahren werden,
- Gebiete, die zwar gewerblich oder industriell genutzt werden, aber mit Wohngebieten vergleichbar sind.

Als nicht versickerungsfähig gilt das Niederschlagswasser, das von folgenden Flächen abfließt:

- kritische Produktionsflächen (Schredderanlagen, Schrottplätze, u. ä.),
- Niederschlagswasser von stark befahrenen Straßen und stark frequentierten Parkplätzen,
- Niederschlagswasser aus allen anderen Gebieten (mit Ausnahme der zur Versickerung geeigneten).

Bevor dieses Wasser in die Oberflächengewässer geleitet wird, ist eine Behandlung erforderlich (z. B. Regenklärbecken, Kläranlage).

Folgende Maßnahmen zur alternativen Niederschlagswasserbeseitigung sind in Bremen bereits realisiert worden oder in Planung:

#### **6.3.1. Baugebiet zwischen Dresdener Straße und Am Weidedamm**

Das anfallende Niederschlagswasser wird im Neubaugebiet über Entwässerungsmulden in einen Flachsee, der mit einem "Notüberlauf" zum Torfkanal versehen ist, abgeleitet. Die Wassermenge wird dabei durch Versickerung und Verdunstung reduziert und durch Sedimentation vorgereinigt.

#### **6.3.2. Baugebiet Weidedamm II (Hemmstraße/Nolteniusweg/Torfkanal)**

Bei der Planung der Niederschlagsentwässerung wurden folgende Gesichtspunkte berücksichtigt:

- Geländeaufhöhungen werden soweit als möglich vermieden,
- Flächen werden nur in beschränktem Umfang versiegelt,
- Niederschlagswasser soll in Brauchwasserkreisläufen genutzt werden,
- Niederschlagswasser von undurchlässigen Flächen wird in Stau-Sickermulden zwischengespeichert,
- Niederschlagswasser von den privaten Terrassen- und Hofflächen soll unmittelbar am Entstehungsort versickern,
- der Oberflächenabfluß wird in ein Fleet eingeleitet und durch Versickerung über die Gewässersohle und durch Verdunstung reduziert,
- nur bei extremen Niederschlagsereignissen wird Regenwasser, das bereits durch Sedimentation vorgereinigt ist, in den Torfkanal eingeleitet.

### **6.3.3. Hafengelände am Fabrikenufer zwischen Revaler und Emdor Straße**

In dem Gebiet am Fabrikenufer sind ausschließlich Industriebetriebe ansässig, die ihr Niederschlagswasser direkt in den Holz- und Fabrikenhafen einleiten. Die Straße Fabrikenufer wird vorwiegend durch Schwerlastverkehr befahren. Das Niederschlagswasser dieser Straße wird von einem Mischwasserkanal abgeführt.

Die geplante Entwässerungskonzeption sieht vor, sowohl verschmutztes Regenwasser (von Verkehrs-, Lager- und Dachflächen) als auch gering belastetes über einen neuen Niederschlagswasserkanal nach anschließender Behandlung in einem Regenklärbecken in den Holz- und Fabrikenhafen einzuleiten.

Die Oberflächenwässer des Umschlagplatzes für beschädigte Gefahrgutgebände am Hansakai werden dem Schmutzwasserkanal zugeführt.

### **6.3.4. Baugebiet Horn-Lehe-West**

Die Stadt Bremen plant im Bremer Nordosten die bauliche Erschließung einer ca. 24 ha. großen Fläche am östlichen Rand des Hollerlandes. Vorgesehen ist die zeitlich gestaffelte Erschließung und Bebauung in 3 Bauabschnitten. Für das Baugebiet sind folgende Regenentwässerungsanlagen geplant:

- kurze Straßenentwässerungskanäle mit Direktauslässen in die Fleete und
- die Sammlung und Behandlung nicht schädlich verschmutzter Niederschlagswasser in oberflächennah angeordneten Sickermulden mit Überlaufeinrichtungen in die benachbarten Fleete.

### **6.3.5. Projekt "Beckedorfer Becke"**

Bei der Beckedorfer Becke handelt es sich um ein relativ kleines Fließgewässer, das in seinem Verlauf mehrere Niederschlagswassereinleitungen aus dem städtischen Trennsystem aufnehmen muß. Neben diesen Einleitungen tragen auch diffuse landwirtschaftliche Quellen zur Verschlechterung der Gewässergüte des Gewässers bei. Um die Verhältnisse in dem Gewässer zu verbessern, wird die

---

Niederschlagsentwässerung einiger Bereiche des anliegenden Bremer Stadtteils Aumund-Hammersbeck saniert.

Dieses Forschungsprojekt wurde in 3 Teile gegliedert:

Phase 1: Analyse der Belastungssituation des Gewässers und Entwicklung möglicher Sanierungsmaßnahmen

Phase 2: Umsetzung ausgewählter Sanierungsmaßnahmen

Phase 3: Erfolgskontrolle im Gewässer

Ende Dezember 1991 wurde die Phase 1 des Vorhabens abgeschlossen. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse wurde unter Berücksichtigung der Kriterien Gewässerschutz, Umsetzbarkeit und Kosten mögliche Sanierungsmaßnahmen erarbeitet.

Es werden im wesentlichen Regenbecken gebaut bzw. vorhandene Teiche genutzt. Mit den geplanten vier Becken bzw. Becken-Teich-Kombinationen sollen einerseits absetzbare Stoffe und Leichtflüssigkeiten (z.B. Benzin, Öle) zurückgehalten werden und andererseits soll eine Abfluszurückhaltung bewirkt werden. Ergänzt werden diese Maßnahmen durch den Umbau von Straßen- und Parkplatzentwässerungen, deren Regenabflüsse verrieselt bzw. versickert werden sollen.

### **6.3.6. Projekt Hauptfuhrpark**

Der Hauptfuhrpark der Bremer-Entsorgungs-Betriebe an der MVA führt das auf Dachflächen, Hofflächen und Straßenflächen anfallende Niederschlagswasser in Abflußmulden, Drainrinnen und Sickerbecken ab. Dieses Versickerungssystem nimmt in der Regel die anfallenden Niederschlagsmengen ohne hydraulische Überbelastung auf. Nur bei extremen Niederschlagsereignissen wird das Regenwasser über "Notüberläufe" in ein offenes Grabensystem, bzw. in den vorhandenen Mischwasserkanal abgeleitet.

### **6.3.7. Sanierung des Mischwasserkanalsystems**

Auch durch die Sanierung des Mischwasserkanalsystems auf dem rechten Weserufer wurde ein bedeutender Beitrag zur Verringerung der Belastung der Gewässer des Blocklandes erreicht. Die auf der folgende Seite dargestellte Graphik [9] zeigt die Verringerung der Belastung im Vergleich zum Basisjahr 1986. Der überwiegende Teil der Regenwasserüberläufe auf dem rechten Weserufer ist verschwunden. Fast ohne Ausnahme wird nur noch mechanisch gereinigtes Mischwasser eingeleitet. Dennoch stellt das nur noch gelegentliche Anspringen der Überläufe auch weiterhin eine Belastung des Gewässerzuges "Kleine Wümme/Maschinenfleet" dar.

---

## 7. Entwicklung der Wasserqualität der Weser in 1992

(Wo nicht speziell erwähnt, beziehen sich die im folgenden dargestellten Ergebnisse auf Analysen von 14-Tages-Mischproben, Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze gingen mit der Bestimmungsgrenze in die Berechnungen ein.)

### 7.1. Wasserführung

Das Jahr 1992 war gekennzeichnet durch eine extrem geringe Wasserführung in der Weser (Abb. 26). Der mittlere Abfluß am Pegel Intschede lag bei  $253 \text{ m}^3/\text{s}$  und somit 29% unter dem langjährigen MQ (1981 - 1990) von  $357 \text{ m}^3/\text{s}$ . Der geringste Abfluß wurde am 09.08. mit  $95,7 \text{ m}^3/\text{s}$  gemessen, der höchste gemessene Einzelwert lag am 15.03. bei  $829 \text{ m}^3/\text{s}$ .

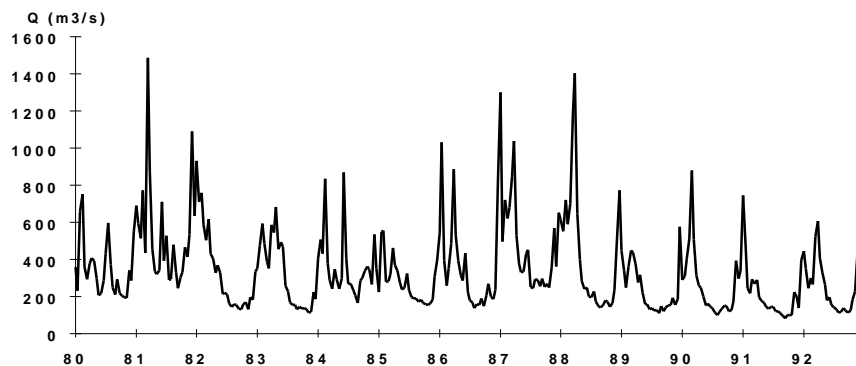


Abb. 26: Weser Abflußganglinie am Pegel Intschede (1980-1992)

### 7.2. Chlorid

Die Chloridkonzentrationen, die den überwiegenden Anteil des Salzgehalts der Weser ausmachen, verringerten sich. Auffällig ist in Abb. 27 die deutliche Reduzierung der Salzfracht ab 1990. Lag in 1991 die mittlere Chlorid-Konzentration in der Weser bei Hemelingen bei  $620 \text{ mg/l}$  (entsprechend einer mittleren Fracht von  $137 \text{ kg/s}$ ), wurde in 1992 eine mittlere Konzentration von  $410 \text{ mg/l}$  gemessen. Diese Konzentration entspricht in etwa einer mittleren Fracht von  $104 \text{ kg/s}$ . Das Maximum der Chloridfracht innerhalb einer 14-Tages-Periode lag in 1992 bei  $167 \text{ kg/s}$ , der gleiche Wert betrug im Vorjahr  $166 \text{ kg/s}$ .

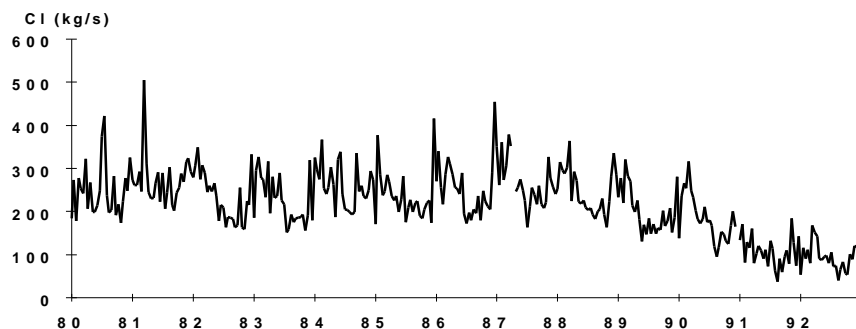


Abb. 27: Chloridfrachtganglinie Hemelingen 1980 - 1992

Die deutliche Reduzierung der Chloridfracht wird auch bei der Auflistung der Chloridkonzentrationen der Weser bei Hemelingen für die Jahre 1984 - 1992 ersichtlich. Die Mediane haben sich im Vergleich zu 1984 halbiert, das Maximum in 1992 liegt um ca. 35% unter dem von 1984.

Jahr	Median	90-P	Max.
1984	780	1080	1190
1985	880	1270	1360
1986	840	1270	1290
1987	660	880	910
1988	905	1350	1410
1989	985	1350	1430
1990	860	1330	1500
1991	615	940	1100
1992	370	660	750

**Tab. 10:** Median, 90-Perzentil und Maximum der Cl<sup>-</sup>Konzentration der Weser bei Hemelingen in den Jahren 1984 - 1992 (Konzentrationen in mg/l)

Vom Bund und von den Bundesländern an der Weser (ARGE WESER) wird eine weitere deutliche Reduzierung des Salzgehaltes in der Weser gefordert. Bis 1995/96 soll die Chloridfracht der Weser durch technische Maßnahmen in den thüringischen Salzbergwerken deutlich reduziert werden. Eine Vergleichmäßigung in der Konzentration wird schon in 1993 erfolgen, wenn in Thüringen die Ausgleichsbecken wieder in Betrieb genommen werden.

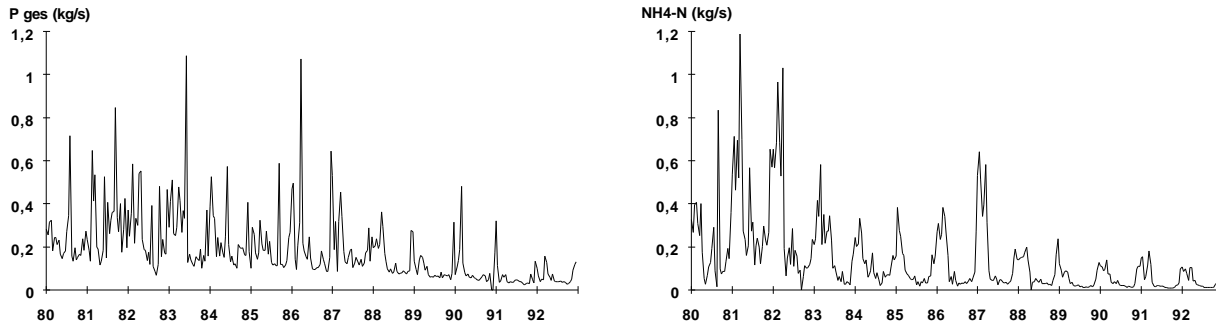
Infolge der Fusion der westdeutschen und ostdeutschen Kaliindustrie sollen in Thüringen zwei weitere Bergwerke geschlossen werden. Mit den vorgesehenen technischen Maßnahmen für das verbleibende Werk wird die Chloridfracht aus dem Bergwerksbereich Thüringen von früher 130 kg/sec auf etwa 18 kg/sec vermindert.

Damit besteht die Hoffnung, daß an der mittleren und unteren Weser die Konzentration von 500 mg/l Chlorid nur noch selten überschritten wird; diese Konzentration stellt diejenige Schwelle dar, bei der eine Störung der biologischen Verhältnisse einsetzen kann. An der Oberweser kann dieser Wert immerhin für die wasserreichen Zeiten im Jahr eingehalten werden. Die Werra wird hingegen ein salzbelasteter Fluß bleiben, allerdings auf erheblich geringerem Niveau als bisher.

Wie sich die Salzgehaltsreduzierung auf die Flora und Fauna auswirkt, wird in einem von der ARGE WESER finanzierten umfangreichen Meßprogramm dokumentiert. Schon jetzt ist abzusehen, daß sich die Organismenbesiedlung erheblich ändern wird.

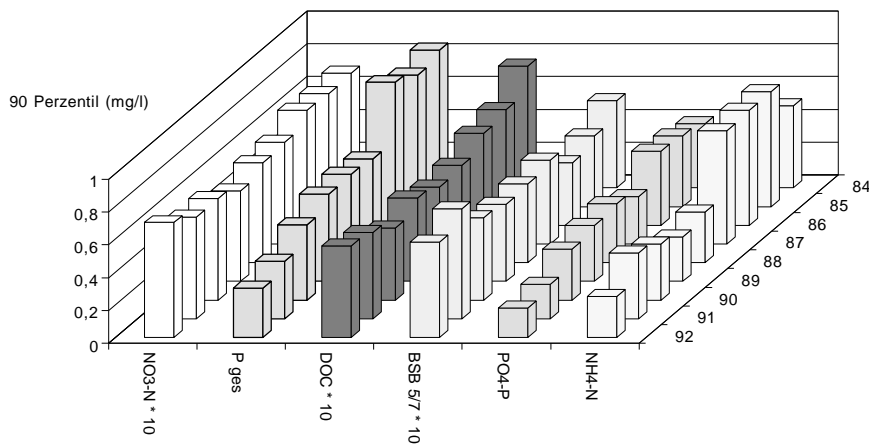
### 7.3. Pflanzennährstoffe

Auch die Frachten der Pflanzennährstoffe sind in 1992 niedriger als in den Vorjahren. Diese Entwicklung wird am Beispiel von Phosphor gesamt (P<sub>ges</sub>) und Ammoniumstickstoff (N<sub>4</sub>-N) dargestellt ( Abb. 28).



**Abb. 27:** P gesamt- und  $\text{NH}_4$ -N Frachten in der Weser bei Hemelingen

Aus der folgenden Abbildung sind die Konzentrationen für organische Summenparameter und Pflanzennährstoffe in der Weser (90 Perzentil) über einen Zeitraum von 9 Jahren ersichtlich.



**Abb. 29:** Organische Summenparameter und Pflanzennährstoffe in der Weser bei Hemelingen

Die 90-Perzentilwerte für P gesamt, ortho-Phosphat-Phosphor und Ammoniumstickstoff haben sich verringert. Lediglich bei Nitratstickstoff fiel die Reduzierung nicht so deutlich aus. Im Vergleich zu 1984 war eine nicht signifikante Reduzierung um 0,4 mg/l, den Median betreffend, festzustellen. Die sich geringfügig erhöhenden Werte für den BSB<sub>7</sub> in 1991 und 1992 können aus der umgestellten Analytik resultieren, da ab 1991 aus arbeitstechnischen Gründen nicht mehr der BSB<sub>5</sub> sondern der BSB<sub>7</sub> bestimmt wurde.

Die zusammenfassende Statistik für die Jahre 1984 - 1992 ist in der folgenden Tabelle noch einmal dargestellt.



Jahr	P ges (mg/l)		PO <sub>4</sub> -P (mg/l)		NH <sub>4</sub> -N (mg/l)		NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	
	50-P	90-P	50-P	90-P	50-P	90-P	50-P	90-P
1984	0,61	0,84	0,30	0,39	0,30	0,50	5,3	7,0
1985	0,66	0,80	0,34	0,43	0,20	0,70	5,7	6,9
1986	0,58	0,87	0,28	0,45	0,70	0,70	5,65	7,0
1987	0,44	0,52	0,19	0,29	0,17	0,69	5,35	6,2
1988	0,39	0,54	0,19	0,36	0,21	0,31	5,25	6,1
1989	0,39	0,53	0,21	0,34	0,13	0,27	4,2	5,5
1990	0,39	0,46	0,18	0,31	0,18	0,34	5,1	6,2
1991	0,28	0,35	0,13	0,21	0,14	0,40	4,9	6,2
1992	0,23	0,30	0,09	0,18	0,14	0,25	5,1	7,0

**Tab. 11:** Mediane (50-P) und 90-Perzentile der Pflanzennährstoffe in den Jahren 1984 bis 1992 in der Weser bei Hemelingen

Der Ausbau der kommunalen Kläranlagen im Einzugsbereich der Weser und die 1980 in Kraft getretenen Phosphathöchstmengeverordnung werden zu der Konzentrationsreduzierung der Phosphorverbindungen beigetragen haben. Andererseits ist jedoch zu bedenken, daß die letzten Jahre, bedingt durch geringe Niederschläge, relativ trocken gewesen sind. Die auf landwirtschaftliche Flächen aufgebrauchten Düngemittel wurden daher wahrscheinlich nicht in der Intensität abgewaschen wie in nassen Jahren und ruhen weiter als Abschwemmungspotential in der Bodenschicht.

Eine Übersicht der Ergebnisse der Messungen der hier diskutierten Parameter für 1992 ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Variable:	BSB <sub>7</sub> (mg/l)	DOC (mg/l)	Pges (mg/l)	PO <sub>4</sub> -P (mg/l)	NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	NO <sub>3</sub> -N (mg/l)
N	26	25	26	26	26	26
Median	3,2	7,8	0,23	0,10	0,14	5,10
Minimum	< 1,0	3,5	0,16	0,05	< 0,10	3,40
Maximum	6,3	5,8	0,42	0,20	0,41	7,10
90 Perz.	5,8	5,6	0,30	0,18	0,25	7,00

**Tab. 12:** Wichtige statistische Kenngrößen der organischen Summenparameter und Pflanzennährstoffe der Weser bei Hemelingen für das Jahr 1992

Durch den in den kommenden Jahren verstärkten Ausbau insbesondere der kommunalen Kläranlagen werden die Nährstoffgehalte der Weser, insbesondere die Stickstoffkonzentrationen, weiter sinken.

Die Jahresganglinien der Pflanzennährstoffe (Abb. 30) weisen in Hemelingen den für die Weser typischen Verlauf auf. Zu Beginn des Jahres stehen alle Stoffe ausreichend zur Verfügung. Mit der Zunahme der Lichtintensität und ansteigender Temperatur beginnt ab der 5. Periode die Wachstumsphase des Phytoplanktons. Die Konzentrationen der Stickstoffverbindungen werden deutlich reduziert, ab der 15. Periode liegt z.B. die Ammoniumkonzentration im Bereich der Bestimmungsgrenze der Analytik (0,1 mg/l NH<sub>4</sub>-N). Die Gesamtposphorkonzentration steigt parallel zur Abnahme der Stickstoffverbindungen mit zunehmender Biomasse an.

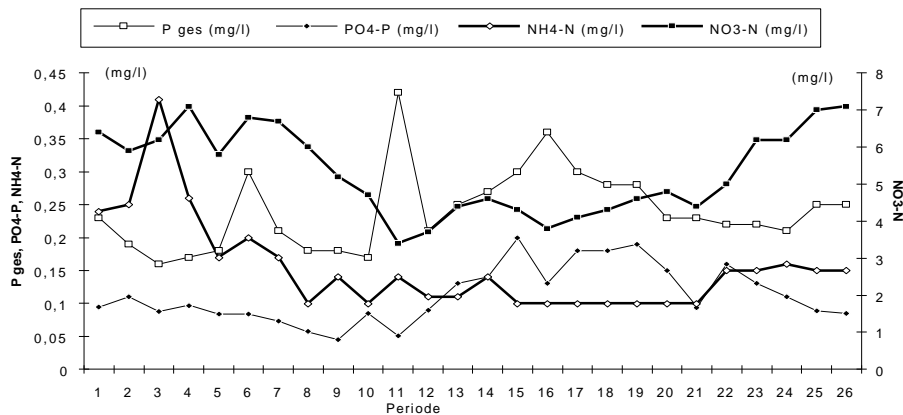


Abb. 27: Jahresganglinien P ges, PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>4</sub>-N und NO<sub>3</sub>-N in Hemelingen 1992

Auf den beiden folgenden Abbildungen sind die Verteilungen der Stickstoffverbindungen NH<sub>4</sub>-N und NO<sub>3</sub>-N in der Unterweser für das Jahr 1992 wiedergegeben.

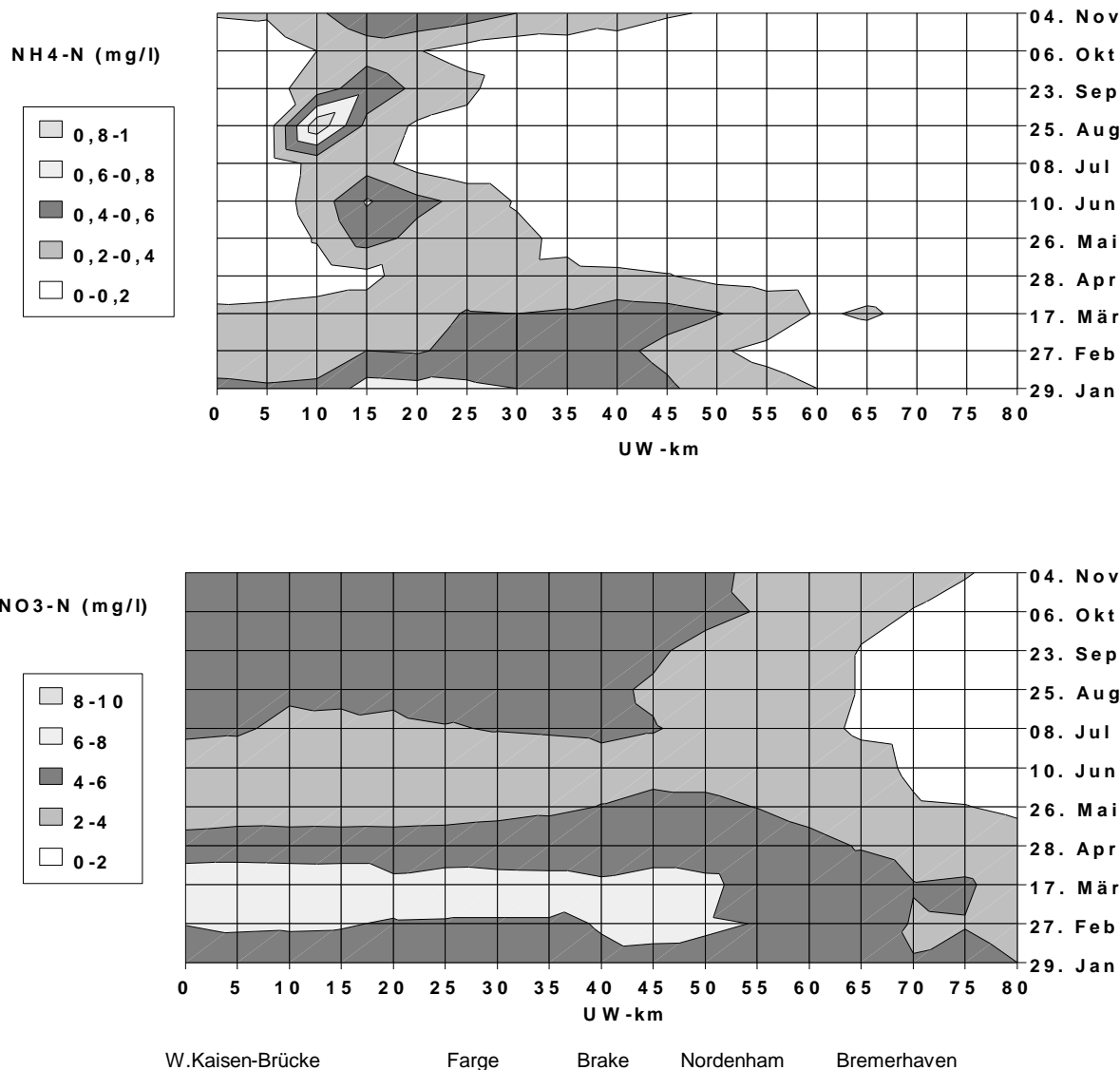


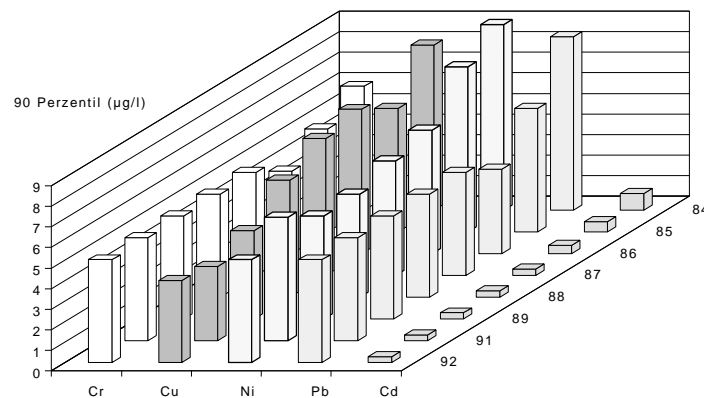
Abb. 28: Verteilung NH<sub>4</sub>-N (oben) und NO<sub>3</sub>-N (unten) in der Unterweser in 1992

Die  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Verteilung in der Unterweser zeigt ebenso wie der in Abb. 30 dargestellte Jahresgang das typische Bild. Zu Beginn des Jahres bis etwa März weist der Abschnitt bis UW-km 50/60 die höchsten Konzentrationen des Jahres auf. Mit der Erwärmung des Weserwassers und verstärktem Lichtangebot werden aufgrund erhöhter Stoffwechselaktivitäten die anorganischen Stickstoffkonzentrationen reduziert und erreichen im Juni/Julii ihre geringsten Werte. Infolge geringer Oberwasserabflüsse wird stickstoffärmeres Küstenwasser weit in das Mündungsgebiet der Weser eingetragen.

Die Ammoniumstickstoffverteilung zeigt im Winter/Frühjahr ein ähnliches Bild. Bedingt durch das Fehlen einer ausgeprägten biologischen Aktivität und durch höhere Oberwasserabflüsse weist der Abschnitt bis etwa km 60 die höchsten Konzentrationen auf. Zunehmende Stoffwechselaktivitäten verringern die  $\text{NH}_4\text{-N}$  Konzentrationen in weiten Teilen der Unterweser schließlich auf 0 - 0.2 mg/l. Der Belastungsschwerpunkt Bremen, im wesentlichen verursacht durch die Kläranlage Seehausen, ist während der gesamten Jahreszeit deutlich zu erkennen.

#### 7.4. Schwermetalle

Die sich verbessernden Reinigungsleistungen der industriellen und kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen scheinen sich auch in geringeren Schwermetallkonzentrationen widerzuspiegeln (Abb. 29). Auch hier können sich allerdings die geringen Niederschlagsmengen der letzten Jahre bemerkbar machen: Die Schwermetalle werden an den Schwebstoffen angereichert und anschließend im Sediment festgelegt. Durch geringe Oberwassermengen ruhen die metallbeladenen Sedimente am Gewässerboden, werden durch geringere Strömungsgeschwindigkeiten nicht aufgewirbelt und bewirken in der wässrigen Phase geringere Konzentrationen.



**Abb. 32:** ausgesuchte Schwermetalle in der Weser bei Hemelingen

Arsen, Cadmium und Chrom konnten in der wässrigen Phase nur im Bereich der Bestimmungsgrenzen nachgewiesen werden. Dennoch ist zu bedenken, daß die Wesersedimente durch Schwermetalle stark belastet sind. Abhefen kann hier nur eine konsequente Sanierung der durch den Bergbau im Harz bedingten Altlasten. Eine Übersicht über die in 1992 gemessenen Konzentrationen gibt die folgende Tabelle.

Variable:	As ( $\mu\text{g/l}$ )	Cd ( $\mu\text{g/l}$ )	Cr ( $\mu\text{g/l}$ )	Cu ( $\mu\text{g/l}$ )	Fe ( $\mu\text{g/l}$ )	Ni ( $\mu\text{g/l}$ )	Pb ( $\mu\text{g/l}$ )	Zn ( $\mu\text{g/l}$ )	Mn ( $\mu\text{g/l}$ )
Anzahl	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Median	< 1	< 0,3	< 5	3,4	610	< 5	< 5	23	110
Minimum	< 1	< 0,3	< 5	< 2	350	< 5	< 5	15	52
Maximum	1,4	0,37	7,7	22	2900	8,8	7,4	71	890
90 Perz.	1,1	< 0,3	< 5	7,7	1700	6,3	6,5	45	200

**Tab. 23:** Wichtige statistische Kenngrößen der in der Weser bei Hemelingen gemessenen Schwermetalle für 1992

## 7.5. Baden in der Weser

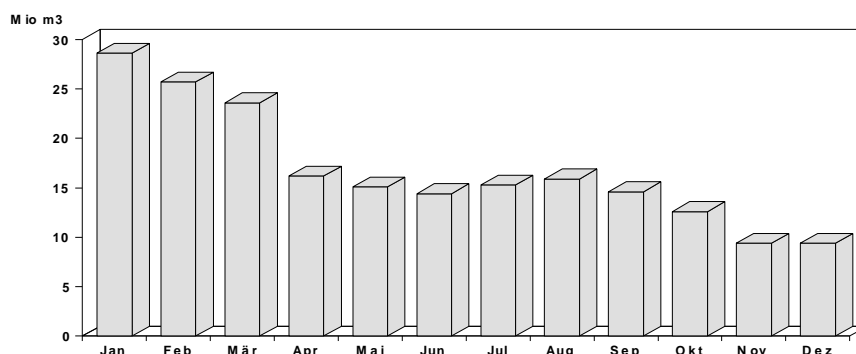
Obwohl die Belastung des Weserwassers z.T. deutlich reduziert wurde (s.o.), war die Weser auch in der Badesaison 1992 im stadtbremischen Gebiet kein offizielles Badegewässer. Die in Bremen-Hemelingen, Bremen-Mitte (Sielwallstrand), in Bremen-Farge und in Bremerhaven (nördlich der Geestemündung) ermittelten Ergebnisse erfüllen nicht die Anforderungen der EG-Richtlinien über die Qualität von Badegewässern. Für die Beurteilung, ob das Baden in der Weser zugelassen werden kann, wird neben der Gefährdung durch Schifffahrt und Strömung insbesondere die bakteriologische Belastung herangezogen. Die Anzahl der fäkalcoliformen und Gesamcoliformen Bakterien dient als Indikator für fäkale Verunreinigungen.

Die bakterielle Belastung der Weser resultiert u.a. aus den Einleitungen kommunaler Kläranlagen und aus diffusen landwirtschaftlichen Abschwemmungen. Es ist zu erwarten, daß die Bakterienfracht der Weser durch Ausbaumaßnahmen der kommunalen Kläranlagen verringert wird. Seuchenhygienisch bedenkliche Verunreinigungen werden spätestens durch den Einbau einer Filtrationsstufe deutlich reduziert. Für die Kläranlagen Seehausen und Farge in Bremen und die Zentralkläranlage in Bremerhaven ist der Einbau beabsichtigt. Die planerischen Maßnahmen sollen in 1994 beginnen.

## 8. Abwassereinleitungen

Bei großen Abwassereinleitern konnten in 1992 z.T. deutliche Frachtreduzierungen erreicht werden:

### 8.1. Klöckner Stahl GmbH

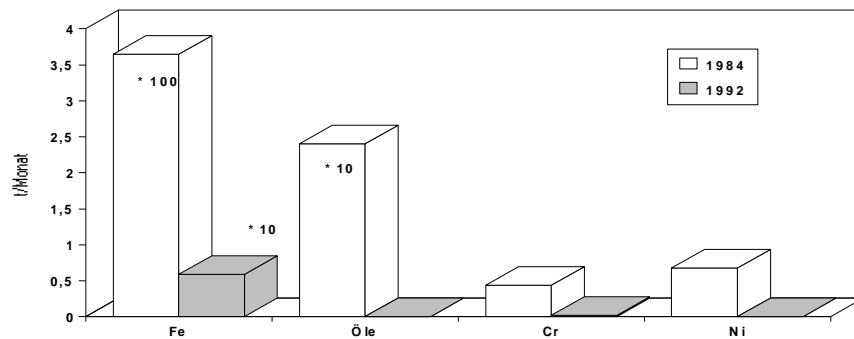


**Abb. 33:** Abwasservolumenstrom der Klöckner Stahl GmbH 1992

Bedingt durch betriebsinterne Wassersparmaßnahmen und durch die im Herbst durchgeführte Inbetriebnahme des Wasserkreislaufes im Warmwalzwerk II konnte der eingeleitete Schmutzwasserolumenstrom deutlich reduziert werden (Abb. 33). Die geringen Abwasservolumenströme im November und Dezember sind durch Reparaturmaßnahmen am Hochofen II und durch die finanzielle Krise des Unternehmens ausgelöst. Insgesamt konnten durch die in 1984 begonnene Sanierung der Wasserwirtschaft der Hütte beträchtliche Frachtreduzierungen erreicht werden. Die Weserwasserentnahme in Mittelsbüren wurde im Berichtsjahr eingestellt und dient nun ausschließlich der Versorgung in Notfällen. 1989 wurde der Kreislauf Strangguß in Betrieb genommen, 1992 folgte der Kreislauf Warmwalzwerk.

Durch die errichteten Abwasserreinigungsanlagen ist die Hütte für diese beiden Produktionsbereiche richtungsweisend für die gesamte Eisen- und Stahlproduktion in der Bundesrepublik und Europa:

Im Bereich der Stranggießanlage reinigt eine kombinierte Flotation- und Sandfiltrationsanlage das Abwasser. Hierdurch werden insbesondere Öle und Fette sowie Eisen dem Abwasser entzogen.



**Abb. 34:** Frachtreduzierungen im Abwasser der Klöckner Stahl GmbH 1984 zu 1992

Die Abwasserbehandlungsanlagen im Bereich des Warmwalzwerkes und der Stranggießanlage bewirken, daß u.a. toxische Metalle wie Chrom und Nickel im Abwasser nur noch in Konzentrationen unter 0,1 mg/l nachgewiesen werden können.

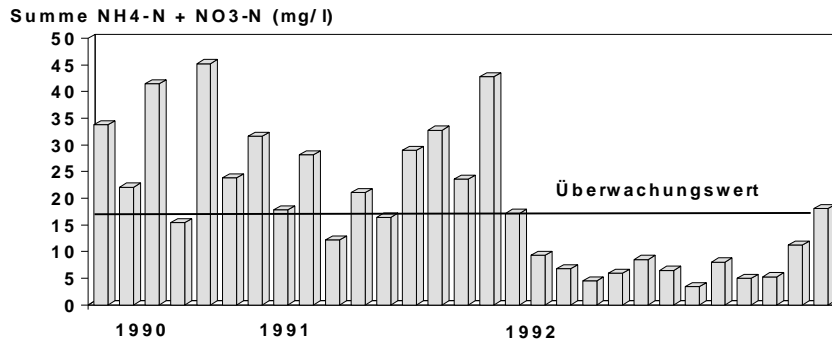
Die Auswirkungen auf das Abwasser der beiden Abwasserbehandlungsanlagen sind für die Parameter Eisen, Mineralöle, Chrom und Nickel in der Abbildung 34 wiedergegeben. Aus ihr wird deutlich, daß die drei zuletzt genannten Parameter im Abwasser außerordentlich stark reduziert wurden. Als Bezugsjahr wurde 1984 gewählt, da zu diesem Zeitpunkt mit der Realisierung von fast geschlossenen Kreisläufen in den Produktionsbereichen Strangguß und Warmwalzwerk begonnen wurde.

## 8.2. Kommunale Kläranlagen

### a.) Delmenhorst

Als erste von 4 im Bereich der Weser in Bremen-Stadt einleitenden kommunalen Kläranlagen wurde die KA Delmenhorst saniert. In 1992 wurde die Nitrifikation/Denitrifikation und die biologische Phosphatfällungsanlage in Betrieb genommen, so daß die Abwasserreinigung dem Stand der Technik entspricht: ganzjährig wird eine Gesamtphosphorkonzentration kleiner 1 mg/l erreicht, in der Zeit, in der die Abwassertemperaturen größer 12° C sind, liegt die Konzentration des anorganisch

gebundenen Stickstoffes unter 18 mg/l. Die reduzierten Konzentrationen im Abwasser sind exemplarisch für den Stickstoff in Abb. 35 dargestellt.



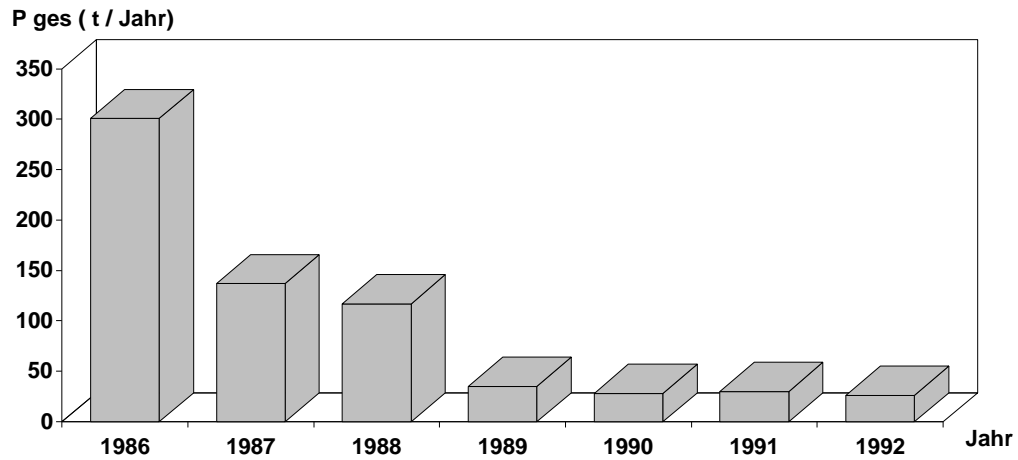
**Abb. 35:** Summenganglinie (NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N) der Kläranlage Delmenhorst in den Jahren 1990 - 1992 (Überwachungswert s. 10.6)

## b.) Land Bremen

Die 3 Großkläranlagen Seehausen und Farge in Bremen und die Zentralkläranlage in Bremerhaven werden mit biologischen Reinigungsverfahren und chemischer Phosphatfällung betrieben. Durch die chemische Fällung wird seit 1990 über 90% der Phosphatfracht des Abwassers zurückgehalten. Geplant ist die Umstellung von chemischer auf biologische Phosphat-Elimination. Der Stickstoffgehalt des Abwassers wird zukünftig durch im Bau befindliche Nitrifikations-/Denitrifikationsstufen reduziert [10].

Bis zum Jahr 1996/97 werden alle in Bremen einleitenden kommunalen Kläranlagen (einschließlich Osterholz-Scharmbeck) auf diesen Stand der Abwasserreinigung gebracht werden. Für die Weser und die innere deutsche Bucht wird diese Entlastung bei den eutrophierenden Stoffen eine bedeutende Rolle spielen.

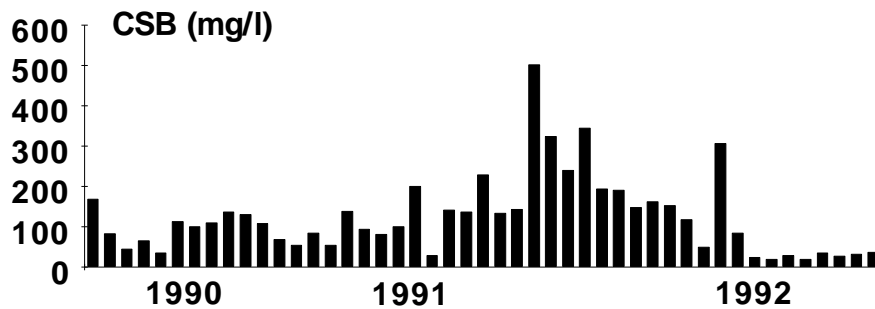
Am Beispiel der größten kommunalen Kläranlage Bremens ( Kläranlage Seehausen) werden erste Sanierungserfolge deutlich. Seit der Inbetriebnahme 1985 als zweistufige biologische Abwasserreinigungsanlage und der chemischen Phosphatfällung in 1988 wurden über 90% der Phosphorfrachten zurückgehalten. Für die Kläranlage Bremen-Seehausen gilt, daß die Abwasserreinigung bezüglich Phosphor bereits heute den wasserrechtlichen Anforderungen an die weitergehende Abwasserreinigung entspricht.



**Abb. 29:** Entwicklung der Gesamtphosphor-Fracht der Kläranlage Seehausen von 1986 bis 1992

### 8.3. Norddeutsche Steingut AG

Ausgelöst durch innerbetriebliche Umbaumaßnahmen konnten die vorübergehend angestiegenen CSB-Konzentrationen, die durch einen Fehlschluß an die betriebseigene Kläranlage verursacht worden waren, deutlich unter die Konzentrationen der Vorjahre gedrückt werden (Abb. 36). Für die Schönebecker Aue, in die das Abwasser der Norddeutschen Steingut AG eingeleitet wird, bedeutet diese Reduzierung der organischen Fracht eine erhebliche Entlastung.



**Abb. 36:** CSB-Konzentrationsverlauf im Ablauf der Kläranlage Norddeutsche Steingut AG (1990 - 1992)

## 9. Gewässerverunreinigungen und Fischsterben

### 9.1. Gewässerverunreinigungen in 1992 in Bremen-Stadt

Zwischenfälle, die 1992 zu einer Verunreinigung der Gewässer in Bremen-Stadt geführt haben:

Datum	Gewässer	Verunreinigung	Verursacher	Maßnahmen
05.02.	Regenrückhaltebecken Hindenburgstr.	Heizöl	Tankzug: defekter Zapfschlauch	Ölsperre und Abschöpfen von Öl
27.02.	Graben zwischen Fasanenweg u. Hohweg	Öl	defekte Heizanlage	Öl abgesaugt, Schlickentnahme
16.03.	Überseehafen	Schweröl	unbekannt	Ölbeseitigung
15.04.	Kohlenhafen	Öl	Schiff: Loksa, Tallin	Ölbeseitigung
16.04.	Europahafen	Schweröl	unbekannt	Absaugen der Ölverunreinigung
09.05.	Europahafen	Öl	Schiff Eastern Steamer, Zypern	Ölbeseitigung
12.05.	Neustädter Hafen	Schweröl	unbekannt	Ölbeseitigung
13.05.	Lankenauer Hafen	Schweröl	unbekannt	Ölbeseitigung
03.07.	Neustädter Hafen	Öl	Schiff: Hai Xiang	Ölbeseitigung
15.07.	Kalihafen	Löschwasser	unbekannt	Löschwasser aufgefangen
22.07.	Kalihafen	Öl	Schiff: Behice Urkmez, Istanbul	Ölbeseitigung
24.07.	Hakenburger See	Öl	unbekannt	Abschöpfen
28.07.	an der BAB 27, Abfahrt Freihafen	Öl	Verkehrsunfall	Beseitigung der Verunreinigung
19.08.	Neustädter Hafen	Hydraulik-Öl	Schlickbagger	Ölbeseitigung
29.08.	Europahafen	Bilgenöl	Schiff: Anastasis	Ölbeseitigung
09.09.	Europahafen	Schweröl	unbekannt	Spundwandreinigung Ölbeseitigung
19.10.	Graben Steinacker/Lesumer Heerstr.	Öl	unbekannt	Ölsperre
22.10.	am BAB-Zubringer, Horn-Lehe	Öl	Verkehrsunfall	Ölsperren
24.10.	Habenhauser Landwehr	Öl	unbekannt	Ölsperren
08.11.	Industriehafen	Öl	unbekannt	Ölbeseitigung
11.11.	Kap-Horn-Hafen	Schweröl	Schiff: Helle Stevens	Ölbeseitigung



## 9.2. Gewässerverunreinigungen in 1992 in Bremerhaven

Zwischenfälle, die 1992 zu einer Verunreinigung der Bremerhavener Gewässer geführt haben:

Datum	Gewässer	Verunreinigung durch	Verursacher	Maßnahmen
21.01.	Kanal	Benzin	Fa. Maiwald	Absaugen
24.01.	Überseehafen	schweres Heizöl	M/S "Buenos Aires"	Ölbeseitigung
03.02.	Graben / Seilerstr.	Öl	unbekannt	Ölsperre, Absaugen
19.02.	Fischereihafen II	Gasöl	FM/S "Sölvi BJ."	Ölbeseitigung
25.02.	Lloyd-Werft	Restöl	M/S "Atl. Erie"	Ölbeseitigung
29.02.	Weser	Öl	M/S "NIPS"	Ölbeseitigung
05.03.	Kaiserhafen I	Restöl	M/S "Helgoland"	Ölbeseitigung
09.03.	Fischereihafen	Altöl	unbekannt	Ölbeseitigung
14.03.	Kaiserhafen II	schweres Heizöl	M/S "PO"	Ölbeseitigung
17.03.	Überseehafen	schweres Heizöl	M/S "EG:Reefer"	Ölbeseitigung
20.03.	Kaiserhafen I	Öl	M/S "Master Tor"	Ölbeseitigung
20.03.	Graben/Jahnstr.,Steinkämpe	Dieselmotorenöl	unbekannt	Ölsperre
01.04.	Fischereihafen II	Gasöl	FM/S "Skanfirngur"	Ölbeseitigung
01.04.	Fischereihafen II	schweres Heizöl	M/S "D.Zaliv"	Ölbeseitigung
06.04.	Verbindungshafen	Gasöl	TM/S "Grautank"	Ölbeseitigung
14.04.	Fischereihafen	Gasöl	unbekannt	Ölbeseitigung
07.05.	Fischereihafen	Gasöl	F/K "Land Wursten"	Ölbeseitigung
18.05.	Graben / Sonnentauweg	Kaltreiniger	unbekannt	Absaugen
09.06.	Nordhafen	Stevenöl	M/S "Sabine D"	Ölbeseitigung
23.06.	Nordhafen	schweres Heizöl	unbekannt	Ölbeseitigung
26.06.	Kaiserhafen II u. Osthafen	Stevenöl	M/S "Faust"	Ölbeseitigung
03.07.	Weser	schweres Heizöl	M/S "At. Mercoda"	Ölbeseitigung
03.07.	Markfleet / zur Hexenbrücke	Dieselmotorenöl	unbekannt	Ölsperre, Absaugen
05.07.	Fischereihafen II	schweres Heizöl	TM/S "J. Fehner"	Ölbeseitigung
19.07.	Kaiserhafen I	Altöl	TM/S "Mirco"	Ölbeseitigung
28.07.	Kaiserhafen I, MWB	Thermoöl	M/S "D. Schulte"	Ölbeseitigung
30.07.	Erzhafen	Farbe	M/S "W. Deute"	Farbbeseitigung
11.08.	Graben / Lindenallee	Dieselmotorenöl	unbekannt	Ölsperre
11.08.	Kaiserdock II	Bilgenöl	unbekannt	Ölbeseitigung
18.08.	Kaiserhafen II	Hydrauliköl	M/S "Kassel"	Ölbeseitigung
18.08.	Fischereihafen	Gasöl	FM/S "Ch.Jarchau"	Ölbeseitigung
19.08.	Nordhafen	Gasöl	M/S "Santa Maria"	Ölbeseitigung
23.08.	Kaiserhafen II	Motorenöl	M/S "Isabella"	Ölbeseitigung
24.08.	Graben / H. Ehlers Str.	Öl	unbekannt	Ölsperre
31.08.	Neuer Hafen	Fett	unbekannt	Fettbeseitigung
03.09.	Neuer Hafen	Gasöl	Fa. Petrotank	Ölbeseitigung
05.10.	Fischereihafen I	Gasöl	FM/S "Störteb"	Ölbeseitigung
09.11.	Neue Aue / Grauwall-Ring	Dieselmotorenöl	unbekannt	Ölsperre, Absaugen
19.11.	Labradorhafen	Gasöl	Sp. "Jana"	Ölbeseitigung
29.11.	Kaiserhafen II R+L	schweres Heizöl	M/S "Reefer Bay"	Ölbeseitigung
02.12.	Graben / Im Schilfsmoor	Dieselmotorenöl	unbekannt	Ölsperre
08.12.	Erzhafen	schweres Heizöl	M/S "GlobalLing"	Ölbeseitigung
17.12.	Kaiserhafen II "E"	Bilgenöl	M/S "Faust"	Ölbeseitigung

### 9.3. Gemeldete Fischsterben in den Jahren 1988 - 1992

Datum	Gewässer	Ursache	Menge
<b>1988</b>			
19.03.88	Teich vor dem Flughafen	NH <sub>3</sub> -Vergiftung infolge starken Algenwachstums	60 Fische verschiedener Arten
31.05.88	Deichschlot	NH <sub>3</sub> -Vergiftung infolge starken Algenwachstums	10 Fische verschiedener Arten
02.06.88	Torfkanal, Kleine Wümme ab Stau (Rechenzentrum)	Sauerstoffmangel durch Einleitung von Mischwasser (Notüberläufe)	ca. 500 Fische (Brassen, Barsche, Hechte, etc.)
13.07.88	Kleine Wümme vom Einlauf Vahrer Fleet bis Zulauf Kuhgraben	bei Starkregenereignis Einleitung von vermutlich Kaltreiniger aus dem Industriegebiet Sebaldsbrück	vermutlich der gesamte Fischbestand
15.07.88	Huchtinger Fleet beim Roland Center	vermutlich Einleitung von benzinähnlichen Substanzen aus NSW-Kanal über Pumpwerk	8 Fische verschiedener Arten
13.08.88	Neuenlander Wasserlöse	Sauerstoffmangel durch Löschwassereinleitung vom Gelände Fa. Kocks	ca. 70 kg Fisch
15.08.88	Rablinghauser Vorfluter	Sauerstoffmangel. Bei der Fa. Brinkmann wurde durch Wasserrohrbruch ein Tabaklager überstaut.	ca. 100 Aale und Brassen
Im Bereich der Stadtgemeinde Bremerhaven wurde im Jahre 1988 kein Fischsterben beobachtet.			
<b>1989</b>			
01.05.89	Rodensee	Rattengift, welches am Ufer vom HGA zur Rattenbekämpfung ausgelegt wurde	div. Fische (keine Angaben)
01.07.89	Ochtum im Bereich Wartum	Sauerstoffmangel	unbekannte Anzahl div. Arten
22.09.89	privater Teich bei der Molkerei Burg	unbekannt	ca. 200 kleine Brassen
27.11.89	Fischteich Borgfeld Timmersloh	unbekannt	keine Angaben
Im Bereich der Stadtgemeinde Bremerhaven wurde im Jahre 1989 kein Fischsterben beobachtet.			
<b>1990 1991</b>	In den Jahren 1990 und 1991 ist im Land Bremen kein Fischsterben bekannt geworden.		
<b>1992</b>			
15.02.92	Ihle Rückhaltebecken	Verdacht auf Sauerstoffmangel nach starken Niederschlägen	20 Brassen
17.07.92	Kalihafen	Vermutlich Löschwasser der Brandbekämpfung auf dem "MS Behice Urkmez"	unbekannte Anzahl
25.08.92	Blumenthaler Aue	Mischwassereinleitung der BEB für ca. 1 Std.	hunderte kleiner Fische
Im Bereich der Stadtgemeinde Bremerhaven wurde im Jahre 1992 kein Fischsterben beobachtet.			

## **10. Anhang**

### **10.1. Untersuchungsmethoden**

#### **10.1.1. Chemisch-physikalische Analyseverfahren**

##### **10.1.1.1. Analyseverfahren zur Untersuchung von Oberflächenwasser**

<b>Meßgröße</b>	<b>Analyseverfahren</b>	<b>Bestimmungsgrenze*</b>
pH-Wert	DIN 38 404-C 5	Rundung: 0,1
Leitfähigkeit	DIN 38 404-C 8	1 mS/m
Temperatur	DIN 38 404-C 4-2	Rundung: 0,1°C
Sauerstoffgehalt	DIN 38 408-G 22	0,1 mg/l
Absetzbare Stoffe	DIN 38 409-H 9-2	0,1 ml/l
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	DIN 38 409-H 41	15 mg/l
Biochemischer Sauerstoffbedarf BSB <sub>5</sub>	DIN 38 409-H 51	3 mg/l
Kohlenwasserstoffe, IR	DIN 38 409-H 18	0,05 mg/l
Gesamt-Stickstoff	DIN 38 409-H 12	
Ammonium-Stickstoff	DIN 38 406-E 5	0,01 mg/l
Nitrat-Stickstoff	DIN 38 405-D 9-3	0,02 mg/l
Nitrit-Stickstoff	DIN 38 405-D 10	0,004 mg/l
Organisch gebundener Stickstoff	DIN 38 409-H 11	2 mg/l
Gesamt-Phosphor	DIN 38 405-D 11-4	0,01 mg/l
Phosphat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	DIN 38 405-D 11	0,01 mg/l
Adsorbierbare organisch gebundene Haloge (AOX)	DIN 38 409-H 14	0,01 mg/l
Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)	DIN 38 409-H 3	0,4 mg/l
Cadmium	DIN 38 406-E 19-3	0,0002 mg/l
Quecksilber	DIN 38 406-E 12-3	0,0001mg/l
Chrom	DIN 38 406-E 10-2	0,002mg/l
Kupfer	DIN 38 406-E 22	0,001mg/l
Nickel	DIN 38 406-E 11-2	0,003mg/l
Blei	DIN 38 406-E 6-3	0,001 mg/l
Zink	DIN 38 406-E 22	0,01 mg/l

\* die Bestimmungsgrenze ist matrixabhängig und kann je nach Matrix von dem angegebenen Wert abweichen

##### **10.1.1.2. Gewinnung der < 20 µm-Fraktion im Sediment**

###### **1. Neuenlander Wasserlöse**

Die Sedimentprobe mit Wasser (Tridest-Qualität) aufschlämmen, mit Hilfe von Ultraschall durch ein Sieb (Maschenweite 20 µm) geben, die aufgefangene Siebfraction vom Wasser trennen, zentrifugieren.

###### **2. Bremer Gewässer (für die SCKW- und OPV-Analyse)**

Ca. 5g des frischen Sediments mit 200ml destilliertem Wasser aufschlämmen, 12 mal über das im Ultraschallbad befindliche 20 µm-Mikropräzisionssieb geben, die < 20 µm-Fraktion filtrieren, trocknen und wiegen.

Ihre Trockensubstanz wurde als %-Anteil an der Gesamttrockenmasse angegeben.

**10.1.1.3. Analyseverfahren zur Untersuchung von Sedimenten**

**1. Bestimmung der SCKW im Sediment der Neuenlander Wasserlöse**

**a: Probenvorbereitung**

Die Sedimentprobe (< 20 µm-Fraktion) mehrere Stunden mit Aceton kochen, den erhaltenen Extrakt trocknen und über Florisil reinigen. Die Eluate werden gaschromatographisch aufgetrennt.

**b: Analytik**

Gaschromatographie mit ECD (Electron Capture Detector)

Mit GC bestimmte Parameter:

SCKW	Best.-Grenze	SCKW	Best.-Grenze	SCKW	Best.-Grenze
HCB	<0,1µg/kg TS	Aldrin	<0,1µg/kg TS	PCB-28	<0,1µg/kg TS
alpha-HCH	<0,1µg/kg TS	Dieldrin	<0,1µg/kg TS	PCB-52	<0,1µg/kg TS
beta-HCH	<0,1µg/kg TS	Endrin	<0,1µg/kg TS	PCB-101	<0,1µg/kg TS
gamma-HCH	<0,1µg/kg TS	2,4-DDT	<0,1µg/kg TS	PCB-138	<0,1µg/kg TS
delta-HCH	<0,1µg/kg TS	4,4-DDT	<0,1µg/kg TS	PCB-153	<0,1µg/kg TS
Heptachlor	<0,1µg/kg TS	4,4-DDD	<0,1µg/kg TS		
Heptachloreoxid	<0,1µg/kg TS	4,4-DDE	<0,1µg/kg TS		

**2. Bestimmung der SCKW im Sediment der bremischen Gewässer**

**a: Probenvorbereitung**

Extraktion der homogenisierten und getrockneten (105°C) Sedimente (50-100g) mit Aceton (100ml) und Cyclohexan (100ml), Einengen (40°C), clean up mit Gelchromatographie (Ethylacetat/Cyclohexan [1/1] als Elutionsmittel), Einengen (40°C), in 2ml Isooktan aufnehmen, clean up mit Minikieselgelsäulenchromatographie, Eluate (Eluat 1 und 2) getrennt einengen (40°C), in 2,5ml Cyclohexan aufnehmen.

**b: Analytik**

Gaschromatographie mit ECD

25m OV-1701 Quarzkapillarsäule

25m SE-30 "

Die Wiederfindungsrate dieser Methode liegt in Bezug auf den internen Standard (500ng Mirex) im Bereich von 75-100 Gew.-%.

Die Nachweisgrenzen sind im Text beschrieben.

**3. Bestimmung der OPV im Sediment der bremischen Gewässer**

**a: Probenvorbereitung**

Zugabe vom internen Standard (Ethion, 500ng) zu den Sedimentproben, Extraktion mit Aceton (1h), Zugabe von NaCl und Cyclohexan, Extraktion (1h), filtrieren, einengen, clean up mit Gelchromatograph GPC autorep 1002B, clean up und Fraktionierung mit Kieselgel-Säulen-Chromatographie.

**b: Analytik**

Gaschromatographie mit NP-FID

25m OV-1701 Quarzkapillarsäule

25m DB-1 "

Die Wiederfindungsrate dieser Methode liegt in Bezug auf den internen Standard bei 96%.  
Die Nachweisgrenzen der OPV betragen 0,005 mg/kg TS.

#### 4. Bestimmung der Schwermetalle im Sediment der Neuenlander Wasserlöse

##### a: Probenvorbereitung

Die Sedimentprobe mit Königswasser (gemäß DEV S7) aufschließen.

##### b: Analytik

Die Aufschlußlösung mit ICP-AES (Inductive Coupled Plasma-Atom-Emissions-Spectrometry) bzw. Zeeman-Graphitrohr-AAS (Atom-Absorptions-Spectrometry) messen, Quecksilberbestimmung durch Kaltdampf-Amalgam-Technik.

Folgende Schwermetalle wurden untersucht:

Schwermetall	Best.-Grenze	Schwermetall	Best.-Grenze
Cadmium	0,1 mg/kg TS	Chrom	5 mg/kg TS
Kupfer	5 mg/kg TS	Nickel	5 mg/kg TS
Blei	5 mg/kg TS	Zink	5 mg/kg TS
Quecksilber	0,05 mg/kg TS		

#### 5. Bestimmung der Kohlenwasserstoffe im Sediment der Neuenlander Wasserlöse

##### a: Probenvorbereitung

Sedimentprobe mit Natriumsulfat trocknen, mit 1,1,2-Trichlortrifluorethan extrahieren, Extrakt über Aluminiumoxid reinigen.

##### b: Analytik

Extrakt im Infrarotspektrometer messen (DIN 38 409-H 18)

Die Bestimmungsgrenze beträgt ca. 20 mg/kg TS.

#### 10.1.2. Biologische Untersuchungsmethoden

Die Makrozoobenthon-Untersuchung wurde unter folgenden Aspekten ausgewertet:

**a:** Dominanzverteilung der vorgefundenen Arten.

**b:** Diversität nach Simpson als Hinweis auf die "Ausgewogenheit" der Artenhäufigkeit und als Wert für eine biologische Einschätzung.

**c:** Berechnung des Saprobitätsindex nach DIN 38 410 zur Feststellung von Belastungssituationen.

## 10.2. Artenliste der Neuenländer Wasserlöse

Probenorte	1				2				3				4			
	5				6				7				8			
Monate	S	O	N	D	S	O	N	D	S	O	N	D	S	O	N	D
<u>TRICLADIDA</u>																
Dendrocoelum																
lacteum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Dugesia																
lugubris	1	1	2	3	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Planaria																
torva	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>GASTROPODA</u>																
Anisus																
vortex	14	40	15	8	7	8	11	7	4	15	4	-	8	5	8	8
	2	3	2	6	9	20	12	10	9	32	6	5	30	14	4	3
Bathymphalus																
contortus	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bithynia																
leachi	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-
	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	2	-	-	-	-	2
tentaculata	10	8	2	8	7	3	-	10	12	5	2	6	25	46	30	33
	13	11	11	10	10	-	3	15	11	4	-	10	38	32	23	35
Radix ovata																
	12	7	15	5	14	2	6	6	30	4	2	7	17	8	14	10
	14	4	5	5	2	4	2	6	8	2	6	20	2	5	8	12
Lymnea																
stagnalis	-	-	-	4	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	1	-
	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1
Physa acuta																
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1
	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fontinalis	15	18	22	10	20	40	16	9	16	52	25	24	14	4	3	-
	8	22	2	2	17	10	10	25	14	25	5	3	14	23	4	5
Planorbis																
corneus	1	-	2	5	3	-	1	5	3	-	-	2	20	5	4	7
	17	11	6	8	1	3	3	2	3	2	5	7	-	1	2	3
Planorbis																
carinatus	1	-	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
planorbis	6	7	4	18	20	4	4	5	1	12	13	-	9	4	10	10
	3	4	6	-	12	11	6	7	15	15	4	-	2	4	2	3
Valvata																
piscinalis	-	-	-	3	5	-	-	6	2	1	-	-	4	7	3	10
	6	3	5	11	-	-	-	15	2	2	2	9	-	3	2	10
pulchella	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	1
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Viviparus																
viviparus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3	1
	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-

Probenorte	1				2				3				4			
	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6	7	8
Monate	S	O	N	D	S	O	N	D	S	O	N	D	S	O	N	D

BIVALVIA

## Pisidium

spp.	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	2	-	1	-	-
	-	-	-	3	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	3

## Sphaerium

corneum	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-

HIRUDINEA

## Erpobdella

octoculata	10	3	2	6	17	3	2	6	4	2	-	5	4	-	3	-
	10	11	2	11	2	1	2	2	3	1	2	4	17	3	2	10

## Glossiphonia

complanata	1	-	1	-	-	1	-	2	1	1	-	-	1	-	1	-
	4	-	1	5	1	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	2
heteroclita	-	-	-	-	-	2	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-

## Haementeria

costata	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Helobdella

stagnalis	3	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	2	-	-	-
	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	5	1-	2	-

## Piscicola

geometra	-	-	1	-	-	4	-	4	-	-	-	2	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

AMPHIPODA

## Gammarus

tigrinus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
	-	-	2	3	-	-	1	2	2	-	3	2	-	-	-	-

ISOPODA

## Asellus

aquaticus	20	31	17	12	21	23	25	17	12	11	17	18	20	3	8	10
	14	20	3	12	16	14	13	22	22	19	20	26	21	16	9	18

EPHEMEROPTERA

## Caenis

robusta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	5
	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-

## Cloeon

dipterum	2	-	-	2	-	1	2	12	-	-	-	5	-	-	7	-
	-	-	4	4	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-
simile	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

HETEROPTERA

## Notonecta

glauca	-	-	3	7	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
lutea	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Sigara

falleni	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	11	-	-	1
	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	1	3	1	-
semistriata	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Probenorte	1				2				3				4			
	5				6				7				8			
Monate	S	O	N	D	S	O	N	D	S	O	N	D	S	O	N	D

HETEROPTERA

striata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	2	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	4	2	1	-

COLEOPTERA

## Anacaena

limbata	4	1	-	-	3	-	-	-	10	-	-	-	1	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Dryops

auriculatus	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-

## Graptodytes

pictus	-	-	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Gyrinus

aeratus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-

## Haliplinus

heydeni	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-

immaculatus	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-

ruficollis	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	-	-

## Hydroporus

palustris	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-

## Hyphidrus

ovatus	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-

## Porhydrus

lineatus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-

ODONATA

## Coenagrion

pulchellum	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Enallagma

cyathigerum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-

TRICHOPTERA

## Athripsodes

aterrimus	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-

## Limnephilus

flavicornis	-	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Molanna

angustata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MEGALOPTERA

## Sialis spp.

	-	-	-	-	4	-	-	4	-	-	-	5	-	3	-	3
	-	2	-	-	-	-	3	2	-	-	2	-	-	-	4	3



Probenorte	1				2				3				4			
	5				6				7				8			
Monate	S	O	N	D	S	O	N	D	S	O	N	D	S	O	N	D

DIPTERA

Chironomidae

spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-
	1	2	-	-	2	2	2	-	-	1	1	2	1	-	1	-

### 10.3. Verzeichnis der belasteten Oberflächengewässer in Bremen

Region Gewässer	Belastung durch Schwermetalle	Belastung durch SCKW	Belastung durch OPV
<b>Rechts der Weser</b>			
Achterkampsfleet		PCB 4,	TCEP 4,
Bultenfleet			TEHP 6,
Embser Mühlengraben	Cd 5,	PCB 5,	TEHP 4,
Graben hinter den Höfen	Pb 4, Cd 4,		
Hematenfleet	Pb 5, Zn 4, Cd 5,	PCB 4,	
Hemmstraßengraben	Pb 5, Zn 4, Cd 4,		
Holler Fleet	Pb 4, Zn 4, Cd 5,	PCB 5,	
Holter Fleet	Pb 4, Zn 4, Cd 4,		
Kleine Wümme (Mitte)	Pb 5, Zn 4, Cd 4,	PCB 5,	
Mahndorfer Bruchgraben	Pb 5,		TPP 4, TCEP 5, TEHP 5,
Maschinenfleet (Mitte)	Pb 4, Zn 4, Cd 4,	PCB 4,	
Mittelkampsfleet	Pb 4, Zn 4, Cd 4,		
Mittelkämpffleet	Pb 5, Cd 5,	PCB 6, DDT 4,	
Neuer Panrepeelgraben	Cd 4,	PCB 5,	TPP 4, TEHP 4,
Osterholzer Landwehr		PCB 4,	
Osterholzer Sielgraben	Pb 6, Zn 5, Cd 6, Hg 5,		
Rablinghauser Vorfluter	Zn 4, Cd 5,		
Rodenfleet			TCEP 4, TEHP 4,
Schmutzgraben	Pb 4, Zn 4, Cu 4,	PCB 6, DDT 4,	
Torfkanal		PCB 4,	
Vahrer Fleet	Pb 6, Zn 6, Cd 6, Cu 4, Hg 6,	PCB 6, DDT 5,	TEHP 4,
Waller Fleet	Pb 4, Zn 4, Cd 4,		
Verbindungskanal	Pb 5, Cd 6, Zn 5 (wurde geräumt)	PCB 6, DDT 5, (wurde geräumt)	(wurde geräumt)
<b>Links der Weser</b>			
Arsterfeldfleet			TEHP 6,
Arsten-Habenhauser Fleet		PCB 5,	TEHP 4,
Brückenstraßenfleet	Pb 5, Zn 5, Cd 5,		TCEP 4, TEHP 5,
Hermann-Entholt-Fleet		PCB 6, DDT 6,	
Habenhauser Landwehr	Pb 4, Zn 4, Cd 4,		
Huchtinger Fleet		PCB 5,	
Grollander Rundumgraben	Zn 4, Cd 4,		
Kattenescher Fleet		PCB 5,	
Mittelshuchtinger Fleet	Pb 5, Zn 5, Cd 5,	PCB 5,	
Neuenlander Wasserlöse (Mitte)	Zn 4, Cd 4,	PCB 6, DDT 5,	
Varreler Bäke	Cd 4,		
Wadeacker Fleet		PCB 5,	TEHP 4,
<b>Bremen Nord</b>			
Blumenthaler Aue	Pb 4, Zn 4, Cd 4,		
Beckedorfer Becke	Cd 4,		
Graben im Moor	Pb 4, Cd 4,		
Ihle	Pb 4, Zn 4, Cd 4,		
Kifkenbruchgraben	Zn 4,		
Schönebecker Aue	Pb 5, Cd 4,		
<b>Bremerhaven</b>			
Ackmann	Cd 4,		
Geestemünder Markfleet (Anfang)	Pb 6, Zn 6, Cd 6, Cu 4, (Hg 4)	PCB 4,	
Neue Aue (Anfang)	Pb 5, Zn 6, Cd 6,	PCB 6,	
Spadener Markfleet		PCB 5,	TEHP 6,
<b>Weser (incl. Häfen)</b>			
Handelshafen	Pb 4, Zn 4, Cd 5,		
Industriehafen	Pb 4, Zn 4, Cd 5,	PCB 6, DDT 5,	
Weserhafen Hemelingen	Cd 5,		
Weser km 350-366	Cd 5,		
Untereswer km 0-10	Cd 6,		
Untereswer km 10-30	Cd 5,		
<b>Seen</b>			

Die oben aufgelisteten Klassenzuordnungen sind Extremwerte eines Gewässers.  
Einstufung der Belastungsklassen: Klasse 4: stark belastet

Klasse 5: stark bis übermäßig belastet

Klasse 6: übermäßig belastet

Die Einstufung der Schwermetallkonzentrationen erfolgte entsprechend der  $C_{\text{Geo}}$ -Klassen.

Abk.: SCKW = schwerflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe, OPV = Organophosphoverbindungen, Pb = Blei, Zn = Zink, Cd = Cadmium, Hg = Quecksilber, Cu = Kupfer, PCB = Polychlorierte Biphenyle, DDT = Dichlordiphenyltrichlorethan, TPP = Triphenylphosphat, TCEP = Tris-2-chlor-ethylphosphat, TEHP = Tris-2-ethyl-hexylphosphat (Erläuterung der Einzelstoffe s. Text)

#### 10.4. Liste der vorrangig zu behandelnden Schadstoffe

	Stoff	Wasser	Luft	Diskutiert im Gütebericht	in Bremischen Gewässern von Bedeutung
1	Quecksilber	*	*	1988	j
2	Cadmium	*	*	1988	j
3	Kupfer	*	*	1988	j
4	Zink	*	*	1988	j
5	Blei	*	*	1988	j
6	Arsen	*	*	1988	n
7	Chrom	*	*	1988	n
8	Nickel	*	*	1988	n
9	Drine	*		1993	n
10	HCH	*	*	1993	n
11	DDT	*		1993	j
12	Pentachlorphenol	*	*		
13	Hexachlorbenzol	*	*	1993	n
14	Hexachlorbutadien	*			
15	Tetrachlorkohlenstoff	*	*		
16	Chloroform	*			
17	Trifluralin	*			
18	Endosulfan	*		1993	n
19	Simazin	*			
20	Atrazin	*			
21	Tributylzinnverbindungen	*			
22	Triphenylzinnverbindungen	*			
23	Azinphos-ethyl	*			
24	Azinphos-methyl	*			
25	Fenitrothion	*		1993	n
26	Fenthion	*			
27	Malathion	*		1993	n
28	Parathion	*		1993	n
29	Parathion-methyl	*		1993	n
30	Dichlorvos	*			
31	Trichlorethen	*	*		
32	Tetrachlorethen	*	*		
33	Trichlorbenzol	*	*		
34	1,2-Dichlorethan	*			
35	Trichlorethan	*	*		
36	Dioxine	*	*		

Dritte Internationale Nordseeschutzkonferenz, 7./8. März 1990 in Den Haag

## 10.5. Niederschlagswassereinleitungen in Bremen

(nach Angaben der Wasserbuchbehörde, Stand 01.01.1993)

Region	Anzahl	Gesamt
Bremerhaven (in oberirdische Gewässer)	49	49
Bremen-Stadt (in oberirdische Gewässer)		
Bremen-Nord	101	
rechtes Weserufer	231	
linkes Weserufer	160	
Wümmeniederung	29	
Weser u. Häfen	71	592
Bremen Stadt (in das Grundwasser)	417	417

## 10.6. Glossar

50/90-P	s. Perzentil
AAS	Atomabsorptionsspektrometrie
Abundanz	Häufigkeit
Akarizide	Pestizide, die gegen Milben wirken
Akkumulation	Anreicherung
Amphipoda	Kleinkrebse
AOX	adsorbierbare organisch gebundene Halogene
Benthon	Lebensgemeinschaft am Gewässergrund
beta-alphamesosaprob	Gewässergüteklasse II-III
betamesosaprob	Gewässergüteklasse II
Bioakkumulation	biologische Anreicherung
Biozönose	Lebensgemeinschaft
Bivalvia	Muscheln
BSB <sub>5/7</sub>	Biochemischer Sauerstoffbedarf während 5 bzw. 7 Tage
Cholinesterase	Enzym, das Acetylcholin (wichtig f. Reizübertragung im Nervensystem) spalten kann
Coleoptera	Käfer
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf
Determination	Artbestimmung
Diptera	Zweiflügler
DOC	gelöster organischer Kohlenstoff
Ephemeroptera	Eintagsfliegen
euryök	an viele Lebensräume angepaßt
Evertebraten	wirbellose Tiere
Fauna	Tierwelt eines Gebietes
fungizid	Pilzbekämpfungsmittel
Gastropoden	Schnecken
GC	Gaschromatographie
halophil	salzliebend
Herbizid	Pflanzenvertilgungsmittel
Heteroptera	Wanzen
Hirudinea	Egel

---

HPLC	Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie
ICP-AES	Inductive Coupled Plasma-Atom Emissions-Spectrometrie
Insektizid	Insektenbekämpfungsmittel
Isomere	Verbindungen mit gleicher Summenformel aber verschiedenem Molekülbau
Isopoda	Asseln
karzinogen	krebserzeugend (auch: kanzerogen, cancerogen)
Kontaktdermatiden	entzündliche Hautreaktion; verursacht durch Kontakt mit z.B. Chemikalien
Kontamination	Verunreinigung, Verseuchung durch Schadstoffe
Makrophyten	Gefäßpflanzen
Makrozoobenthon	auf dem Gewässergrund lebende wirbellose Tiere
Median	Statistische Kenngröße, der M. findet als Mittelwert für schiefe Verteilungen Verwendung. Er ist derjenige Wert, der die nach Größe geordnete Beobachtungsreihe halbiert (auch 50 Perzentil genannt)
Megaloptera	Schlammfliegen
mutagen	erbgutschädigend, erbgutverändernd
Odonata	Libellen
OPV	organische Phosphorverbindungen (Erklärung s. Text)
PCB	polychlorierte Biphenyle (Erklärung s. Text)
Persistenz	Dauerhaftigkeit einer chem. Verbindung in der Umwelt
Perzentil	z.B. (90 Perzentil), derjenige Wert, unter dem 90 % aller gemessenen Werte liegen
Pestizid	Schädlingsbekämpfungsmittel
Phytoplankton	im Wasser schwebende pflanzliche Organismen
Population	Bestand
ppb	parts per billion; z.B. 1 Mikrogramm pro Liter oder pro kg
ppm	parts per million; z.B. 1 Milligramm pro Liter oder pro kg (1 kg = 1.000gr = 1.000.000 mg)
Referenzpunkt	Vergleichspunkt
RL	Rote Liste (RL2 = die Art ist stark gefährdet; RL3 = die Art ist gefährdet)
Saprobienindex	Gewässergüteindex
SCKW	Schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (Erklärung s. Text)
Taxon	Art
TOC	gesamter organisch gebundener Kohlenstoffgehalt
toxisch	giftig
Trichoptera	Köcherfliegen
Tricladia	Strudelwürmer
TS	Trockensubstanz
Überwachungswert	ein Überwachungswert gilt als eingehalten, wenn die Ergebnisse der letzten 5 Überprüfungen in 4 Fällen diesen Wert nicht überschreiten und kein Ergebnis diesen Wert um mehr als 100% übersteigt. Überprüfungen, die länger als 3 Jahre zurückliegen, bleiben unberücksichtigt.

---

## 10.7. Literatur

1. Müller, U.; Schirmer, M. (1990)  
Ökotoxikologische Bewertung bremischer Kleingewässer  
Universität Bremen, FB2, im Auftrag des WWA Bremen
2. Freie und Hansestadt Hamburg (1990)  
Verfahrensregeln - Bodenbelastung mit Schwermetallen in Hamburg  
Staatliche Pressestelle
3. Freie Hansestadt Bremen (1988)  
Gewässergütebericht des Landes Bremen: Darstellung der Gewässergüte im Hinblick auf  
Nährstoffe im Wasser und Schwermetalle im Sediment
4. Freie und Hansestadt Hamburg (1988)  
Bericht über die Belastung von Gewässern und Böden in Hamburg mit chlorierten  
Kohlenwasserstoffen (CKW)  
Hamburger Umweltberichte 23/88 und 25/88, Hamburg
5. Malisch, R. (1981):  
Sedimente als Modelle für die Beurteilung der Umweltkontamination durch chlororganische  
Pestizide, polychlorierte Biphenyle und Phtalate unter besonderer Berücksichtigung des zeitlichen  
Verlaufs,  
Dissertation, Univ. Münster
6. Streit, B. (1992):  
Lexikon Ökotoxikologie,  
1. Aufl, VCH, Weinheim, 1992
7. Freie Hansestadt Bremen (1990)  
Meßprogramm Weser in Bremen (MEWEB)  
Gutachten zur Beurteilung des Gewässergütezustandes der Unterweser, Band 1 und 2
8. Krebs, F. (1992)  
Über die Notwendigkeit ökotoxikologischer Untersuchungen an Sedimenten  
DGM 36. H. 5/6 S.165-169
9. Freie Hansestadt Bremen (1986)  
Sanierung des Mischwasserkanalnetzes bis 1990
10. Freie Hansestadt Bremen (1992)  
Der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung  
Schutz der Weser und der Nordsee