

## Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort.....	3
2. Inhaltsverzeichnis.....	4
3. Einleitung.....	6
4. Die Unterweser - gestern und heute - .....	6
4.1. Hydrographie des Weserästuars .....	7
4.2. Baumaßnahmen, morphologische Änderungen und Veränderungen der Ufer.....	10
4.2.1. Baumaßnahmen.....	10
4.2.2. Veränderungen der Ufer .....	13
4.3. Hydrologische Veränderungen .....	15
4.3.1. Veränderungen des Tideablaufes und der Wasserstände .....	15
4.3.2. Sturmfluten und hohe Oberwasserabflüsse.....	16
4.3.3. Veränderungen der Position der Brackwasserzone .....	16
5. Gewässergüte - ein Überblick .....	18
6. Abwassereinleitungen in die Unterweser .....	23
6.1. Vorbemerkung zum Umgang mit den Meßwerten.....	23
6.2. Gewichtung von Meßergebnissen unterhalb der Nachweisgrenze .....	23
6.3. Die Einleitungen im Überblick .....	24
6.4. Kommunale Kläranlagen.....	25
6.5. Kühlwasser .....	27
6.6. Industrielle Abwässer .....	28
6.7. Diffuse Quellen .....	30
6.8. Eintrag von Nährstoffen und leicht abbaubaren Stoffen aus den Sielen der Wesermarsch .....	30
6.9. Niederschlagswasser.....	31
7. Die Unterweser im Jahre 1993.....	32
7.1. Meßstationen und Beprobungsrythmen .....	32
7.2. Wassermengen.....	33
7.2.1. Der Fluß.....	33
7.2.2. Die Abwassereinleiter .....	33
7.3. Salze, Sauerstoff, pH-Wert und Temperatur .....	35
7.3.1. Chlorid .....	35
7.3.2. Natrium, Kalium, Magnesium und Sulfat.....	36
7.3.3. Sauerstoffgehalt.....	37
7.3.4. pH-Werte .....	37
7.3.5. Belastungen durch Wärmequellen (Kühlwasser).....	37
7.4. Organische Summenparameter und Pflanzennährstoffe .....	40
7.4.1. Der Fluß.....	40
7.4.2. Vergleich mit Elbe und Rhein .....	42
7.4.3. Die Einleiter.....	42
7.5. Schwermetalle .....	45
7.5.1. Der Fluß.....	45
7.5.2. Vergleich mit Elbe und Rhein .....	48
7.5.3. Die Einleiter.....	48
7.6. Summenparameter AOX.....	50
7.6.1. Der Fluß.....	50
7.6.2. Die Einleiter.....	50

---

7.7. Pestizide, PCB's und andere halogenierte organische Verbindungen.....	51
7.7.1. Der Fluß.....	51
7.7.2. Die Einleiter.....	51
7.8. NTA-EDTA (Fluß - Einleiter) .....	51
7.9. Radionuklide in der Unterweser.....	52
7.9.1. Tritium.....	53
7.9.2. Cäsium-137 und Strontium-90.....	54
7.9.3. Cobalt-60 .....	55
7.9.4. Natürliche Radionuklide.....	56
8. Bilanzierung der Einleitungen in die Unterweser .....	56
8.1. Abwasservolumenströme, CSB, BSB5 und Nährstoffe .....	56
8.2. Schwermetalle und AOX .....	58
8.3. Modellierung von BSB- und Nährstofffrachten an der oberen Grenze der Brackwasserzone.....	59
9. Liste der Ölunfälle auf der Weser.....	61
10. Die Weser als Badegewässer.....	62
11. Rahmenkonzept zur Renaturierung der Unterweser und ihrer Marsch .....	64
11.1. Einleitung.....	64
11.2. Untersuchungsgebiet.....	64
11.3. Leitbild .....	64
11.4. Entwicklungsziele.....	65
11.4.1. Entwicklungsziele und Maßnahmen für das Vorland .....	66
11.4.2. Entwicklungsziel Verknüpfung Unterweser und Marsch.....	69
11.4.3. Entwicklung artenreicher Gräben und Grabensysteme im Binnenland .....	70
11.5. Literatur .....	71
12. Glossar .....	71
12.1. Wirkung der Stoffe und ihre Meßgrößen .....	71
12.1.1. Physikalische Meßgrößen.....	71
12.1.2. Sauerstoffhaushalt und summarische Meßgrößen .....	71
12.1.3. Organische Gruppenmeßgrößen .....	71
12.1.4. Salze.....	71
12.1.5. Pflanzennährstoffe .....	72
12.1.6. Schwermetalle.....	72
12.1.7. Organische Einzelstoffe und Stoffgruppen.....	72
12.2. Meßgrößen .....	73
12.3. Chemisch-physikalische Analyseverfahren.....	74
12.4. Erklärung im Text benutzter Fachbegriffe.....	74
13. Zahlenanhang.....	77
Tabellarische Darstellung der Meßergebnisse 1989 - 1993 .....	77

### 3. Einleitung

Seit vielen Jahren erstellen die Bundesländer Niedersachsen und Bremen regelmäßige Berichte mit Karten über den Gewässergütezustand der Gewässer einschließlich ihrer Teilabschnitte der Unter- und Mittelweser. Zum ersten Mal wird in diesem Jahr vom Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung Bremen mit Unterstützung der niedersächsischen Behörden ein länderübergreifender Bericht zur Unterweser vom Hemelinger Wehr bis in die Außenweser vorgelegt. Zusammengefaßt in diesem Bericht - der in regelmäßiger Folge ergänzt und aktualisiert werden soll - sind die Meßergebnisse beider Landesbehörden über Schadstoffgehalte und Wasserqualität des Flusses sowie die Überwachungsdaten relevanter Abwasser-Direkteinleiter.

Die Unterweser hat durch den Ausbau für die Schifffahrt und die durchgeführten Hochwasserschutzmaßnahmen in den vergangenen Jahrzehnten viel von ihrem natürlichen Charakter eingebüßt. Weitere, nicht unerhebliche Belastungen für das Ökosystem Fluß und seine Lebewesen treten durch Einleitungen von Abwässern aus Kläranlagen, Gewerbe- und Industriebetrieben, Kraftwerken, aber auch durch die Ableitung des Niederschlagswasser von befestigten Flächen, Straßen und Lagerplätzen auf. Den größten Teil der Schmutzfrachten, die in der Unterweser gemessen werden können, bringt der Fluß bereits mit sich, wenn er in Hemelingen über das Wehr fließt (mit Ausnahme von Ammonium, hier ist die Kläranlage Seehausen die Hauptquelle). Sie stammen von den Abwassereinleitungen der Oberlieger.

Die Verschärfung der Umweltschutzgesetze, insbesondere der Wassergesetze des Bundes und der Länder, in den vergangenen Jahren haben zu einer deutlichen Verbesserung der Wasserqualität der Weser beigetragen. Trotzdem werden auch heute noch erhebliche Mengen an Schadstoffen täglich in den Fluß und seine Nebengewässer eingeleitet. Es sind daher weitere Maßnahmen durchzuführen, die diese Schadstofffrachten reduzieren.

Nachdem über viele Jahre eine Verbesserung des Naturhaushaltes der Unterweser in Form von wissenschaftlichen Gutachten und Forderungen von Umweltverbänden diskutiert wurde, laufen zur Zeit schon recht fortgeschrittene Überlegungen der gemeinsamen Landesplanung Bremen-Niedersachsen zu großflächigen Renaturierungsmaßnahmen der Ufer und Überschwemmungszonen von Bremen bis Bremerhaven. Erste konkrete Schritte erfolgten allerdings nur im Zusammenhang mit Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen für die Anlage von Industrie-, Gewerbe- und Hafenumflächen sowohl auf bremischem als auch niedersächsischem Gebiet der Weseraue.

### 4. Die Unterweser - gestern und heute -

Die Weser, einer der Hauptströme in Mitteleuropa, wurde seit jeher in vielfacher Hinsicht genutzt, unter anderem als Schifffahrtsweg, zur Trink- und Brauchwasserentnahme und als Vorfluter. Aufgrund dieser verschiedenartigen Nutzungen wurden Flußlauf und Wasserqualität im Laufe der Vergangenheit zunehmend anthropogen beeinflusst und damit letztlich die Lebensbedingungen für Fauna und Flora verändert. <sup>(1)</sup>

In der Weser wurden zur Aufrechterhaltung der Schifffahrt in den letzten hundert Jahren verschiedene Baumaßnahmen durchgeführt. Nach der Darstellung der Hydrographie des Weserästuars werden die in der Unterweser durchgeführten Ausbauten und die gemeinsamen Auswirkungen aller Baumaßnah-

---

<sup>(1)</sup> Kapitel 4 verändert nach: Grabemann, I., Müller, A., Kunze, B.: Ausbau der Unter- und Außenweser: Morphologie und Hydrologie. UVP-Förderverein (Hrsg.), Umweltvorsorge für ein Flußökosystem. UVP-Spezial 6, Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund, 21-39; erweitert um die Abschnitte 4.3. "Hydrographische Beschreibung" und 5. "Gewässergüte".

men auf die Morphologie und die Hydrologie dargestellt. Desweiteren werden Änderungen der Gewässergüte, die durch im Laufe der Jahre zunehmende Abwassereinleitungen, insbesondere salzhaltige Endlaugen aus der Kali-Industrie, hervorgerufen wurden, angeschnitten.

#### 4.1. Hydrographie des Weserästuars

Die Weser ist vom Zusammenfluß ihrer beiden Quellflüsse Werra und Fulda etwa 480 km lang. Das von den Gezeiten beeinflusste Mündungsgebiet der Weser (Abb. 1) wird unterteilt in die etwa 70 km lange kanalartige Unterweser von Bremen (Wehr) bis Bremerhaven und die daran anschließende etwa 55 km lange trichterförmige Außenweser. Die Außenweser ist ein Doppelsystem mit Querverbindungen und dazwischenliegenden Platen inmitten großräumiger Wattflächen. Die beiden Hauptrinnen sind Fedderwarder-Arm - Hohe-Weg-Rinne - Neue Weser (westliche Rinne) und Wurster-Arm - Tegeler Rinne - Alte Weser (östliche Rinne).

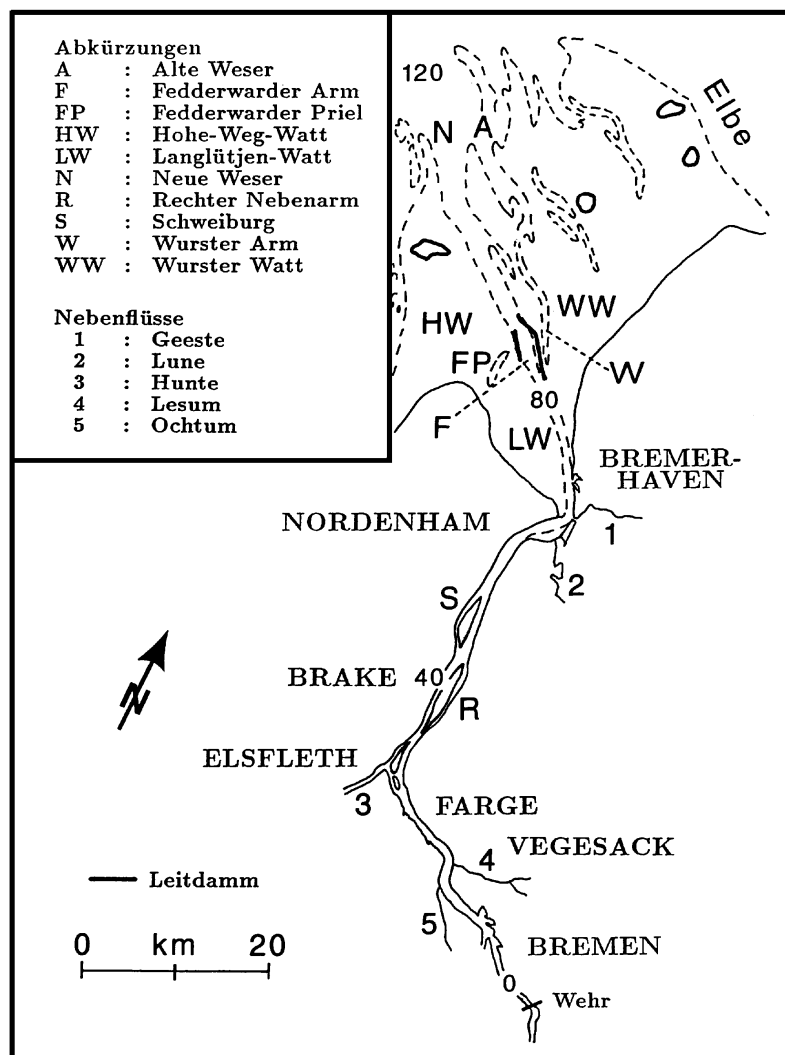


Abbildung 1: Skizze der Wesermündung. Die Zahlen im Fahrwasser geben die Unterweser-Kilometer UW-km an (UW-km 0 an der Wilhelm Kaisen Brücke in Bremen).

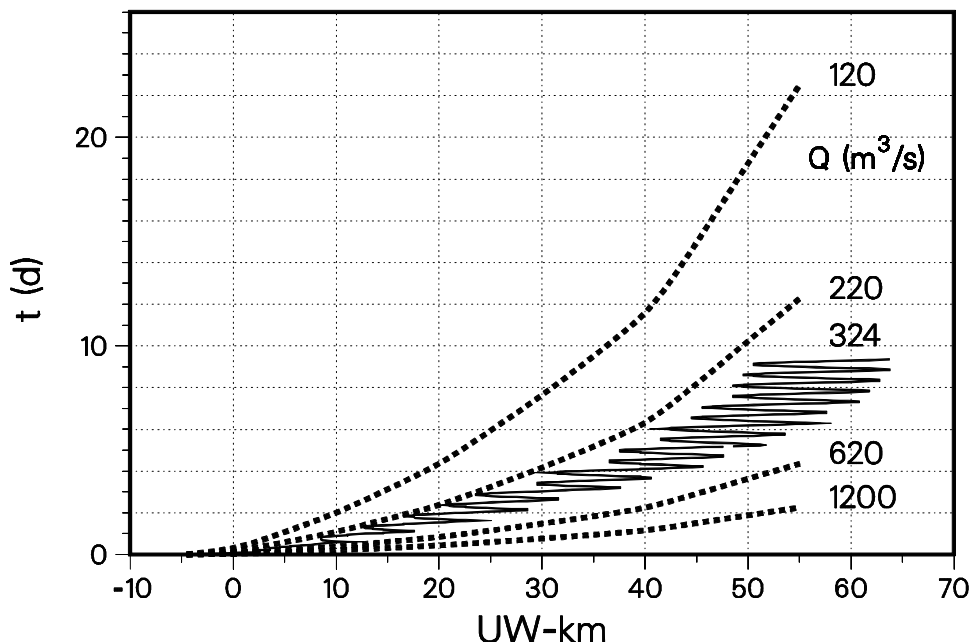
Im Mündungsgebiet überlagern sich die aus dem Binnenland abfließenden Oberwassermengen mit den Einflüssen der halbtägigen Gezeiten. Die Gezeitenwelle dringt von Nordwesten in die Weser ein. Das Oberwasser wirkt dämpfend auf die flußaufgerichtete Flutwelle, so daß die Flutdauer flußaufwärts immer kürzer wird. Entsprechend verlängert sich die Ebbdauer (vgl. Tab.1).

Fortschreiddauer der Tide von Bremerhaven bis Bremen (h:min):		1887		1983	
	Thw	3:52		1:50	
	Tnw	6:59		2:55	
<b>Flutdauer (h:min)</b>	<b>Brhv</b>	<b>Brem</b>	<b>Brhv</b>	<b>Brem</b>	
	5:57	2:50	5:55	4:55	
<b>Ebbdauer (h:min)</b>	6:28	9:35	6:30	7:30	

**Tabelle 1: Fortschreiddauer der Tidewelle von Bremerhaven nach Bremen sowie Flut- und Ebbdauer in Bremerhaven (Brhv) und Bremen (Brem); Daten für 1887 aus Walther, 1954; Daten für 1983 aus dem Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch, Weser-/Emsgebiet (Mittelung einer Anzahl von Tiden).**

Der mittlere Tidenhub ist bei Bremerhaven etwa 3,6 m und bei Bremen etwa 4 m <sup>(2)</sup>. Der Oberwasserabfluß beträgt bei Intschede (etwa 30 km flußauf des Bremer Wehres) im langjährigen Mittel (Jahresreihe 41-89) etwa 327 m<sup>3</sup>/s (MQ), das langjährige Maximum (MHQ) liegt bei 1210 m<sup>3</sup>/s, der höchste gemessene Abfluß betrug 3.500 m<sup>3</sup>/s (HHQ). Das langjährige Minimum (MNQ) bei 120 m<sup>3</sup>/s bzw. der niedrigste Abfluß (NNQ) bei 59,7 m<sup>3</sup>/s <sup>(3)</sup>. Die mittlere Oberwasserzufuhr durch die Unterweser-Nebenflüsse Ochtum, Lesum, Hunte und Geeste wird auf 60 m<sup>3</sup>/s <sup>(4)</sup> geschätzt.

In der Unterweser nimmt die Wassermenge bei mittlerem Abfluß und mittlerer Tide von 327 m<sup>3</sup>/s am Wehr auf etwa 6.600 m<sup>3</sup>/s bei Bremerhaven (UW-km 65,45) zu <sup>(3)</sup>. Damit ist die Wassermenge in der Unterweser zwar wesentlich größer als in Ober- oder Mittelweser; wegen der periodischen Strömungsumkehr durch die Gezeiten pendelt ein Wasserkörper in einem Gebiet jedoch mehrmals hin und her (Abb. 2) und kann daher mehrmals durch Abwassereinleitungen belastet werden. Bei kleinem Oberwasser (120 m<sup>3</sup>/s) braucht ein Wasserkörper etwa 24 Tage für die Strecke Bremen-Nordenham (Wehr bis UW-km 55), bei großem Oberwasser (1.200 m<sup>3</sup>/s) reduziert sich diese Zeit auf ca. 2 Tage.



<sup>(2)</sup> Jahresreihe 1979/88, Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser-/Emsgebiet, 1988.

<sup>(3)</sup> Jahresreihe 1941/88, Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser-/Emsgebiet, 1988.

<sup>(4)</sup> GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH (1980): Gewässeranalytische Untersuchungen der Unterweser im Herbst 1979. Externer Bericht GKSS 80/E/27, Geesthacht.

**Abbildung 2: Bewegung eines Wasserteilchens für mittleres Oberwasser (durchgezogene zick-zack Kurve) und mittlere Laufzeiten eines Wasserteilchens für vier verschiedene Oberwasser (gestrichelte Kurven).**

Die mittlere Wassertemperatur in der Unterweser liegt im Winter bei 5<sup>o</sup> C und im Sommer bei 18<sup>o</sup> C (5). Die Sauerstoff- und Nährstoffgehalte können in der Unterweser je nach Jahreszeit mehr oder weniger ausgeprägte Minima oder Maxima aufweisen (vgl. Kap.5). Bei Bremen-Hemelingen liegen die Jahresmittelwerte des Sauerstoffgehaltes bei 8-9 mg/l, des Ammonium-Stickstoffgehaltes (NH<sup>4</sup>-N) bei 0.2-0.8 mg/l, des Nitrat-Stickstoffgehaltes (NO<sup>3</sup>-N) bei 4-5 mg/l und des Gesamtphosphorgehaltes bei 0.3 bis größer 1 mg/l (6).

In der Vermischungs- oder Brackwasserzone mischen sich ausströmendes salzarmes Oberwasser und einströmendes salzreiches Meerwasser. Diese Zone pendelt in Abhängigkeit von der Tidephase und der Oberwasserführung; bei niedrigem Oberwasser stößt sie stromauf bis etwa Brake vor. Im salzärmeren Bereich der Vermischungszone wird eine Zone verstärkter Wassertrübung, d.h. verstärkter Ansammlung von Schwebstoffen im Wasser beobachtet (7,8,9 u.a.). Flußauf bzw. -ab der Trübungszone liegen die Schwebstoffgehalte in der Größenordnung von 0,05 kg/m<sup>3</sup>, während in der Trübungszone Schwebstoffgehalte größer als 1,5 kg/m<sup>3</sup> in Bodennähe im Fahrwasser beobachtet werden (9).

Schwebstoffe können Einzelteilchen oder komplexe Gebilde (Flocken) verschiedener Größe sein, die sich aus mineralischen und organischen Einzelteilchen zusammensetzen. Sie sind von großer ökologischer (Gewässergüte) und ökonomischer (Wasserbau) Bedeutung. An Schwebstoffe können sich zum einen Schadstoffe wie Schwermetalle und organische Spurenstoffe anlagern, zum anderen kann ihre Ablagerung zu Untiefen in Schifffahrtstraßen sowie Verlandungen der Nebenarme führen.

Die Konzentration im Schwebstoff angelagerter Schadstoffe kann ein Vielfaches des im Wasser gelösten Anteils betragen. Da Schwebstoffe in die Nahrungskette gelangen, kann die Anreicherung der Schadstoffe in Organismen wiederum ein Vielfaches derjenigen im Schwebstoff betragen. Schwebstoffe sedimentieren in Abhängigkeit von den hydrodynamischen Prozessen und belasten damit das Sediment. Schadstoffe lagern sich besonders an das feine Material, das den Schlick bildet, an. Bevorzugte Sedimentationsgebiete sind die Häfen und das Gebiet der Trübungszone. Zur Gewährleistung einer Solltiefe für die Schifffahrt werden jährlich mehrere Millionen Kubikmeter Schlick ausgebaggert. Da auch Bakterien an Schwebstoffen angereichert sein können, kann es in der Trübungszone zu verstärkt ablaufenden sauerstoffzehrenden Prozessen kommen.

Eine Trübungszone wird in vielen Ästuaren gefunden und ist das Ergebnis komplexer Wechselwirkungen zwischen der Gezeitendynamik, der baroklinen Zirkulation und den physikalischen Eigenschaften des Sediments (10). In dieser Zone schwankt der Schwebstoffgehalt im Tidezyklus, im Spring-Nipp-Zyklus, mit dem Oberwasser und jahreszeitlich (9,10).

(5) Müller, A., Grodd, M., Weigel, H.-P. (1990): Lower Weser monitoring and modelling. In: Michaelis, W. (ed.): Estuarine water quality management. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Coastal and Estuarine Studies 36, 285-294.

(6) ARGE Weser Zahlentafeln, 1991.

(7) Lüneburg, H. (1953): Beiträge zur Hydrographie der Wesermündung, Teil II: Die Probleme der Sinkstoffverteilung in der Wesermündung. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerh. 2, 15-51.

(8) Wellershaus, S. (1981): Turbidity maximum and mud shoaling in the Weser estuary. Arch. Hydrobiol. 92, 161-198.

(9) Grabemann, I., Krause, G. (1989): Transport processes of suspended matter derived from time series measurements in a tidal estuary. J. Geophys. Res. 94(C), 14373-14379.

(10) Dyer, K.R. (1988): Fine sediment particle transport in estuaries. In: Dronkers, G., von Leussen, W. (eds.), Physical processes in estuaries, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 295-310.

Im Gebiet der Trübungszone können individuelle Schwebstoffe (und damit angelagerte Schadstoffe) viele Zyklen von Ablagerung und Wiederaufwirbelung durchlaufen, ehe sie ins Meer verfrachtet werden oder langfristig sedimentieren. Sedimentierte Schweb- und Schadstoffe können jedoch unter erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten als Folge von Stürmen oder hohen Oberwasserabflüssen wieder remobilisiert werden.

Von See und von stromauf werden Schwebstoffe in das Tidegebiet transportiert; während die Größe der Schwebstoffeinträge von See weitgehend unbekannt ist, lagen die Schwebstoffmengen, die vom Binnenland in das Mündungsgebiet der Weser eindringen, im Jahre 1989 bei 461.500 t/a bzw. 14,6 kg/s, im Jahresmittel 1970-89 bei 534.400 t/a bzw. 17,1 kg/s <sup>(11)</sup>. In der etwa 15 km langen Trübungszone (definiert durch tidengemittelte Schwebstoffgehalte in Bodennähe größer 0,25 kg/m<sup>3</sup>) beträgt der Schwebstofftransport ca. 500 - 1.000 kg/s <sup>(12)</sup>. Längerfristig ändert sich die Position der Trübungszone in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluß. Bei niedrigem Oberwasser (200 m<sup>3</sup>/s) liegt sie flüßauf von Bremerhaven, bei hohem Oberwasser (800 m<sup>3</sup>/s) flüßab bei UW-km 70 <sup>(9)</sup>. Oberwasserabflüsse in der Größenordnung des langjährigen Maximums oder größer, scheinen das in der Trübungszone angesammelte Material (Größenordnung 20.000 t) innerhalb weniger Tage ins Außenästuar und Wattgebiet und möglicherweise in die Nordsee zu verfrachten. Eine Bestätigung dieser Annahme war bisher jedoch noch nicht möglich, da kaum Schwebstoffmessungen im Außenästuar verfügbar sind <sup>(12)</sup>.

## 4.2. Baumaßnahmen, morphologische Änderungen und Veränderungen der Ufer

### 4.2.1. Baumaßnahmen

Die Stadt Bremen war an der letzten Furt der Weser vor der Mündung in die Nordsee gegründet worden. Sie entwickelte sich zum bedeutenden Seehafen. Im Laufe der Jahrhunderte wurden die Seeschiffe größer und die Fahrwasserverhältnisse schlechter <sup>(13)</sup>. Mit Beginn des 16. Jahrhunderts führte die durch Abholzungen im Wesergebirge ausgelöste Erosion zu einer Erhöhung der Sand- und Kiesfracht <sup>(14, 15)</sup>. Die Fahrwasserverhältnisse verschlechterten sich so weit, daß Bremen erst in Vegesack (1619-1622) und ab 1827 in Bremerhaven Hafenanlagen ausbaute <sup>(13, 16, 17, 18)</sup>. Beispielsweise hatte das Fahrwasser zwischen Bremen und Vegesack im 18. Jahrhundert streckenweise eine Tiefe von 80 cm <sup>(13, 14)</sup>. Desweiteren behinderten in früheren Jahrhunderten zahlreiche kleinere und größere Inseln das Abfließen aus der Mittelweser kommender hoher Oberwassermengen. Daher traten in Bremen bei hohen Abflüssen Überschwemmungen auf <sup>(16, 17)</sup>.

<sup>(11)</sup> Intschede, Jahresreihe 1970/88, Deutsche Gewässerkundliche Jahrbuch, Weser-/Emsgebiet, 1988.

<sup>(12)</sup> Grabemann, I., Krause, G. (1994): Suspended matter fluxes in the turbidity maximum of the Weser estuary. Proceedings der Joint ECSA/ERF Conference "Changes in Fluxes in Estuaries: Implications from Science to Management", 13.-18.09.1992, Plymouth, UK (im Druck).

<sup>(13)</sup> Rohde, H. (1970): Entwicklung der Wasserstraßen im Bereich der deutschen Nordseeküste. Die Küste 20, 1-44.

<sup>(14)</sup> Busch, D., Schirmer, M., Schuchardt, B., Schröder, K. (1984): Der Ausbau der Unterweser zum Großschiffahrtsweg und seine Auswirkungen auf das Ökosystem und die Flußfischerei. N. Arch. f. Nds. 33, 60-80.

<sup>(15)</sup> Dirksen, J.E. (1986): Ausführung der Weserkorrektur und folgende Ausbaumaßnahmen für die seewärtige Zufahrt nach Bremen. Die Weser 60, 152-162.

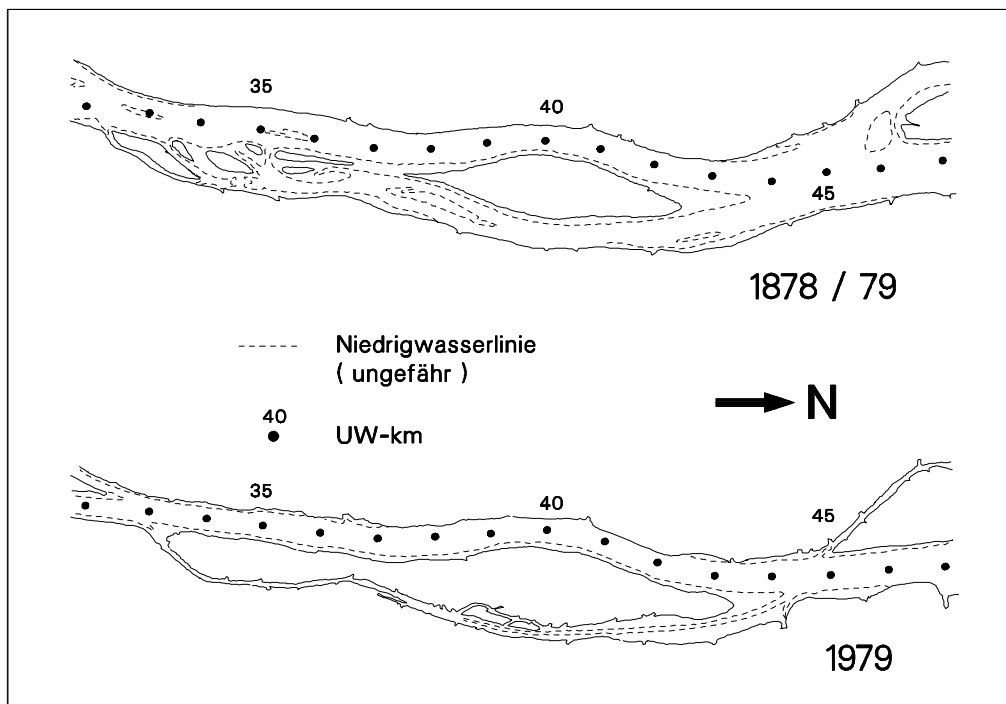
<sup>(16)</sup> Walther, F. (1956): Die Unter- und Außenweser. Die Weser 30, 88-91.

<sup>(17)</sup> Flügel, H. (1986): 100 Jahre Korrektur der Unterweser und Hafenbau in Bremen-Stadt. Hansa 123, 1349-1353.

<sup>(18)</sup> Flügel, H. (1987): 100 Jahre Korrektur der Unterweser und Hafenbau in Bremen. Jb. Hafenbau techn. Gesellschaft 42, 50-82.

Da Bremen seine Position als Seehandelsplatz behalten wollte, sollte die Unterweser nach Plänen von Franzius<sup>(19)</sup> für Seeschiffe wieder schiffbar gemacht werden (13,15,17,18 u.a.). Flußkrümmungen, Stromspaltungen, Engstellen und Barrenbildungen behinderten das Fortschreiten der Tidewelle und verringerten die natürliche Räumkraft des Stromes. Um der Tidewelle ein möglichst glattes Ein- und Auslaufen zu ermöglichen, entstand ein sich nach oben verjüngender Mündungstrichter. Zur Begradigung des Flußlaufes wurden Krümmungen abgeflacht, Stromspaltungen durch Abdämmung oder Einschränkung der Nebenarme beseitigt, und das Fahrwasser durch Ausbaggerungen vertieft und verbreitert (19,<sup>20</sup>,16,13,15,18). Die beiden größeren heute noch vorhandenen Nebenarme dienen als Flutspeicherraum: in ihrem oberen Teil nur durch einen schmalen Kanal mit dem Hauptstrom verbunden und flußab trichterförmig offen, nehmen sie bei Flut einen großen Wasserkörper auf<sup>(21)</sup>.

Die Baumaßnahmen erleichterten wie geplant das Eindringen der Tidewelle. Die obere Tidegrenze verschob sich weiter flußaufwärts. In der Mittelweser flußauf von Bremen sanken die Grundwasserstände ab (15,20) und die höhere Strömungsgeschwindigkeiten bedingten ein tieferes Eingraben des Bettes der Mittelweser (14). In Bremen-Hemelingen (etwa 5 km flußauf der Wilhelm Kaisen Brücke) wurde daher zwischen 1906 und 1913 eine Wehranlage gebaut<sup>(22)</sup>.



**Abbildung 3: Skizzen des Unterweserabschnittes zwischen UW-km 32 und 47 (Hauptarm und Rechter Nebenarm) für 1878/1879 (nach Franzius, 1888) und 1979 (nach BSH Seekarte Nr. 5).**

Da die Schiffsgrößen weiter stiegen, folgten weitere Baumaßnahmen, die zu Verbreiterungen und Vertiefungen der Fahrrinne insbesondere flußauf von Brake führten (22,16,13,<sup>23</sup>,15,17,<sup>24</sup> u.a.). Im

<sup>(19)</sup> Franzius, L. (1888): Die Korrektioin der Unterweser. Bremen.

<sup>(20)</sup> Plate, L. (1924): Der Ausbau der Unterweser. Jb. Hafenbautechn. Gesellschaft 7, 150-164.

<sup>(21)</sup> Schröder, K., Busch, D., Schirmer, M., Schuchardt, B. (1983): Reaktionen der Fischfauna auf anthropogene chemische und physikalische Veränderungen des Wassers der Unterweser. N. Arch. F. Nds. 32, 418-430.

<sup>(22)</sup> Walther, F. (1954): Veränderungen der Wasserstände und Gezeiten in der Unterweser als Folge des Ausbaus. Hansa 91(21/22).



Zuge der Baumaßnahmen wurden zahlreiche Strombauwerke und Ufersicherungen errichtet (16,17, 24). Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Veränderungen der Uferlinie und den Verlust von Flachwasserbereichen sowie Veränderungen der Sohle und der Abflußquerschnitte zwischen 1888 und 1985. Neben den Ausbauten in der Unterweser zur Vertiefung und Verbreiterung des Fahrwassers wurden die bremischen und niedersächsischen Häfen ebenfalls erweitert (17,18,<sup>25</sup>).

<b>Ausbau</b>	<b>Zeitraum</b>	<b>Art des Ausbaus und erreichter Tiefgang für Schiffe</b>
5-m-Ausbau	1887 - 1895	Begradigung des Flußlaufes, Fahrwasservertiefung (Tiefgang 5 m)
Wehr in Bremen	1906 - 1913	Herstellung des Staus 1911
7-m-Ausbau	1913 - 1916	Fahrwasservertiefung (Tiefgang 7 m)
Erweiterter 7-m-Ausbau	1921 - 1924	Ausbau des Fahrwassers hauptsächlich in der oberen Unterweser
8-m-Ausbau	1925 - 1929	Fahrwasservertiefung (Tiefgang 8 m), Verbreiterung der Fahrrinne oberhalb von Vegesack
8,7-m-Ausbau	1953 - 1959	Fahrwasservertiefung (Tiefgang 9,6 m)
9-m-Ausbau	1972 - 1979	Fahrwasservertiefung (Tiefgang 10,7 m), bis Nordenham 13 m Tiefgang

**Tabelle 2: Baumaßnahmen in der Unterweser. Den Meterangaben bei den Bezeichnungen für die verschiedenen Ausbauten liegen verschiedene Bezugsniveaus zugrunde. Die Zeiträume für die jeweiligen Baumaßnahmen werden von verschiedenen Autoren teilweise anders datiert.**



**Photo 1: Ausbaumaßnahmen für die Schifffahrt haben die Unterweser stark geprägt.**

#### 4.2.2. Veränderungen der Ufer

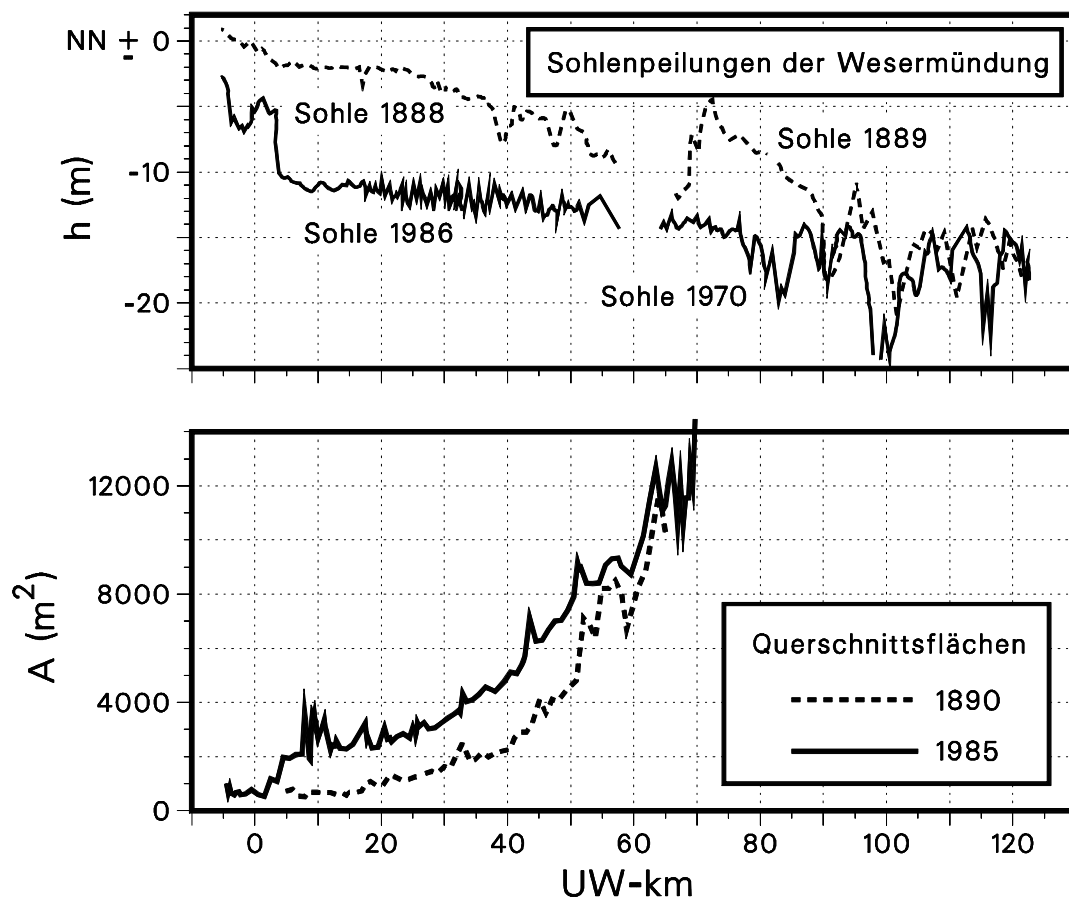
<sup>(23)</sup> Ramacher, H. (1974): Der Ausbau der Unter- und Außenweser. Mitt. Franz. Inst. 41, 257-276.

<sup>(24)</sup> Wetzel, V. (1987): Der Ausbau des Weserfahrwassers von 1921 bis heute. Jb. Hafenbautechn. Gesellschaft 42, 83-105.

<sup>(25)</sup> Ohling, J. (1987): Die niedersächsischen Häfen an der Unterweser. Jb. Hafenbautechn. Gesellschaft 42, 129-137.

Der Ausbau der Weser zum Schifffahrtsweg hatte im Zusammenwirken mit der Verschlechterung der Gewässergüte tiefgreifende Folgen für Fauna und Flora. Bei der folgenden Beschreibung der Änderungen zur Uferlänge und -beschaffenheit werden Folgen für die Biozönose nur gestreift. In der Unterweser wurden im Zuge der Ausbauten Alt- und Nebenarme, Untiefen und Sände überwiegend beseitigt. Dadurch gingen Uferlänge, Wasserfläche und Stillwasserbereiche verloren. Die Uferlinie ist heute um ca. 100 km kürzer. Ein Verlust dieser Gebiete bedeutet z.B. für die Fischfauna den Verlust ihrer Nahrungs-, Ruhe- und Versteckplätze. Insbesondere Jungfische und Laich brauchen diese ruhigen, vegetationsreichen Zonen zum Überleben (14,<sup>26</sup>).

Wegen des Sogs und Schwall der passierenden Schiffe, wegen des steigenden Tidenhubes und der angestiegenen Strömungsgeschwindigkeit mußten viele Uferbereiche durch Verbau geschützt werden. Hierdurch gingen weitere Nahrungs- und Versteckplätze verloren. Heute befinden sich nur noch etwa 40 % der Uferlinie in naturnahem Zustand (linkes Ufer zwischen Farge und Elsfleth, rechtes Ufer zwischen Brake und Nordenham), 60 % wurden auf verschiedene Arten befestigt (hauptsächlich die Strecke zwischen dem Wehr und Farge und die Umgebung der Hafenstädte Elsfleth, Brake, Nordenham und Bremerhaven) (14,26,27). Die Uferbereiche, die heute noch Vegetation aufweisen, werden mechanisch durch den Sog und Schwall der passierenden Schiffe geschädigt (14).



**Abbildung 4: Sohlenpeilungen der Unterweser 1888 und 1986 und der Außenweser 1889 (etwa UW-km 76-100: Wurster Arm) und 1970 (etwa UW-km 76-100: Fedderwarder Arm; Daten aus Dirksen, 1986, und**

<sup>(26)</sup> Haesloop, U., Schirmer, M., Schuchardt, B. (1989): Zu den ökologischen Folgen des Ausbaues der Unterweser zum Großschifffahrtsweg. Tagungsband, Internationaler Umweltkongreß "Der Hafen: Eine ökologische Herausforderung", Hamburg, BRD, 179-181.

**Ramacher, 1974; oben) und Entwicklung der Querschnittsflächen in der Unterweser (Daten für 1890 aus Ströhmer, 1963; Daten für 1985: Wasser- und Schifffahrtsamt Bremen; unten).**

Die zur Stromlenkung errichteten Buhnen schaffen zusätzlichen Uferbereich und zwischen ihnen bestehen Bereiche mit geringeren Strömungsgeschwindigkeiten, die in geringem Umfang die verlorengegangenen Ruheplätze ersetzen können. Die Buhnen zerstückeln jedoch die Schilfgürtel. Zudem sind sie oftmals durch Steinpflasterungen oder -schüttungen geschützt, so daß ihr ökologischer Wert gering ist (14). Aufgrund des angestiegenen Tidenhubes (vgl.4.1.) sind ehemalige Flachwassergebiete heute dem Mesolitoral zuzuordnen. Diese tidebeeinflussten Uferregionen, die im Wechsel trocken fallen und überflutet werden, bilden einen extremen Lebensraum und können daher nur von daran angepaßten Lebewesen besiedelt werden (14). Ein großer Teil der biologischen Produktion und der Selbstreinigungsprozesse findet in ufernahen Flachwasserbereichen statt (27). Die Alt- und Nebenarme besaßen aufgrund ihrer Form und Verlandungszonen lange Uferlinien hoher Produktivität. Außerdem sind dort Nährstoffe durch die Vegetation festgelegt und daher dem Wasser entzogen. Durch das Abtrennen und Auffüllen dieser Arme sinkt auch die Produktivität des Hauptstromes und ein Teil der Selbstreinigungskraft des Flußsystems geht verloren (14). Desweiteren ist im Sauerstoffkreislauf die Sauerstoff-Regenerierung stark von der Belüftung durch die Wasseroberfläche abhängig. Diese ist wiederum von den durch die Ausbauten veränderten Größen Wasseroberfläche, Wassertiefe und Strömungsgeschwindigkeit abhängig (28,29). Der Beitrag dieser Baumaßnahmen auf die Gewässergüte des Flusses ist nur schwer abzuschätzen.



Ph

(27) Schuchardt, B., Beckmann, M., Knust, R., Schirmer, M. (1984): Eulitorale Uferstrukturen an der Unterweser. DROSER 84, 83-90.

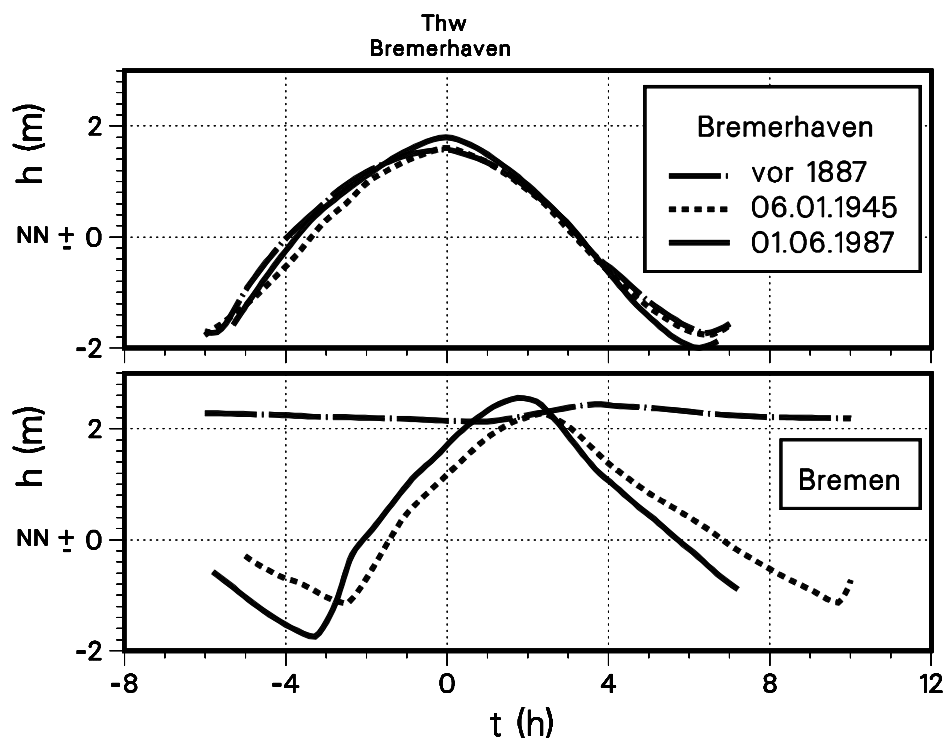
(28) Kühle, H., Prange, A., Müller, A. (1989): Hydrographie, Wärmehaushalt, Sauerstoffhaushalt und Eutrophierung der Unterweser. Gutachten zur Beurteilung des Gewässergütezustandes der Unterweser, unveröffentlichter Teilbericht, GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH und Wasserwirtschaftsamt Bremen.

(29) Müller, A., Grabemann, I., Kunze, B. (1992): Water quality modelling: prediction of the transport of water constituents in the Weser estuary (Germany). In: Spaulding, M.L., Bedford, K., Blumberg, A., Cheng, R., Swanson, C. (eds.), Estuarine and Coastal Modeling (Proc. 2nd Int. Conf.), American Society of Civil Engineers, New York, 405-417.

### 4.3. Hydrologische Veränderungen

#### 4.3.1. Veränderungen des Tideablaufes und der Wasserstände

Da die Baumaßnahmen für ein ungehindertes Ein- und Auslaufen der Tidewelle sorgten, änderten sich die Tideabläufe, besonders flußauf von Brake, beträchtlich (22,13,17,24, u.a.). Die Fortschrittdauer der Tidewelle von Bremerhaven nach Bremen ist wesentlich kürzer geworden, und die Tidekurve in Bremen ist heute wesentlich symmetrischer (Tab.2, Abb.5). Bei Bremerhaven hat sich die Tidekurve weniger, bei Bremen stark verändert (Abb.5). Die mittleren Tidehochwasser änderten sich in der gesamten Unterweser geringfügiger, ebenso die mittleren Tideniedrigwasser stromab von Brake. Stromauf der Huntemündung sanken die mittleren Tideniedrigwasser dagegen stark ab, wodurch der mittlere Tidenhub dort stark zunahm (22,24). In Bremen ist der Tidenhub von ehemals etwa 20 cm (Abb.6) auf etwa 4 m angestiegen.



**Abbildung 5:** Tidekurven an den Pegeln Bremerhaven und Bremen (Daten für 1887 und 1945 aus Walther, 1954; Daten für 1987: Wasser- und Schiffsamt Bremen).

Zwar ist der größte Teil dieser Änderungen auf die eigentlichen Unterweserausbauten zurückzuführen, jedoch spielen auch andere Faktoren eine Rolle. Am Pegel Oslebshausen (UW-km 8,4) zum Beispiel betrug die Differenz des mittleren Tideniedrigwassers zwischen 1968/72 und 1976/80 0,35 m. Etwa 2/3 dieser Differenz sind wahrscheinlich auf den 9-m-Ausbau zurückzuführen. Der Rest ist etwa zu gleichen Teilen den Auswirkungen des 12-m-Ausbaus in der Außenweser, flußbaulichen Maßnahmen und der Vergrößerung der Eingangstidewelle aus der Nordsee zuzuschreiben (23). Seit den 60/70er Jahren änderten sich die Wasserstände in der Nordsee verstärkt <sup>(30, 31, 32)</sup>.

<sup>(30)</sup> Rohde, H. (1982): Die Geschichte des Pegels Helgoland. Dt. Gewässerkl. Mitt. 26, 117-124.

<sup>(31)</sup> Siefert, W. (1982): Bemerkenswerte Veränderungen der Wasserstände in den deutschen Tideflüssen. Die Küste 37, 1-36.

<sup>(32)</sup> Führböter, A. (1986a): Anstieg des Meeresspiegels an der deutschen Nordseeküste. Spektrum der Wissenschaft (3), 16, 20, sowie Führböter, A. (1986b): Veränderungen des Säkularanstiegs an der deutschen Nordseeküste. Wasser und Boden (9), 456, 459 - 460.

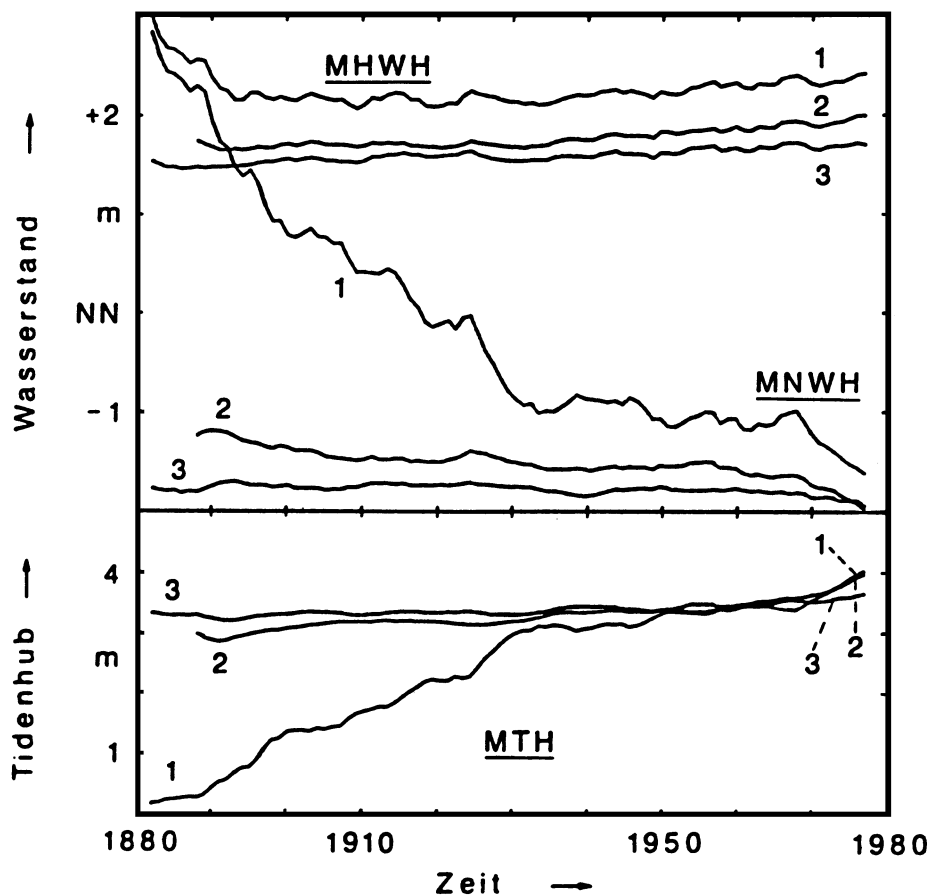


Abbildung 6: Übergreifende Fünfjahresmittel der mittleren Hochwasserhöhe (MHWH), mittleren Niedrigwasserhöhe (MNWH) und des mittleren Tidenhubes (MTH) für Bremen (1), Brake (2) und Bremerhaven (3) zwischen 1887 und 1978 (nach Daten des Wasser- und Schiffsamtes Bremen, aus 41).

#### 4.3.2. Sturmfluten und hohe Oberwasserabflüsse

Als Folge der Baumaßnahmen wird die einlaufende Tidewelle heute morphologisch geringer gedämpft. Desweiteren sind 1979 Sturmflutsperrwerke in den Nebenflüssen Lesum, Ochtum und Hunte in Betrieb gegangen<sup>(33)</sup>. Daher laufen Sturmfluten heute höher auf. Andererseits fließen große, aus der Mittelweser kommende Oberwassermengen heute besser ab<sup>(34)</sup>.

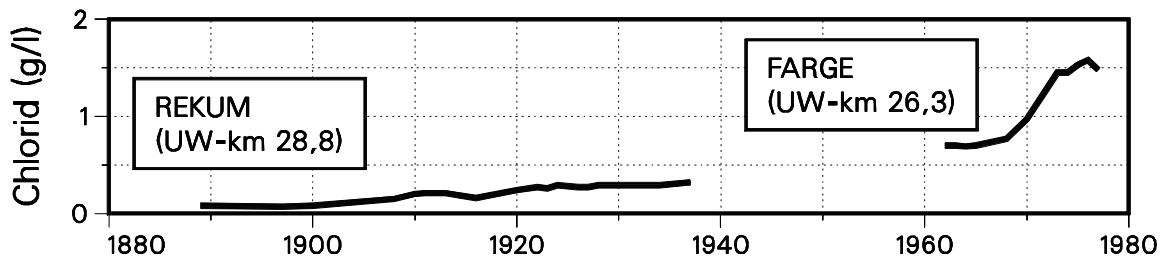
#### 4.3.3. Veränderungen der Position der Brackwasserzone

Über das Entwässerungssystem und den Butjadinger Zuwässerungskanal werden in der Wesermarsch in Trockenzeiten weite Landstriche mit Süßwasser aus der Unterweser versorgt. Daher ist die Position der Brackwasserzone von Bedeutung. Änderungen des Salzgehaltes im Brackwassergebiet können sowohl durch Änderungen des Salzgehaltes im Meerwasser oder Oberwasser als auch durch Änderungen der Tideverhältnisse und Wasserstände, d.h. Änderungen der Vermischungsvorgänge und der Menge des ein- und ausströmenden Meerwassers, hervorgerufen werden.

<sup>(33)</sup> Bliesener, F., Lüninghöner, W. (1978): Bauwerke an der Unterweser. Hansa 115, 1273-1275.

<sup>(34)</sup> Dietze, W. (1983): Die Veränderungen der Wasserstände in den großen Tideflüssen seit 100 Jahren. Dt. Gewässerkl. Mitt. 27, 7-12.

Der Salzgehalt im angrenzenden Meeresgebiet, der Deutschen Bucht, zeigt keinen langfristigen Trend. Allerdings schwankt er im Rhythmus von 4 bis 6 Jahren, möglicherweise aufgrund einer ähnlichen Periodizität des Niederschlages über dem Kontinent <sup>(35,36)</sup>. Der Salzgehalt des Weseroberwassers ist im Laufe des Jahrhunderts aufgrund zunehmender Einleitungen salzhaltiger Abwässer aus der Kaliindustrie in Werra und Ulster stark angestiegen, insbesondere seit Beginn der 70er Jahre <sup>(37,38,39)</sup>, vgl. Kap.5 und Abb.7). Die Entwicklung der letzten Jahre (Reduzierung der Salzableitungen durch Betriebsstilllegungen und Sanierungen im thüringischen Kalirevier) ist im Kapitel 7.3.1. und der Abbildung 17 dargestellt.



**Abbildung 7: Entwicklung der Chloridkonzentration im Oberwasser (übergreifende Fünfjahresmittel, nach Grabeman et al., 1983).**

Trotz des ungehinderteren Eindringens der Tidewelle wurde nach dem 5-m-Ausbau eine Verschiebung der Brackwasserzone - entgegen den Befürchtungen - flußabwärts beobachtet <sup>(20,22,40)</sup> und Abb.8). Diese Verlagerung wurde durch die Verminderung des Flutraumes verursacht. Am oberen Ende geschlossene Nebenarme und zwischen Tideniedrigwasser und Tidehochwasser liegende Flächen verlandeten oder wurden mit Baggergut aufgefüllt.

Erst nach Auflandung der Altarme und Außendeichsflächen über das mittlere Tidehochwasser kam es zu einer Erhöhung der Tidewassermenge. In den 20er Jahren wanderte die Brackwasserzone wieder flußaufwärts <sup>(22,40)</sup> und Abb.7).

In den 60er und besonders in den 70er Jahren ist ein stärkerer Salzgehaltsanstieg an den Meßstellen zu beobachten, auch unter Berücksichtigung des Anstiegs des Salzgehaltes im Weseroberwasser (Abb.7). Wie weit diese Verschiebung der Brackwasserzone nach flußauf jedoch auf die Ausbauten zurückzuführen ist, ist nicht genau abzuschätzen, da die Wasserstände stark durch die Baumaßnahmen verändert, aber auch durch die Änderungen der Wasserstände an der deutschen Nordseeküste beeinflusst wurden <sup>(41)</sup>.

<sup>(35)</sup> Becker, G., Kohnke, D. (1978): Longterm variations of temperature and salinity in the Inner German Bight. Rapp. P.-v. Cons. Explor. Mer. 172, 335-344.

<sup>(36)</sup> Hill, H.W., Dickson, R.R. (1978): Longterm changes in the North Sea hydrography. Rapp. P.-v. Cons. Explor. Mer. 172, 310-334.

<sup>(37)</sup> Veh, G. (1975): Die Salzbelastung der Flüsse im Einzugsgebiet der Weser. Dt. Gewässerkl. Mitt., Sonderheft, 72-77.

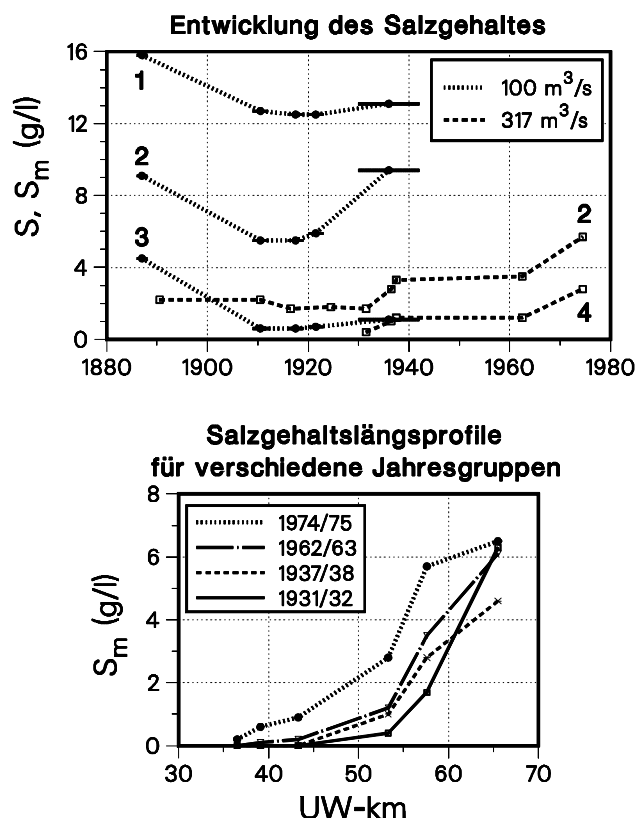
<sup>(38)</sup> Hulsch, J., Veh, G. (1978): Zur Salzbelastung von Werra und Weser. N.Arch.f.Nds. 27, 367-377.

<sup>(39)</sup> Neumann, H., Gaumert, D., Herbst, V., Schilling, J. (1990): Betrachtungen über die ökologischen und ökonomischen Schäden der Salzbelastung von Werra und Weser. Die Weser 90 (2/3), 77-86.

<sup>(40)</sup> Hensen, W. (1953): Das Eindringen von Salzwasser in die Gezeitenflüsse und ihre Nebenflüsse, in Seekanäle und Häfen. Mitt. Franz. Inst. 3, 20-50.

<sup>(41)</sup> Grabemann, I., Krause, G., Siedler, G. (1983): Langzeitige Änderungen des Salzgehaltes in der Unterweser. Dt. Hydrogr. Z. 36, 61-77.





**Abbildung 8:** (oben) Entwicklung des Salzgehaltes zwischen 1887 und 1975 an den Meßstellen Bremerhaven (1, UW-km 65), Nordenham (2, UW-km 57,7), Eljewarden (3, UW-km 51) und Dedesdorf (4, UW-km 53,5) für 2 verschiedene Oberwasserabflüsse.

---- · ---- Mittelwert des Salzgehaltes (S) für mehrere Jahre (Daten aus Hensen, 1953).

---- ⊙ ---- Mittelwert des Salzgehaltes ohne Oberwasseranteil ( $S_m$ ) für jeweils 2 Jahre (nach Daten des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremen).

(unten) Verlagerung der Brackwasserzone nach 1930 für ein mittleres Oberwasser von  $317 \text{ m}^3/\text{s}$  (nach Daten des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremen und Grabemann et al., 1983).

## 5. Gewässergüte - ein Überblick

Bis Anfang des 20. Jahrhunderts sorgten Abwässer nur punktuell für Probleme, da die Bevölkerungsdichte im Wesertal relativ gering war und die Entsorgung der Abwässer in den Städten über Sickergruben erfolgte. Im Zuge des Bevölkerungswachstums, der Intensivierung der Landwirtschaft und der Industrialisierung nahm die Wasserverschmutzung rapide zu, da unter anderem der Ausbau von Abwasserkanalnetzen nach dem zweiten Weltkrieg nicht immer mit dem Bau von Kläranlagen einherging. 1956/57 waren ca. 75 % der Bevölkerung im Bereich der Weser an eine öffentliche Kanalisation angeschlossen, aber nur knapp 25 % der Abwassermenge wurden vor Einleitung in die Flüsse mechanisch-biologisch geklärt. Zu einem Stillstand in der negativen Entwicklung in der Gewässergüte der Weser kam es erst in den 70er Jahren und zu einer Verbesserung in den 80er Jahren durch massive Investitionen<sup>(42)</sup>. Neben den salzhaltigen Abwässern aus der Kaliindustrie sind die kommunalen und industriellen Abwässer, die nach ihrer Behandlung mit unterschiedlicher Restbelastung in die Weser und ihre Nebenflüsse eingeleitet werden, von besonderer Bedeutung für die Gewässerqualität. Sie beeinträchtigen den Sauerstoffhaushalt im Fluß und führen zu einer Erhöhung der Nähr- und Schadstoffgehalte. Letztere können sich im Sediment sowie in Fauna und Flora anreichern. Weitere Bela-

<sup>(42)</sup> Albrecht, J., Kirchhoff, N. (1987): Ökologie der Weser - Der Fluß als Lebensraum im Wandel der Zeit. In: Bachmann und Hartmann (Hrsg.), Schifffahrt, Handel, Häfen - Beiträge der Schifffahrt auf Weser und Mittellandkanal, Minden, 295-325.

stungsquellen sind Einleitungen von Abwärme. Kühlwassereinleitungen stören unter anderem den Sauerstoffhaushalt des Flusses aufgrund ihrer erhöhten Temperatur; die zur Entnahme des Kühlwassers vorgeschalteten Rechen- und Siebanlagen zerstören die Fauna, insbesondere Laich und Jungfische. Durch Abwassereinleitungen der an der Weser stehenden Kernkraftwerke wird die Radioaktivität des Weserwassers beeinflusst. Wasserentnahmen, u.a. durch die Kraftwerke und zur Speisung des Mittellandkanals, können bei niedrigem Oberwasserabfluß die Gewässergüte der Weser verschlechtern. Das Niederschlagswasser führt der Weser aus der Luft gelöste, von der Erdoberfläche abgespülte Stoffe und Stoffe aus dem Kanalnetz zu <sup>(43)</sup>.

Im folgenden werden die *Entwicklung des Salzgehaltes, des Sauerstoffgehaltes und der Nährstoffe* beispielhaft gezeigt bzw. der heutige Zustand beschrieben.

Die zunehmende *Versalzung des Oberwassers* der Weser (Abb.8), hervorgerufen durch die im Laufe dieses Jahrhunderts angestiegene Einleitung von salzreichen Abwässern aus der Kali-Industrie besonders in Werra und Oberweser (Tab.3), führte zu einer Veränderung der Biozöosen in Werra, Ober- und Mittelweser (37,38,39).

1856	Entdeckung von Steinsalzvorkommen in Thüringen und Hessen
1861	Beginn des Salzbergbaus und Errichtung der ersten Fabrik
1911	Trinkwassernotstand in Bremen aufgrund der hohen Salzbelastung des Flusses
1913	Staatsvertrag Preußens mit den Thüringischen Staaten: Gründung einer Kaliabwässer-Kommission in Kassel mit der Aufgabe, Regelungen für die Salzwassereinleiter zu treffen. Die Einleitungsmengen seien so an die Wasserführungen der Flüsse anzupassen, daß in der Werra bei Gerstungen 842,5 mg/l Cl <sup>-</sup> mit 48,4° dH in der Werra und 250 mg/l Cl <sup>-</sup> mit 20° dH in Bremen nicht überschritten werden
1924	Erhöhung der Grenzwerte bei Gerstungen auf 1.781 mg/l Cl <sup>-</sup> und 63,1° dH für die Werra und in Bremen für die Weser 350 mg/l Cl <sup>-</sup> mit 23° dH
um 1925	Zunahme der Düngesalzproduktion und Beginn der Abwassersenkung in den Untergrund
1942	Im 2. Weltkrieg werden vorübergehend die Grenzwerte wie folgt festgelegt:- Gerstungen 2.500 mg/l Cl <sup>-</sup> mit 50° dH, - Bremen 350 mg/l Cl <sup>-</sup> mit 23° dH
1947-1951	Neue Abkommen über Salzkonzentrationen und -frachten im Fluß: 62% der Fracht aus den Thüringischen Werken (DDR), 38% aus den hessischen (BRD)
1949-1950	Auftreten von massenhaftem Fischsterben in der Werra
seit 1952	stete Zunahme der Salzableitungen durch DDR-Fabriken
1968	Thüringische Kaliwerke stoppen die Versenkung von Salzabwässern über Schluckbrunnen in den Plattendolomit, da die Trinkwasserbrunnen der näheren Umgebung Salzschäden aufwiesen: Folge: ein weiteres Ansteigen der Salzfrachten in Werra und Weser
1976	in der Werra wurden Spitzenwerte von 40.000 mg/l Cl <sup>-</sup> erreicht, die jährliche Durchschnittskonzentration beträgt 17.000 mg/l Cl <sup>-</sup>
seit 1980	erneute Verhandlungsrunden der BRD mit der DDR um eine Frachtreduzierung
seit 1982	trotz der vorhandenen technischen Möglichkeiten zur Salzreduzierung kommen die bilateralen Verhandlungen zu keinem Ergebnis
1987	die Einführung neuer Technologien in den DDR-Werken scheitert am westdeutschen Patentinhaber des ESTA-Verfahrens
1989	Reduzierung der Salzfrachten durch Produktpausen- und Minderungen
ab 1990	die ostdeutsche Kali-Industrie kämpft um das Überleben der thüringischen Werke, erste Produktionsstättenstilllegungen führen zu einer weiteren Salzfrachtabnahme, Stufenplan zur Sanierung der thüringischen Salzabwassereinleitungen
1992	Verwaltungsabkommen über die Gewährung von Zuwendungen des Bundes und der Länder für Maßnahmen zur Reduzierung der Werra-Weser-Versalzung, Ziel dieses Konzeptes ist eine Reduzierung der thüringischen Chlorideinleitungen auf 40 kg/s
1993	Veränderungen des Konzeptes durch die Schließung des Werkes Merkers, neu aufgestelltes Ziel ist eine Frachtenreduzierung für die thüringischen Werke auf 18 kg/s Cl, Forderung der ARGE Weser zu Konzentrationsbegrenzungen in Werra und Weser unabhängig von Einleitungsquoten

**Tabelle 3: Chronologie der Versalzung von Werra und Weser aus Abwässern der Kaliindustrie <sup>(44)</sup>.**

<sup>(43)</sup> Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Weser (ARGE Weser, 1982): Weserlastplan. Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen, Freie Hansestadt Bremen - Der Senator für Gesundheit und Umweltschutz, Der Hessische Minister für Landesentwicklung, Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Der Niedersächsische Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.).

<sup>(44)</sup> nach Busch, D., Schirmer, M., Schuchardt, B, Ullrich, P. (1989): Historical changes of the river Weser. In: Petts, G.E., Möller, H., Roux, A.L. (eds.), Historical change of large alluvial rivers, John Wiley & Sons, Chichester, New York.



In der Unterweser, besonders flussab von Brake, ist diese Versalzung von untergeordneter Bedeutung, da sich hier schon der Einfluß des eindringenden Meerwassers bemerkbar macht <sup>(45)</sup>. Seit Anfang der 90er Jahre geht die Versalzung langsam zurück, jedoch schaffen kurzfristige große Schwankungen der Salzkonzentration weiterhin erhebliche Probleme für die Fauna <sup>(46)</sup>.

Aufgrund der Versalzung ist das Weserwasser wegen der erhöhten Salzkorrosion als Brauchwasser nur bedingt nutzbar. 1982 mußte in Bremen die Trinkwasserversorgung aus Weserwasser, die 1873 begonnen worden war, eingestellt werden <sup>(47,48)</sup>.

Biologische Abbau- und Umwandlungsprozesse hängen von der Jahreszeit und der Wassertemperatur ab <sup>(49,50)</sup>. Im Winter sind die *Sauerstoffgehalte* relativ hoch (etwa 10-12 mg/l). In wärmeren Jahreszeiten, wenn die biologischen Aktivitäten hoch sind, werden bei Hemelingen Sauerstoffgehalte in der Größenordnung von im Mittel 5 - 8 mg/l gemessen.

Mikrobieller Abbau der Abwässer und Nitrifikation verursachen ein Sauerstoffminimum im Längsprofil der Unterweser (Abb.9). Gegen Bremerhaven nimmt der Sauerstoffgehalt durch Beimischung des vom Meer her eindringenden Meerwassers wieder zu <sup>(51)</sup>. Im Gebiet der Trübungszone kommt es aufgrund der Partikel- und damit Bakterienanreicherung zu einer verstärkten Sauerstoffzehrung <sup>(53)</sup>.

In den 60er, 70er und Anfang der 80er Jahre wurden in warmen, abflußarmen Zeiten unterschiedlich lang andauernde Sauerstoffdefizitzonen (-minima) mit Konzentrationen unter 4 mg/l beobachtet <sup>(52, 21)</sup>. Seit Mitte der 80er Jahre ist das Sauerstoffminimum weniger ausgeprägt. Die signifikant verringerten BSB- und organischen Stickstoffgehalte im Abwasser der Kläranlage Seehausen nach Einbau der biologischen Stufe sorgten für eine Verbesserung des Sauerstoffgehaltes im Sommer <sup>(5,47,50, 53)</sup>.

---

<sup>(45)</sup> Haesloop, U., Schirmer, M. (1990): Die ökologischen Folgen der Weserversalzung in der Unterweser. In: Meßprogramm Weser in Bremen (MEWEB), Freie Hansestadt Bremen - Der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung und Wasserwirtschaftsamt Bremen (Hrsg.), Bremen 70-74.

<sup>(46)</sup> L. Reidt: Wo die Salzwelle rauscht, Die Zeit 34 vom 20.08.1993.

<sup>(47)</sup> Eberhardt, M. (1975): Trinkwassergewinnung aus Flußwasser, insbesondere Weserwasser. Dt. Gewässerkl. Mitt., Sonderheft, 56-62 sowie Hautau, H., Eberhardt, M., Ebel, K., Flügel, H., Keune, H., Reis, G., Wohlleben, H., Neumann, H., Schirmer, M. (1987): Probleme der Wasserqualität von Weser, Werra und Fulda (Podiums- und Plenumsdiskussion). Die Weser 61(5), 125-134.

<sup>(48)</sup> Freie Hansestadt Bremen, Der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung (Hrsg.): Trinkwasserversorgungsbericht des Landes Bremen, Bremen 1993.

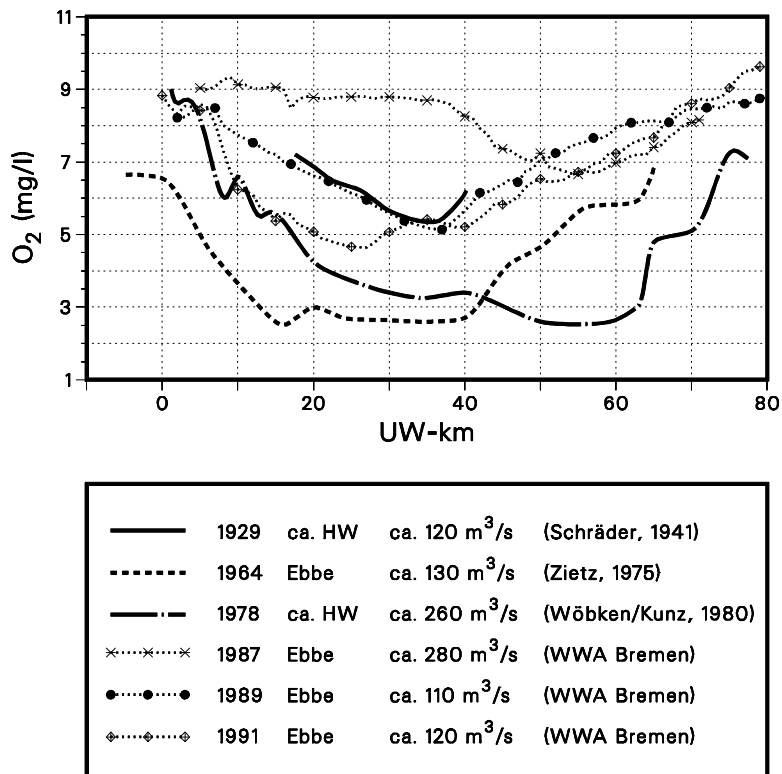
<sup>(49)</sup> Benoit, R.J. (1971): Self-purification in natural waters. In: Ciacco, G.C. (ed.), Water and Water-Pollution Handbook 1, Marcel Decker, New York, 223-259.

<sup>(50)</sup> Rinaldi, S., Soncini-Sessa, R., Stehfest, H., Tamura, H. (1979): Modeling and control of river quality. McGraw Hill, New York.

<sup>(51)</sup> Grabemann, I., Kunze, B., Müller (1993): Lower Weser water quality monitoring and water quality situation. In: White, K.N., Bellinger, E.G., Saul, A.J., Symes, M., Hendry, K. (eds.): Urban waterside regeneration. Ellis Horwood Series in Environmental Management, Science and Technology, Ellis Horwood Limited, N.Y., London, 302-311.

<sup>(52)</sup> Zietz, U. (1975): Probleme der Gewässergüte in der Unterweser. Dt. Gewässerkl. Mitt., Sonderheft, 87-94.

<sup>(53)</sup> Schuchardt, B., Müller, M., Schirmer, M. (1989): Veränderungen im Sauerstoff-Haushalt der Unterweser nach der Reduzierung kommunaler und industrieller Einleitungen. Dt. Gewässerkl. Mitt. 33, 98-103.



**Abbildung 9: Sauerstofflängsprofile in der Unterweser im Sommer bei kleinen Oberwasserabflüssen (kleiner 180 m<sup>3</sup>/s) zwischen 1929 und 1991 (Vergleiche Kap. 7.3.3., Abb. 18 Sauerstofflängsschnitte der Unterweser 1993).**

Im Winter ist die von oberstrom kommende Ammoniumfracht hoch. Diese Fracht wird durch Abwassereinleitungen in die Unterweser weiter erhöht und zur Nordsee transportiert. Aufgrund der Selbstreinigungsprozesse in Ober- und Mittelweser ist die von oberstrom kommende Ammoniumfracht in wärmeren Jahreszeiten niedrig. Die Abwassereinleitungen, hauptsächlich durch die Bremer Kläranlage Seehausen, verursachen dann ein *Ammoniummaximum* in der Regel im Bereich UW-km 10 bis 40. Aufgrund der Nitrifikation wird im Bereich UW-km 20 bis 50 ein *Nitritmaximum* beobachtet (51 und Abb.10). Diese Nährstoffmaxima sind in der Regel desto ausgeprägter und desto weiter flußauf zu beobachten, je kleiner der Oberwasserabfluß ist, d.h. je länger die Verweilzeit eines Wasserkörpers in der Unterweser ist bzw. je öfter ein Wasserkörper eine Einleitungsstelle passiert (vgl. Abb.2). Die Längsschnitte des Nitrat- und des Phosphorgehaltes zeigen im Längsprofil in der Regel keinen Peak. Aufgrund der hohen Nitrat-Vorbelastung ist die Nitrat-Zunahme durch Einleitungen und die Nitrifikation in der Unterweser vernachlässigbar.

Da Nitrat im Gegensatz zum Phosphat im Erdreich nicht sehr fest gebunden ist (43), sind bei kleineren Oberwasserabflüssen die Auswaschungen und Abspülungen landwirtschaftlich genutzter (d.h. Nitrat-gedüngter) Flächen und damit die Nitratgehalte im Fluß kleiner. In der Brackwasserzone nehmen die Konzentrationen aller Nährstoffe in der Regel aufgrund der Verdünnung durch das eindringende Nordseewasser ab (51). Die Phosphatfracht stammt etwa zu gleichen Teilen aus Fäkalien und Waschmitteln. Seit Inkrafttreten des Waschmittelgesetzes von 1975 sind die Phosphatgehalte in der Weser rückläufig. Das Abwasserabgabengesetz verstärkte diese Entwicklung. Beim Nitratgehalt fand eine derartige Trendwende bis heute nicht statt. Die Entwicklung folgt kontinuierlich dem stetigen Anstieg des Stickstoffverbrauchs in der Landwirtschaft, 1959 waren es ca. 40 kg/ha, 1983 bereits ca. 120 kg/ha (54).

(54) Wöbken, K.; Kunz, N. (1980): Beitrag zu Gewässergütefragen der Unterweser, Wasser und Boden 8, 372-377.

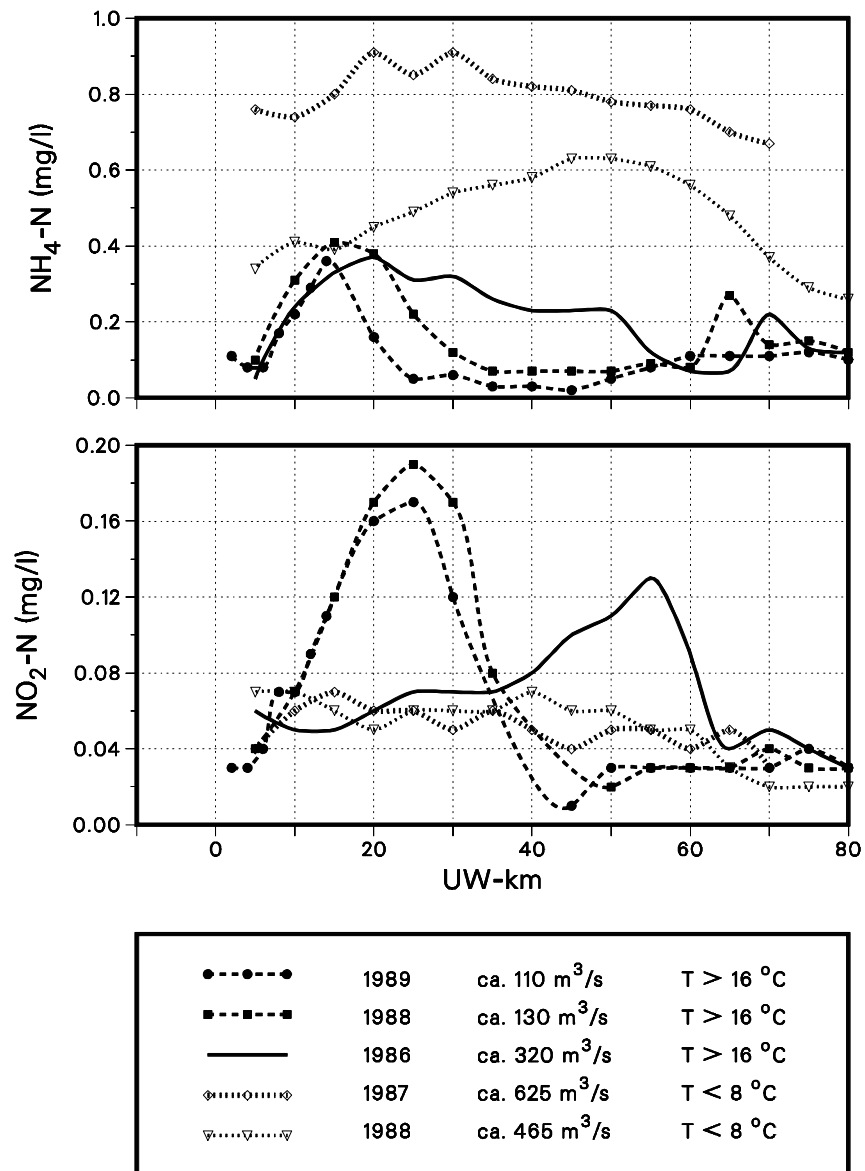


Abbildung 10: Längsprofile für Ammonium-Stickstoff ( $\text{NH}_4\text{-N}$ , oben) und Nitrit-Stickstoff ( $\text{NO}_2\text{-N}$ , unten) in der Unterweser im Sommer für drei verschiedene Oberwasserabflüsse und im Winter (nach Daten des Wasserwirtschaftsamtes Bremen). Zur Detailentwicklung in den letzten 5 Jahren sowie zur Darstellung der Unterweserlängsschnitte von 1993 siehe Kapitel 7.4.



Photo 3: Weserufer auf Harrier Sand bei Ebbe

## 6. Abwassereinleitungen in die Unterweser

### 0006.1. Vorbemerkung zum Umgang mit den Meßwerten

In der sich anschließenden Dokumentation über den Zustand der Unterweser und die Situation bei den Abwassereinleitern wurden große Datenmengen aus verschiedenen Behörden zusammengetragen und verarbeitet. Trotz sorgfältiger Bearbeitung ist nicht auszuschließen, daß sich Fehler eingeschlichen haben. Die Verfasser bitten daher um Kritik, damit Mängel in einer Neuauflage des Berichtes behoben werden können..

Bei der Darstellung der Einleiterfrachten wurde schwerpunktmäßig auf Daten aus der behördlichen Überwachung zurückgegriffen, teilweise wurden auch Werte der Eigenüberwachung hinzugezogen. Lagen Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze (kleiner als), ging der Wert mit der Bestimmungsgrenze bei der Frachtberechnung ein. Die angegebenen Frachten müssen somit immer als Höchstfrachten angesehen werden (siehe auch Abschnitt 6.2.). Die eingeleiteten Jahresfrachten wurden errechnet auf Basis des tatsächlich eingeleiteten Jahresabwasservolumenstromes und des Mittelwertes aus den chemischen Analysenergebnissen. Da die Analysenwerte nicht immer normalverteilt vorliegen, ist dieses Vorgehen statistisch gesehen nicht immer korrekt (Ausreißerproblematik). Da sich der Median bei entsprechenden Auswertungen noch nicht durchgesetzt hat, wurde auf den Mittelwert zurückgegriffen. Soweit möglich wird im Text auf diese Problematik hingewiesen.

Vier bis zwölf Mal werden die Abwasserleiter in der Regel pro Jahr überwacht. Die Intensität der Überwachung orientiert sich an der Bedeutung der Einleitung (Menge, Frachten, gefährliche Stoffe, usw.). Die Analysen werden entweder an einer qualifizierten Stichprobe (mindestens alle 2 Minuten Probenahme über maximal 2 Stunden, in der Regel jedoch 10 Minuten) oder einer 2-Stunden-Mischprobe durchgeführt. Der Analysenumfang richtet sich in der Regel nach den in den Anhängen zur Rahmenabwasser-Verwaltungsvorschrift festgelegten Parametern. Da in Bremen die für die Unterweser bedeutendsten Abwassereinleiter angesiedelt sind, geht der Untersuchungsumfang über die gesetzlichen Mindestvorschriften hinaus.

### 6.2. Gewichtung von Meßergebnissen unterhalb der Nachweisgrenze

Ein Problem besteht in der Gewichtung von Meßergebnissen unterhalb der Bestimmungsgrenze für die Frachtberechnungen des Flusses bzw. der Einleiter. So legt z.B. die ARGE ELBE 75 % der Bestimmungsgrenze zugrunde, die GÜTESTELLE WESER 50 %. Eine einheitliche Konvention über den Umgang mit Meßergebnissen unterhalb der Bestimmungsgrenze bei der Frachtberechnung wurde in der BRD bisher noch nicht festgelegt. In der Tabelle 4 wird der Unterschied im Frachtergebnis veranschaulicht, der entsteht, wenn bei Meßergebnissen unterhalb der Bestimmungsgrenze der Wert 0 (d.h. Konzentration gleich 0) oder der Wert der Bestimmungsgrenze selber (d.h. Konzentration gleich Bestimmungsgrenze) eingesetzt werden.

Bei der Klöckner Stahl wurde beispielhaft als zweiter Wert die Vorbelastung der Weser am Entnahmebauwerk mitaufgeführt, da sich nicht nur die Einleitungsfracht, sondern auch die Frachtberechnung des Flusses für Vorbelastungsabzüge verändert je nach Gewichtung der Nachweisgrenze. Geradezu auffallend ist die "Bestimmungsgrenzfracht" bei Quecksilber (hier errechnen sich alle in Tabelle 4 aufgeführten Einleiterfrachten durch die Gewichtung der Bestimmungsgrenze) und dem chlororganischen Schadstoff Hexachlorbenzol (als einzige Einleiterfracht aufgrund tatsächlicher Meßergebnisse bleibt die der Bremer Wollkämmerei, BWK).

Einleiter Fracht in kg/a	JSV Mio m3	Cd ges		Cr ges		Hg ges		Pb ges		Zn ges		Hexachlorbenzol	
		100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
KA Delmenhorst	5,9	1,18	0,19	7,1	5,1	1,18	-	9,9	5,9	172,2	155,2	5,9	-
Klöckner Stahl	111,6	43,2	43,2	732,3	453,3	19,53	-	1.210	1.210	7.620,6	7.620,6	111,6	-
Klöckner Vorbel.	111,6	36,7	30,3	494,2	175,3	22,32	-	414,5	414,5	3.515,4	2.585,4	111,6	-
BWK	0,7	0,14	0,07	3,7	3,7	0,14	-	0,7	-	22,7	20,3	0,8	0,6
KA OHZ	1,4	0,31	0,2	1,7	1,2	0,28	-	1,7	0,5	27,8	8,1	0,7	-
KA Farge	4,8	1,38	1,06	4,8	-	0,97	-	8,8	7,1	84,6	39,8	1,2	-
KA Seehausen	41,8	8,36	1,19	66,9	35,5	8,36	-	54,9	25	883,5	256,1	20,9	-
ZKA Brhv	11,6	2,61	0,87	18	15,1	2,32	-	25,8	20	**	**	**	**
<b>Spalten-Summe</b>		57,22	46,78	834,5	513,9	32,78	-	1311,8	1268	8811,4	8100,1	141,1	0,6

**Tabelle 4: Ergebnisvergleich für die Berechnung von Einleiterfrachten unter Zugrundelegung von 100 % bzw. 0% der Bestimmungsgrenze bei den Schwermetallen Blei, Chrom, Zink und Cadmium sowie Hexachlorbenzol aus dem Berichtsjahr 1993 bei ausgesuchten Einleitern (Klöckner Vorbel. = Vorbelastung der Weser im Klöckner Zulauf; - = alle Meßwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze, \*\* = keine Meßwerte verfügbar).**

### 6.3. Die Einleitungen im Überblick

Alle Abwassereinleitungen in ein Gewässer sind nach dem Wasserhaushaltsgesetz bzw. den Landeswassergesetzen erlaubnispflichtig. In der wasserrechtlichen Erlaubnis, die von der örtlichen Wasserbehörde (in Bremen der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung, in Niedersachsen die Landkreise als untere Wasserbehörde bzw. die Bezirksregierungen als obere Wasserbehörde) erteilt wird, werden u. a. Überwachungswerte, Art und Umfang der Eigenüberwachungen, aber auch, wenn nötig, Sanierungsziele und Zeitpläne für Verbesserungen vorgeschrieben. In den Wasserbüchern sind u. a. alle relevanten Entnahme- bzw. Einleitungserlaubnisse aus bzw. in Grund- und Oberflächengewässern bei den zuständigen Wasserbehörden Bremens und den staatlichen Ämtern für Wasser und Abfall in Niedersachsens zusammengefaßt. Diese dürfen von der Öffentlichkeit eingesehen werden.

Die Überwachungswerte basieren auf den Anhängen zur Rahmenabwasser-Verwaltungsvorschrift in Verbindung mit dem § 7a des Wasserhaushaltsgesetzes. In diesen Anhängen legt die Bundesregierung für einzelne Industrie- und Gewerbebranchen Mindestanforderungen an die Ablaufkonzentrationen oder -frachten fest, die von jedem Direkteinleiter der jeweiligen Branche eingehalten werden müssen. Werden diese Vorgaben von den Einleitern nicht erfüllt, müssen die örtlichen Wasserbehörden dafür sorgen, daß ein Sanierungskonzept aufgestellt wird, das die Einhaltung dieser Werte an der Einleitungsstelle ab einer gesetzten Frist gewährleistet.

Unterschieden werden können Einleitungen von **Kühlwasser** (aus den Kraftwerken, hauptsächlich Wärmefrachten), von **Industrieabwasser** (aus der Produktion, sehr spezifische und wechselhafte Zusammensetzungen der Abwässer), von **kommunalem** Abwasser der Kläranlagen (vielfältige Schadstoffe aus häuslichen, gewerblichen und industriellen Abwässern, die über das Kanalsystem zu den Kläranlagen geleitet und dort nicht vollständig aus dem Abwasser entfernt werden können), teilgeklärte **Abwässer aus Regenüberläufen** der Kanalisation bei Starkregenereignissen sowie **Ableitungen von Niederschlagswasser** mit unterschiedlichen Schadstoffbelastungen je nach Nutzung der Fläche.

Durch die unmittelbare Lage am Fluß gibt es in Bremen und den anderen Unterweserstädten zahlreiche Erlaubnisse zur Einleitung von Abwasser in die Unterweser. Im folgenden werden nur die wichtigsten in Bezug auf Wassermenge und Schadstofffrachten genannt und näher beschrieben. In ländlichem Bereich entlang der Unterweser sieht die Situation etwas anders aus, da die Besiedlung nicht immer direkt bis an das Flußufer erfolgt. Auf beiden Weserseiten gibt es eine Reihe von Abwassereinleitungen aus Gemeinde-Kläranlagen und kleineren Gewerbebetrieben in Entwässerungsgräben

und Geestgewässer. Die Schadstofffrachten dieser Einleitungen gelangen anschließend über Siele bzw. Schöpfwerke in die Unterweser (siehe 6.8.).

Die folgende Abbildung 11 stellt die für die Belastung der Unterweser bedeutendsten Abwassereinleiter übersichtlich dar.

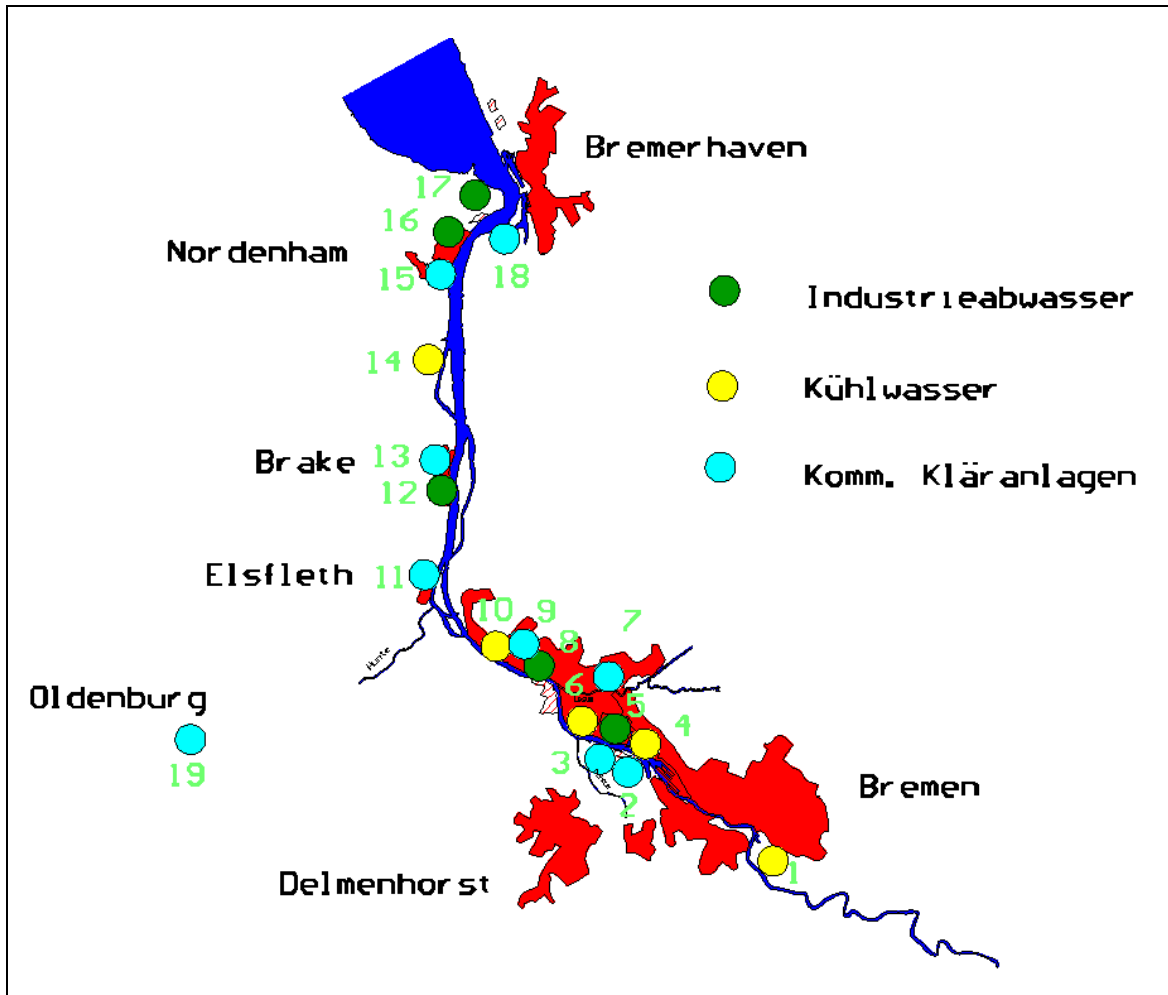


Abbildung 11: Lage der bedeutendsten Abwassereinleiter entlang der Unterweser (KW = Kraftwerk, KA = Kläranlage - 1: KW Hastedt, 2: KA Seehausen, 3: KA Delmenhorst, 4: KW Hafen, 5: Klößner Stahl, 6: KW Mittelsbüren, 7: KA Osterholz - Scharmbeck, 8: Bremer Wollkämmerei, 9: KA Farge, 10: KW Farge, 11: KA Elsfleth, 12: Fettraffinerie, 13: KA Brake, 14: KKU, 15: KA Nordenham, 16: Metaleurop, 17: Kronos Titan, 18: KA Bremerhaven, 19: KA Oldenburg).

#### 6.4. Kommunale Kläranlagen

Entlang der Unterweser leiten eine Reihe kommunaler Kläranlagen ihre Abwässer entweder direkt oder über kurze Vorfluterstrecken in die Unterweser ein. Noch bis in die 80er Jahre hinein waren diese Abwässer verantwortlich für eine teilweise sehr schlechte Wasserbeschaffenheit der Unterweser. Mittlerweile haben die Gemeinden und Städte aufgrund der nationalen Vorgaben ihre Kläranlagen mit biologischen Klärstufen versehen, die eine Verbesserung der Wasserqualität der Unterweser auch bei niedriger Wasserführung bewirkt haben. Der nun überall begonnene Ausbau einer Nährstoffeliminierungsstufe wird sich in den nächsten Jahren in einer weiteren Reduzierung der Stickstofffrachten bemerkbar machen, da fast alle Kläranlagen bereits eine Phosphorfällung betreiben. In der Tabelle 5 sind die national geltenden Mindestanforderungen aufgeführt, die die Kläranlagen gemäß ihrer Größe einhalten müssen.

Parameter	Dimension	Größen- klasse I	Größen- klasse II	Größen- klasse III	Größen- klasse IV	Größen- klasse V
Einstufung gem. Roh- BSB <sub>5</sub>	kg/d	bis 60	60-300	300-1200	1200-6000	größer 6000
CSB	mg/l	150	110	90	90	75
BSB <sub>5</sub>	mg/l	40	25	20	20	15
NH <sub>4</sub> -N	mg/l			10	10	10
N ges anorg.	mg/l			18*	18*	18*
P ges	mg/l				2	1

**Tabelle 5: Mindestanforderungen an Ablaufwerte für kommunale Kläranlagen gem. Anhang 1 zur Rahmenabwasser-Verwaltungsvorschrift nach § 7a WHG. (\*) gilt nur bei Abwassertemperaturen größer 12°C.**

In Tabelle 6 sind für die kommunalen Kläranlagen der erlaubte Jahresschmutzwasservolumenstrom, der Ort der Einleitungsstelle (Unterweser-km und Ufer) sowie das Jahr, in dem die wasserrechtliche Erlaubnis zum letzten Mal wesentlich verändert wurde, wiedergegeben. Weiterhin ist in der letzten Spalte die Größenklasse der Kläranlage (vergl. Tab.5) aufgeführt. Es wird deutlich, daß die Kläranlage Bremen-Seehausen der bedeutendste kommunale Abwassereinleiter an der Unterweser ist. Mit einem erlaubten Abwasservolumenstrom von 42 Mio m<sup>3</sup> pro Jahr leitet die Kläranlage mehr Abwasser in die Unterweser ein als alle anderen kommunalen Kläranlagen zusammen. Mit in etwa einem Viertel des Abwasservolumenstromes der Kläranlage Seehausen ist die Zentralkläranlage Bremerhaven der zweitgrößte kommunale Abwassereinleiter an der Unterweser. Im Einzugsgebiet der Unterweser leitet weiterhin die Kläranlage Oldenburg bis zu 14 Mil. m<sup>3</sup> pro Jahr Abwasser in die Hunte ein. Ein Teil dieser Schmutzfracht erreicht die Unterweser.

Kommunale Kläranlagen	Volumenstrom in Mio m <sup>3</sup> /a	UW-km	Ufer	Erlaubnis- jahr	Größen- klasse
Seehausen	42	8,12	l	1991	V
OHZ	1,5	Lesum	r	1993	IV
Farge	5,2	25,1	r	1991	V
Delmenhorst	5	11,9	l	1992	V
Lemwerder	0,8	19,2	l	1992	III
Ganspe	0,2	22,8	l	1992	II
Ranzenbüttel	0,15	25,5	l	1992	III
Oldenburg	14	Hunte	l	1992	V
Elsfleth	0,6	32,7	l	1992	IV
Brake	1,6	44,3	l	1994	IV
Rodenkirchen	0,68	Schweiburg	l	1992	III
Nordenham	2	59,4	l	1993	IV
Bremerhaven	11,3	63,5	r	1994	V

**Tabelle 6: Erlaubter Jahresabwasservolumenstrom, Einleitungsstelle, Jahr der letzten Änderung der wasserrechtlichen Erlaubnis sowie die Größenklasse für Kläranlagen an der Unterweser.**

Die folgende Tabelle 7 zeigt die wichtigsten in der wasserrechtlichen Erlaubnis aufgeführten Überwachungswerte. Der Überwachungswert gilt per gesetzlicher Definition auch dann als eingehalten, wenn er bei den jeweils letzten 5 Untersuchungen einmal, dann aber nicht mehr als 100% überschritten wird. Aufgrund der derzeit geltenden Überwachungswerte entsprechen viele Kläranlagen noch nicht den gesetzlichen Anforderungen. Sie sind in der Sanierungsphase und werden entsprechend den Angaben in der Spalte "Bemerkungen" saniert sein. Als einzige bedeutende kommunale Einleiter an der Unterweser halten die Kläranlagen Delmenhorst sowie Oldenburg bereits schon heute alle gesetzlichen Vorgaben ein. Bis zum 31.12.1998 haben die größeren kommunalen Kläranlagen strengere Grenzwerte insbesondere für den Parameter Stickstoff gesamt (! nicht N ges. anorganisch) einzuhal-

ten. Dieser ist nach der Richtlinie des Rates der EU über die Behandlung von kommunalem Abwasser (vom 31.5.1991) auf 10 mg/l begrenzt und beinhaltet auch den gelösten organischen Stickstoffanteil.

Kläranlagen	CSB	N ges. anorg	P ges.	BSB5	NH4	Bemerkungen
Seehausen	88 (75 *)	60 (40 *) (18 **)	1	20 (15 *)	10 *	* ab 1997, ** ab 1/99
OHZ	72	60 (18 *)	1,6	20	-	* ab 7/1995
Farge	110 (75 *)	80 (18 *)	1,5 (1 *)	20 (15 *)	10 *	* ab 7/1996
Delmenhorst	70	18	1	10	10	
Lemwerder	90	18 *	2	20	10	* ab 1997
Ganspe	100	18 *	-	25	10 *	* ab 1997
Ranzenbüttel	110	13	6	25	10	
Elsfleth	90	18 *	2	20	10	* ab 1997
Oldenburg	75	18	2	20	10	
Brake	65	18	2	15	10	
Rodenkirchen	80	18	2	20	10	
Nordenham	80 *	18 *	2 *	20 *	10 *	* ab 1/1994
Bremerhaven	90 (75 *)	85 (18 *)	2 (1 *)	20 (15 *)	-	* ab 4/1995

**Tabelle 7: Kläranlagen entlang der Unterweser mit in den Erlaubnissen festgelegten Überwachungswerten (alle Angaben mg/l). \* = Wert gilt ab Jahreszahl in der Spalte Bemerkungen.**

## 6.5. Kühlwasser

Eine weitere Gewässerbenutzung stellen die Kühlwasserentnahmen und -ableitungen der Kraftwerke und Industriebetriebe dar. Hier ist es vor allem die mit dem Abwasser abgeführte Wärmemenge, die das Flußökosystem beeinträchtigt. In der Größenordnung liegen die Kühlwasservolumenströme der Kraftwerke weit höher als die der Industriebetriebe. Die meßbaren Beeinträchtigungen der Wärmeleitungen sind vor allem lokaler Natur und liegen im Bereich der Abwasserfahnen.

Kraftwerke u. Betriebe	Kühlwassermenge in Mio m <sup>3</sup> /a	maximale Abgabetem.	UW-km	Ufer	Erlaubnis-jahr
Hastedt	233	30	631,54	r	1994
Hafen	416	30	7,65	r	1993
Mittelsbüren	561	30	9,7	r	1979
Klößner Stahl	97	30	11,15	r	1994
Farge	440	30	25,77	r	1994
Metaleurop Nhm	38	30	60,3	l	1989
KKU	1.930	30	51,42	l	1975
Summe	3.715				

**Tabelle 8: Erlaubte Jahreskühlwasservolumenströme, maximale Einleitungstemperatur, Einleitungsstelle sowie Jahr der letzten Änderung der wasserrechtlichen Erlaubnis für die Kraftwerke, Klößner Stahl und Metaleurop.**

Tabelle 8 gibt die wichtigsten wasserrechtlichen Kenndaten der bedeutendsten Abwärmeeinleiter in die Unterweser wieder. Zu beachten ist hierbei, daß es sich bei den aufgeführten Volumenströmen ausschließlich um "reines" Kühlwasser handelt. Wasser, das für die direkte Kühlung eines Produktes eingesetzt und dabei verunreinigt werden kann (so z. B. das Wasser, das beim Walzvorgang dazu dient, den Zunder abzuspülen und dabei mit Eisen belastet wird: *Klößner Stahl, Warmwalzwerk*), fällt nicht unter den Begriff "Kühlwasser", sondern ist per Gesetzesdefinition Produktionsabwasser.

Mit mehr als 1930 Mio m<sup>3</sup> Kühlwasser pro Jahr ist das Kernkraftwerk Unterweser der bedeutendste Kühlwassereinleiter in die Unterweser. Ihm folgt mit 560 Mio m<sup>3</sup> pro Jahr das Kraftwerk Mittelsbüren der Stadtwerke Bremen, das das auf dem Klößnergelände beim Verhüttungsprozeß anfallende Gichtgas als Energiequelle nutzt. Eine Reihe von Industriebetrieben entlang der Unterweser leitet



ebenfalls Kühlwasser ein (Werftbetriebe, Brauereien, Lebensmittelhersteller, Kühlhäuser). Die Einleitungsmengen stehen aber in keinem Verhältnis zu denen der Kraftwerke, deshalb wurde in diesem Bericht auf eine detaillierte Darstellung verzichtet.

Eine aktuelle Dokumentation über alle Wärmeeinleitungen in die Unterweser wird zur Zeit in Zusammenarbeit mit dem staatlichen Amt für Wasser und Abfall in Brake erstellt.

## 6.6. Industrielle Abwässer

Neben Kühlwasser und kommunalem Abwasser leiten einige Direkteinleiter ihre Produktionsabwässer in die Unterweser ein. Anhand der erlaubten Einleitungsvolumina (Tab.9) wird deutlich, daß diese Abwasserart mit einer Ausnahme für die Unterweser keine dominierende Bedeutung hat. Lediglich die Klöckner Stahl leiten noch größere Produktionsabwasservolumina in die Unterweser ein. Diese werden sich in den kommenden Jahren weiter reduzieren (zur Entwicklung des Jahresschmutzwasservolumenstromes der Direkteinleiter 1989 bis 1993 siehe Tabelle 14).

Betriebe	Produkte	Volumenstrom in Mio m <sup>3</sup> /a	UW-km	Ufer	Erlaubnisjahr
Klöckner Stahl	Stahl	130 (1)	11,15	r	1994
Kaverne Lesum	Öllagerung	bis zu 0,6 (2)	Lesum	r	1993
Norddeutsche Steingut	Fliesen	0,04	Schönebecker Aue	r	1993
Wollkämmerei	Wollwäsche	0,82	20,67	r	1992 (3)
Omni Pac Elsfleth	Kartonagen	0,25	Hunte	l	1993
Fettraffinerie Brake	Fettbearbeitung	4,2	42,38	l	1994
Metaleurop Nhm	Metallherstellung	0,4 (4)	60,3	l	1990
DA Einswarden	Flugzeugwerk	0,17	61,1	l	1992
Kaverne Blexen	Öllagerung	bis zu 10,5 (5)	62,7	l	1988
Kronos Titan	Farbgrundstoffe	11	65,9	l	1987

**Tabelle 9: Erlaubter Jahresabwasservolumenstrom, Einleitungsstelle sowie Jahr der letzten wesentlichen Änderung der wasserrechtlichen Erlaubnis für industrielle Direkteinleiter an der Unterweser.**

Bemerkungen :

- (1) Diese Zahl setzt sich zusammen aus: 97 Mio m<sup>3</sup> Kühlwasser und 33 Mio m<sup>3</sup> Prozeßwasser
- (2) abhängig von Betriebszuständen wie Einlagerung, Umlagerung o.ä., Normalbetrieb: 1.000 m<sup>3</sup>/a
- (3) Anordnung noch nicht rechtskräftig; es läuft ein Widerspruchsverfahren
- (4) zusätzlich 8,9 Mio m<sup>3</sup>/a Kühlwasser
- (5) abhängig von Betriebszuständen wie Einlagerung, Umlagerung o.ä.; bei Speicherbetrieb: 18.000 m<sup>3</sup>/a

Betriebe	CSB	N ges. anorg.	NH4-N	NO3-N	P ges.	BSB5	AOX	Bemerkungen
Salzkaverne Lesum	60							
Norddeutsche Steingut	60							
Bremer Wollkämmerei	120	150 (30 *)			10 (2 **)	10	500 ***	* ab 1/96, ** ab 6/94, *** ist weiter zu reduzieren
Omni Pac Elsfleth	240	-	10	-	3	25	300	
Fettraffinerie Brake	160							Schmutzwasser insgesamt
DA Einswarden	100	304	2	300	(*)	-	-	* unterhalb Schwellenwert

Betriebe	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Al	GF	GD	Abs. Stoffe	Bemerkungen
Salzkaverne Lesum								30		
Norddeutsche Steingut	0,2								50	
Bremer Wollkämmerei							2	(*)		* Werte werden festgesetzt nach Abschluß eines Gutachtens
Fetraffinerie Brake									0,3 ml/l	Schmutzwasser insgesamt
DA Einswarden	-	0,01	0,5	0,5	2	3	-	-	-	
Kaverne Blexen									0,5ml/l	

**Tabelle 10: Industrielle Direkteinleiter (außer Klöckner, Metaleurop Nordenham sowie Kronos Titan) entlang der Unterweser mit relevanten in den Erlaubnissen festgelegten Überwachungswerten (wenn nicht anders angegeben, alle Angaben in mg/l, AOX in µ/l, GF und GD als Verdünnungsfaktor).**

Klöckner-Stahl ÜW-Werte	Roheisen- erzeugung	Strang- guß	Warmum- formung	Konvektions- glüherei	Sanierungs- konzepte
CSB	100	40	40	200	100
Pb	1				0,5
Cr		0,05	0,05	0,5	
Ni		0,05	0,05	0,5	
GF	6	2	2	2	
Fe	10	3	2	3	20
CN	0,8				
Zn	4	2	2	2	4
abfiltr. Stoffe		10	10		
Mineralöl		1	1	10	10
Öle u. Fette		3			
Nitrit-N				5	
Fluorid				30	

**Tabelle 11: Überwachungswerte für Abwasserteilströme der Klöckner Stahl (Sanierungskonzepte für Hochofenschlammbeet, Schlackengranulation, Kaltwalzwerk, Wasseraufbereitungsanlagen liegen vor).**

Metaleurop Nordenham	ÜW-Wert mg/l	Grenzfracht kg/d
CSB	400	480 *
CSB	450	540 **
Cd	0,05	0,06
Hg	0,01	0,012
Zn	1	1,2
Pb	0,2	0,24
Cu	0,1	0,12
Fe	3	3,6
Ti	1	1,2
Cr	0,1	0,12
As	0,1	0,12
Ni	0,2	0,24
Sulfid gelöst	1	1,2
AOX	1	1,2

Kronos Titan Nordenham	ÜW- Wert	Grenz- fracht
Fe SO4	0,36 g/l	11,5 t/d
H2 SO4	1,8 g/l	57,6 t/d
TiO SO4 u. TiO2 (gemessen als Ti)	35 mg/l	1,1 t/d
Cr (III)	0,5 mg/l	16 kg/d
V	0,9 mg/l	28,5 kg/d
CSB	60 mg O2/l	1.900 kg O2/d

**Tabelle 12: In der Erlaubnis festgelegte Überwachungswerte (alle Angaben in mg/l) sowie Grenzfrachten pro Tag in kg für Metaleurop (\* vom 1.4. - 30.9., \*\* vom 1.10. - 31.3.) und in der Erlaubnis festgelegte Überwachungswerte sowie Grenzfrachten pro Tag für Kronos Titan.**

Nicht nur der Abwasservolumenstrom, sondern auch die erlaubten Überwachungswerte (s. Definition) sind bei der Beurteilung von Abwassereinleitungen von Bedeutung. Daher sind für die wichtigsten industriellen Abwassereinleiter die Überwachungswerte aus den wasserrechtlichen Erlaubnissen in den Tabellen 10 bis 12 dargestellt. Von den hier aufgeführten Einleitern halten bis auf Klöckner Stahl in

Teilbereichen sowie die Fettraffinerie Brake alle die gesetzlichen Vorgaben ein. Klöckner Stahl wird bis Mitte 1996 mit Ausnahme der Schlackegranulation alle gesetzlichen Vorgaben einhalten. Ab 1998 wird auch die Schlackegranulation saniert sein. Die Fettraffinerie Brake wird in 1994 durch die Behandlung eines hochbelasteten Teilstroms nach dem Stand der Technik die Vorgaben der bestehenden Mindestanforderungen weit unterschreiten.

Für die Bremer Wollkämmerei gibt es zur Zeit noch keine national gültigen Vorgaben. Ein Entwurf für Mindestanforderungen liegt vor. Bereits Ende 1995 wird der Betrieb alle im Entwurf festgeschriebenen Überwachungswerte mit Ausnahme des Abwasserteilstromes Filzfreiausrüstung einhalten. Für diesen Teilstrom gibt es noch kein befriedigendes Produktionsverfahren, das in der Lage ist, den im Entwurf vorgesehenen Wert einzuhalten. Der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung hat mit der BWK vereinbart, daß ein unabhängiger Sachverständiger den Produktionsprozeß Filzfreiausrüstung begutachtet und Verfahrensvorschläge macht. Weiterhin sind die Überwachungswerte für die Giftigkeit gegenüber Fischen und Daphnien zur Zeit noch ausgesetzt, nachdem diese Werte in 1993 aus bisher noch unbekannter Ursache anstiegen. Die BWK führt in Abstimmung mit dem Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung ein Untersuchungsprogramm durch, daß die Ursache für die erhöhte Toxizität gegenüber tierischen Organismen klären wird.

### 6.7. Diffuse Quellen

Ein kaum meßbarer und schlecht abschätzbarer Anteil an Schadstoffen gerät aus diffusen Quellen in die Unterweser. Hierunter zählen alte Industrie- und Gewerbeflächen, die mit Betriebsmitteln und -abfällen belastet sind, ehemalige Deponien im Grundwasserbereich des Flusses, undichte Abwasserkanäle sowie der Eintrag aus der Landwirtschaft und über den Luftpfad. Viele Altlasten sind gegen Schadstoffübertritte in das Grundwasser nicht oder nur ungenügend abgesichert. Ein besonderes Problem bilden die vielen Wertstandorte mit ihren Abwässern aus den Dockbereichen. Eine erste Abschätzung des Eintrages von Schadstoffen über Siele und kleinere Schöpfwerke durch das Staatliche Amt für Wasser und Abfall Brake wird im folgenden Abschnitt dargestellt.

### 6.8. Eintrag von Nährstoffen und leicht abbaubaren Stoffen aus den Sielen der Wesermarsch

Am Beispiel des Braker Sieltiefs (Landkreis Wesermarsch) werden nachfolgend die Konzentrationen und Stofffrachten in den Gewässern der Wesermarschen für die Parameter BSB<sub>5</sub>, Gesamtphosphat und Gesamtstickstoff dargestellt. Die hier benutzten Meßwerte wurden seit 1982 im Rahmen des Gewässerüberwachungssystems Niedersachsen (GÜN) an der Meßstelle Ovelgönne erhoben. Das Einzugsgebiet des Braker Sieltiefs umfaßt an dieser Meßstelle ca. 3.800 ha, von denen ca. 2/3 aus Marschböden bestehen. Der Rest verteilt sich auf Moormarsch- und Hochmoorböden. Eine umfassende Bilanzierung bleibt einer späteren Darstellung vorbehalten. In Tabelle 13 sowie Abbildung 12 sind die meistens monatlich gemessenen Stoffkonzentrationen und die Jahres-Frachten in kg/ha für den Zeitraum 1982-93 sowie als Mittelwerte über mehrere Jahre dargestellt. Der Frachtberechnung liegen die am Käseburger Siel kontinuierlich gemessenen Abflüsse zugrunde, die mit denen des Braker Sieltiefs vergleichbar sind.

Parameter	Mittl. Konzentration in mg/l	Mittl. Jahres-Frachten in kg/ha	Mittl. Konzentration in der Weser bei Brake in mg/l
<b>N-Gesamt</b>	5,50	21,0	6,0 (1993)
<b>P-Gesamt</b>	1,00	4,3	0,50 (1982-91)
<b>BSB<sub>5</sub></b>	8,40	29,0	5,1 (1982-89)

**Tabelle 13: Mittelwerte der Konzentrationen und Frachten an der Meßstelle Ovelgönne, Braker Sieltief, (P-ges. = gelöster und organisch gebundener Phosphor, N-ges. = gelöster und organisch gebundener Stickstoff).**

Diese Konzentrationen und Frachten können näherungsweise als Durchschnittswerte für die Hauptgewässer in der Wesermarsch angesehen werden. Die relativ hohen Belastungen sind in Verbindung mit den in Trockenzeiten oft stagnierenden Gewässern dieses Raumes die Ursache für eine überwiegend unbefriedigende Gewässerqualität der Güteklasse III (stark belastet). Rechnet man die mittleren Frachten nach den Bemessungswerten der Siedlungswasserwirtschaft in Einwohnerwerte um, so ergeben sich für

BSB<sub>5</sub> rd. 130 EW / km<sup>2</sup> (60 g pro EW pro Tag)

Ges. Phosphat rd. 260 EW / km<sup>2</sup> ( 3 g pro EW pro Tag)

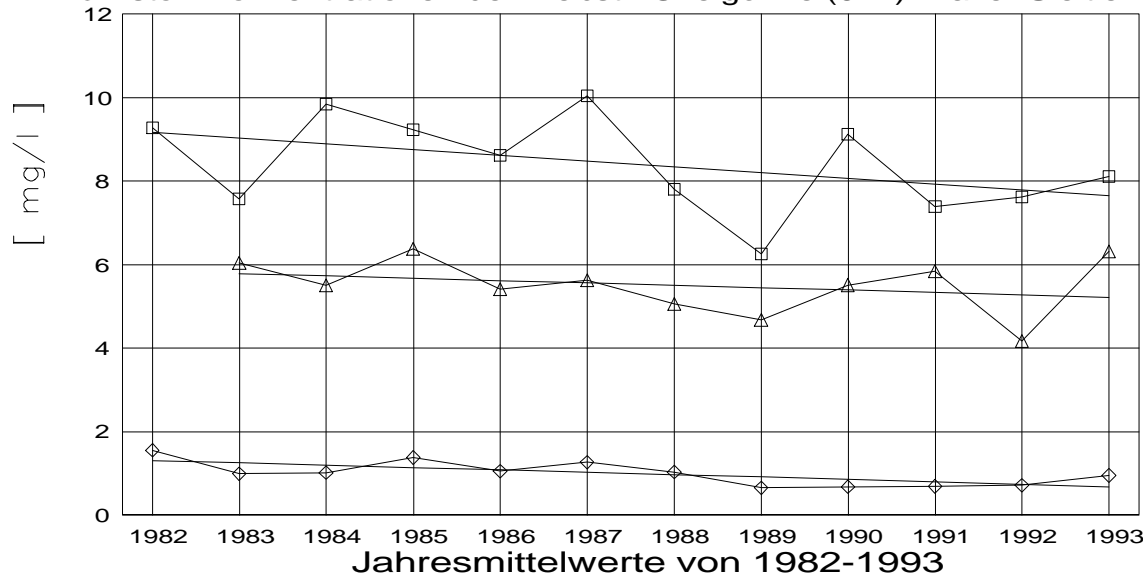
Ges. Stickstoff rd. 580 EW / km<sup>2</sup> (10 g pro EW pro Tag)

(zum Vergleich Landkreis Wesermarsch rd. 110 EW / km<sup>2</sup>)

Die exakte Zuordnung zu einzelnen Belastungsquellen ist schwierig. Der Eintrag zum Beispiel von Gesamt-Phosphat kann hier zu max. 20 % den Einleitungen von Kläranlagen (einschl. Kleinkläranlagen) und Regenwasser von befestigten Flächen zugeordnet werden. Der weitaus überwiegende Anteil der Belastung stammt somit aus den intensiv genutzten, von Natur aus fruchtbaren Böden der Marsch und Moormarsch. Für den vorliegenden Meßzeitraum von 11 Jahren ist sowohl in den Konzentrationen wie den Frachten eine Abnahme der Werte zu beobachten, ein Trend der sich in vielen Gewässern des Amtsgebietes nachweisen läßt. Verbesserungen bei der Abwasserbeseitigung (höherer Anschlußgrad, Verbesserung der Klärtechnik) und ein sorgsamer Umgang mit dem anfallenden Wirtschaftsdünger in der Landwirtschaft werden hier deutlich.

## Oberflächengewässergüt

Nährstoff-Konzentrationen der Meßst.: Ovelgönne (012) Braker Sieltief



□ BSB<sub>5</sub>(anger.Z.)      ◇ Ges.Phosphat (P)      ▲ Ges.Stickstoff (N)  
 — BSB-Regression      — Ges.P-Regr.      — Ges.N-Regr.

StAWA Brake  
April 1994

**Abbildung 12: Entwicklung der Jahresmittelwerte der Parameter BSB<sub>5</sub>, Gesamt Phosphor (gelöste und organische Anteile), und Gesamt Stickstoff (gelöste und organische Anteile) an der Meßstelle Ovelgönne.**

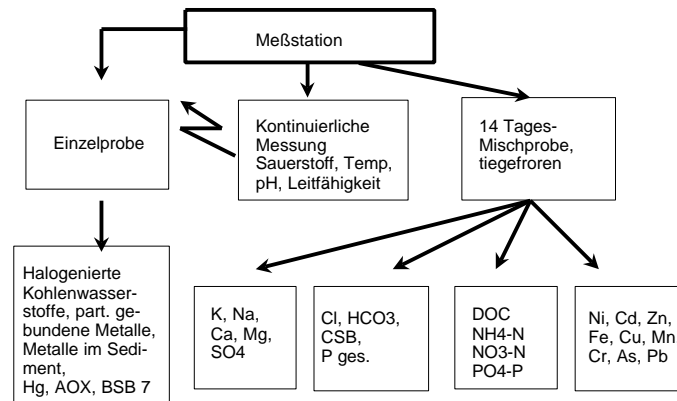
### 6.9. Niederschlagswasser

Über die Niederschlagswasserkanalisation der Städte und Gemeinden entlang der Unterweser wird ein erheblicher Anteil mit Schadstoffen belasteter Wassermengen in den Fluß eingeleitet. Sowohl Mengen als auch mitgeführte Schad- und Nährstoffe sind nur schwer abzuschätzen bzw. zu kontrollieren. Bei starken Regenfällen, die die Aufnahmekapazitäten der städtischen Kanalisationen übersteigen, müssen trotz umfangreicher Investitionen der letzten Jahre weiterhin nur ungenügend geklärte Schmutzwasseranteile in die Weser abgeschlagen werden, um ein Überfluten von Kellern und Straßenzügen in den niedrig gelegeneren Stadtteilen zu verhindern. In einem Forschungsprogramm wurden in den Städten Bremen und Bremerhaven über mehrere Jahre die Auswirkungen solcher Notüberläufe auf Kleingewässer und die Weser untersucht, um weitere Entlastungsmaßnahmen planen zu können. Seit 1992 ist auch das Kanalsystem auf dem rechten Weserufer saniert. Neben Bremen und Bremerhaven hat auch die Stadt Nordenham ein Programm für die Sanierung der Notüberläufe begonnen, ab 1996 will Nordenham weniger als 10 % der Schmutzfracht über die Notüberläufe abschlagen.

## 7. Die Unterweser im Jahre 1993

### 7.1. Meßstationen und Beprobungsrythmen

Zur Zeit befinden sich neben der Meßstation oberhalb des Wehres in Hemelingen vier weitere entlang der Unterweser: Farge, Brake, Nordenham und Bremerhaven. Sie sind Bestandteil des ARGE Weser-Meßprogramms, bei dem 17 Stationen entlang der Weser von Thüringen bis zur Wesermündung die Wasserqualität der Weser nach dem gleichen Schema beproben. In den nächsten Jahren ist jedoch geplant, die Stationen in Farge und Nordenham aufzugeben. Das genaue Analysenprogramm ist im Verlaufsschema der folgenden Abbildung 13 dargestellt.

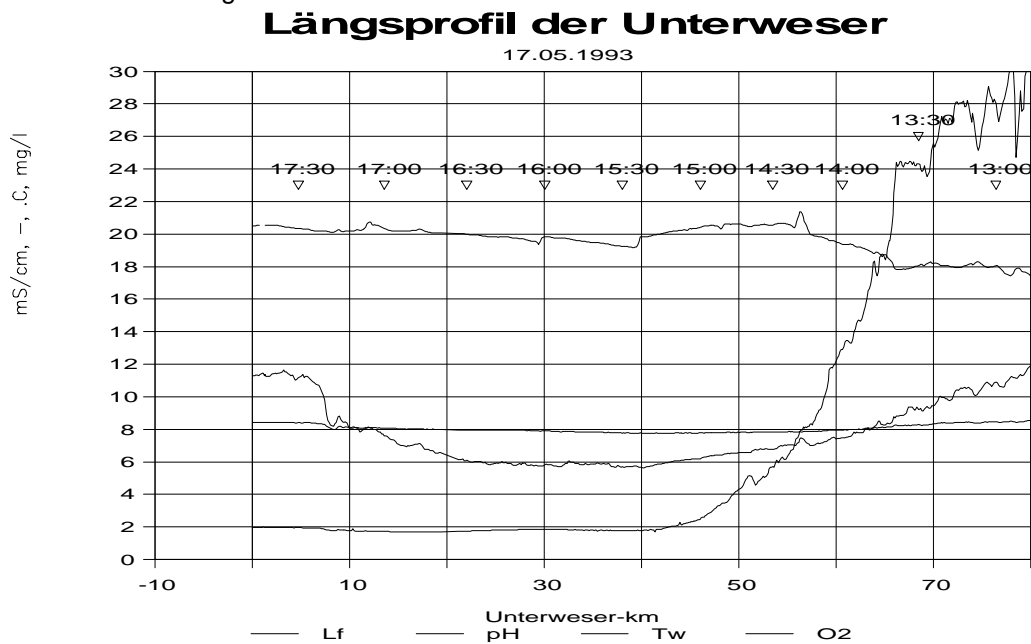


**Abbildung 13: Schema Probenahme und Datenerfassung in den Meßstationen an der Unterweser entsprechend des ARGE Weser-Meßprogramms.**

In den letzten 10 Jahren wurden die Messungen in der Weser und bei den Direkteinleitern wesentlich verbessert. Neue Analysemethoden und Probenehmervorrichtungen lassen die Parameterpalette weiter wachsen. Die Direkteinleiter werden in der Regel 4 bis 12 Mal pro Jahr behördlich überwacht. Die Analysen erfolgen in der Regel in einer qualifizierten Stichprobe. Die Überwachung erfolgt nicht nur während der Werkstage, sondern auch an Wochenenden und während der Nacht. Einige Parameter können mittlerweile auch kontinuierlich über spezielle SONDENSYSTEME erfaßt und per Datenleitung zu den zuständigen Behörden weitergeleitet werden.

Durch die Lage der Unterweser in zwei Bundesländern ergibt sich zwischen den jeweiligen Behörden eine Zusammenarbeit und ein Austausch von Daten. So werden die monatlichen Meßfahrten längs der Unterweser mit umfangreichem Beprobungsprogramm als gemeinsames Programm des Senators für Umweltschutz und Stadtentwicklung und des STAWA Brake zusammen durchgeführt. Schwerpunkte der monatlichen Längsprofile mit dem Meßboot BAKENSAND des STAWA Brake sind die Aufnahme der kontinuierlich zu messenden Parameter und die Entnahme von Wasserproben. Letztere werden im Labor des Senators für Umweltschutz und Stadtentwicklung analysiert. Die Meßfahrten erfolgen bei voll entwickeltem Ebbstrom. Als Vorgabe wird die Mitte zwischen der vorausberechneten Tidehochwasserzeit und Tideniedrigwasserzeit gewählt. Da das ca. 12 Knoten schnell laufende Meßboot der Geschwindigkeit der Tidewelle nicht folgen kann, wird beim Start bei Unterweser-km 80 ein entsprechender Vorlauf berücksichtigt. Die Meßfahrt endet an der Tidegrenze, dem Weserwehr in Hemelingen. An Bord werden die Parameter Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Trübung elektronisch alle 30 Sekunden gemessen und per EDV registriert. Im Labor werden die alle 5 km entnommenen Proben auf Nitrat (NO<sub>3</sub>-N), Nitrit (NO<sub>2</sub>-N), Ammonium (NH<sub>4</sub>-N), gesamt-Stickstoff (N-ges.), gesamt-Phosphor (P-ges.), Phosphat (PO<sub>4</sub>-P), Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB<sub>7</sub>), organisch gebundener Kohlenstoff gesamt (TOC), Chlorid, Chrom, Blei, Kupfer, Zink,

Cadmium und abfiltrierbare Stoffe untersucht. Abbildung 14 zeigt exemplarisch die Ergebnisse der kontinuierlichen Messungen der BAKENSAND am 17.5.1993.

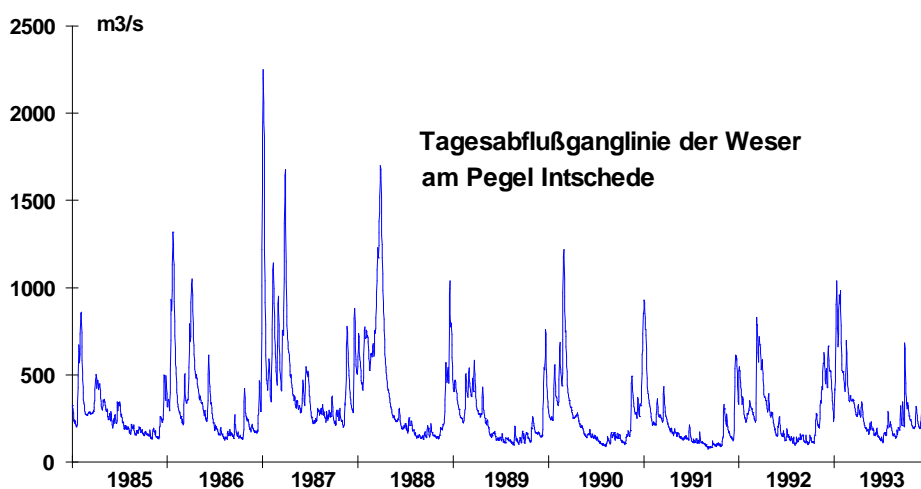


**Abbildung 14:** Darstellung eines Unterweserlängsschnittes vom 17.5.1993 für die kontinuierlich (alle 30 Sekunden) gemessenen Parameter Leitfähigkeit (Lf), pH-Wert, Sauerstoffgehalt ( $O_2$ ) und Temperatur (Tw). Siehe auch: Wassergüte-Längsprofile der Unterweser 1985-1993, Hrsg. STAWA Brake (1994).

## 7.2. Wassermengen

### 7.2.1. Der Fluß

Die Niederschlagsmengen des Jahres 1993 finden sich auch in der Wasserführung der Weser am Hemelinger Wehr wieder (Tages-Mittelwerte Pegel Intschede, Abb.15). Der mittlere Abfluß am Pegel Intschede lag bei  $328 \text{ m}^3/\text{s}$  (Vorjahr  $253 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und somit fast in der Größenordnung des langjährigen MQ (1981 - 1990) von  $357 \text{ m}^3/\text{s}$ . Der geringste Abfluß wurde am 13.07. mit  $109 \text{ m}^3/\text{s}$  gemessen, der höchste gemessene Einzelwert lag am 16.01. bei  $1.060 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Abbildung 15:** Abflußganglinie der Weser am Pegel Intschede 1985 - 1993 (Tagesmittelwerte).

### 7.2.2. Die Abwassereinleiter

Für die Beurteilung der Auswirkungen auf das Gewässer spielt der tatsächlich eingeleitete Abwasservolumenstrom eine bedeutende Rolle (in der wasserrechtlichen Erlaubnis sind ausschließlich Höchst-

mengen festgelegt). In Abbildung 16 ist die Entwicklung der Abwassermengen in die Unterweser von 1989 bis 1993 wiedergegeben. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß fast alle Industriebetriebe in den letzten 5 Jahren ihr Abwasservolumen zum Teil deutlich reduziert haben (siehe Tab.14). Die Klöckner Stahl spielt hierbei den Vorreiter. Bei den kommunalen Kläranlagen ist dagegen teilweise ein gewisser Anstieg der Abwassermenge festzustellen. Auch diese Tatsache ist erfreulich, deutet sie doch darauf hin, daß immer mehr Einwohner an die Kläranlage angeschlossen werden. Der Rückgang des Abwasservolumenstromes der Kläranlage Osterholz-Scharmbeck (OHZ) wird von der örtlichen Behörde mit dem Abzug der amerikanischen Truppen aus der Stadt erklärt. Allgemein deutet sich in den Zahlen ein Trend zu geringerem Wassergebrauch an.

<b>Betriebe u. KA´s - Jahres-</b> <b>schmutzwasser in m3</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>
<b>Klöckner Stahl ges.</b>	312.840.519	301.597.364	313.612.177	200.836.546	111.600.000
<b>davon Prozeßwasser</b>	199.600.000	174.100.000	181.200.000	53.200.000	32.900.000
<b>Bremer Wollkämmerei</b>	1.062.043	956.189	880.517	758.750	743.072
<b>Omni Pac Elsfleth</b>	110.000	110.000	110.000	110.000	98.000
<b>Fettraffinerie Brake</b>	4.154.000	4.521.900	3.447.000	3.150.000	3.800.000
<b>Metaleurop Ndh</b>	413.638	392.020	376.454	414.000	414.000
<b>DA Einswarden</b>	55.000	110.000	110.000	130.000	130.000
<b>Kronos Titan</b>	11.000.000	9.054.000	6.745.000	7.802.000	7.615.000
<b>KA Seehausen</b>	40.247.000	49.247.000	39.610.000	40.072.200	41.826.199
<b>KA OHZ</b>	1.772.280	1.766.235	1.712.709	1.525.700	1.441.750
<b>KA Farge</b>	5.118.902	5.119.370	5.139.000	5.140.000	4.898.000
<b>KA Delmenhorst</b>	5.420.397	5.209.443	5.179.954	5.547.684	5.940.217
<b>KA Lemwerder</b>	402.513	390.690	410.721	424.899	420.690
<b>KA Ganspe</b>	114.952	122.629	126.043	117.203	124.342
<b>KA Ranzenbüttel</b>	118.257	121.803	113.689	122.865	129.537
<b>KA Oldenburg</b>	10.498.000	10.284.048	10.160.000	10.829.250	10.234.000
<b>KA Elsfleth</b>	236.959	258.350	250.639	258.004	278.757
<b>KA Brake</b>	1.051.995	1.095.000	1.065.000	1.113.000	1.451.294
<b>KA Rodenkirchen</b>	305.778	326.554	327.056	316.362	318.957
<b>KA Nordenham</b>	1.371.156	1.355.212	1.271.562	1.313.764	1.943.696
<b>ZKA Brhv</b>	11.570.322	11.956.512	11.487.796	11.604.386	11.621.304
<b>Summe ges. bis Brhv</b>	<b>407.863.711</b>	<b>403.994.319</b>	<b>402.135.317</b>	<b>291.586.613</b>	<b>205.028.815</b>

**Tabelle 14: Tatsächlich eingeleitete Jahresschmutzwasservolumenströme der letzten 5 Jahre von relevanten Direkteinleitern in die Unterweser. Die Angaben zu Klöckner Stahl beziehen sich auf betriebliche Abschätzungen, für die Abwasserabgabe war in den angegebenen Jahren das Gesamtabwasservolumen entscheidend.**

Anmerkung: Entsprechend der Festlegung der Pariser Konvention (PARCOM) werden nur solche Einleitungen als Flußeinleitungen gewertet, die oberhalb der Brackwassergrenze (im Falle der Unterweser der Bereich Brake) erfolgen. Die unterhalb der Brackwassergrenze liegenden Einleitungen zählen zum Ästuarbereich des Flusses. In diesem Bericht wurden aber der Anschaulichkeit halber alle relevanten Einleitungen betrachtet, die an der Unterweser vom Hemelinger Wehr bis Bremerhaven liegen, da durch die Tidebewegungen auch Einleitungsfahnen im Bereich Bremerhaven bei Flut in die Unterweser stromauf gelangen.



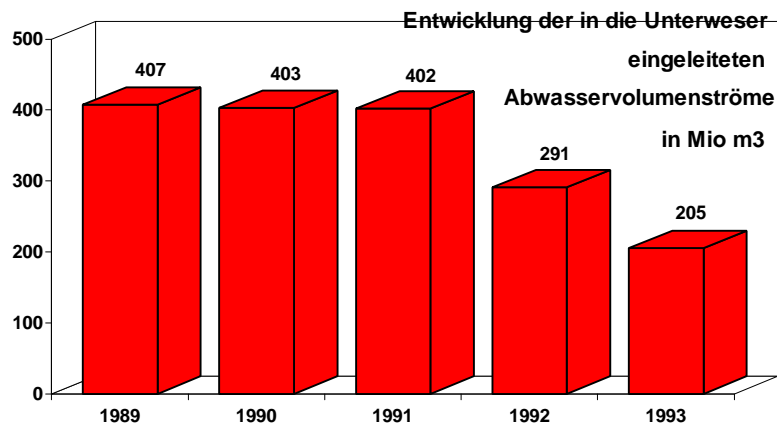


Abbildung 16: Entwicklung der Schmutzwasservolumenströme in die Unterweser für die Jahre 1989 bis 1993.

### 7.3. Salze, Sauerstoff, pH-Wert und Temperatur

#### 7.3.1. Chlorid

Die Chloridkonzentrationen, die über Jahrzehnte den überwiegenden Anteil des Salzgehalts der Weser ausmachten, gehen zurück (siehe Tab.15). Auffällig wird der deutliche Reduzierungstrend seit 1990 (Abb.17). Lag 1991 die mittlere Chlorid-Konzentration in der Weser bei Hemelingen bei 620 mg/l (entsprechend einer mittleren Fracht von 137 kg/s), wurde 1992 eine mittlere Konzentration von 410 mg/l gemessen. Diese Konzentration entspricht in etwa einer mittleren Fracht von 104 kg/s. Das Maximum der Chloridfracht innerhalb einer 14-Tages-Periode lag 1992 bei 167 kg/s, der gleiche Wert betrug im Vorjahr 166 kg/s. 1993 lag die mittlere Konzentration bei 307 mg/l, die mittlere Fracht betrug 83,5 kg/s. Das Maximum der Fracht innerhalb einer 14-Tages-Periode lag bei 131 kg/s.

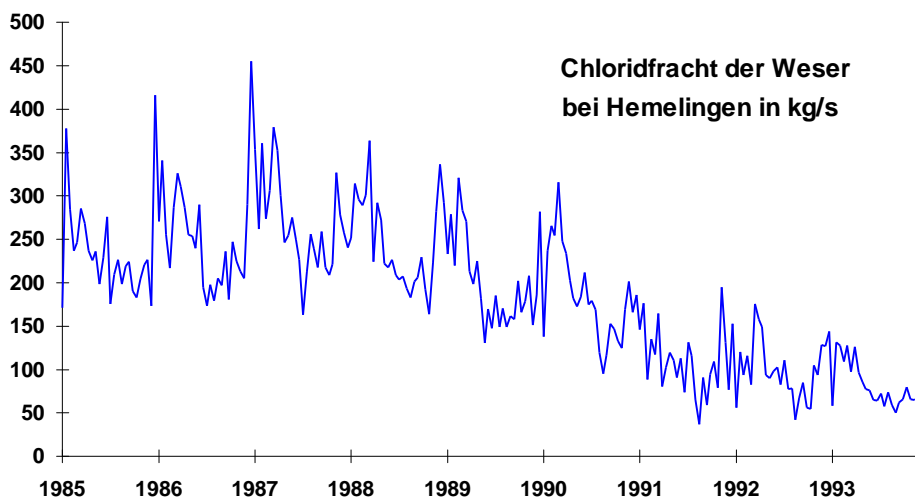


Abbildung 17: Chloridfrachtganglinie der Weser bei Hemelingen 1985 - 1993 (14-Tages-Mittelwert).

Die Reduzierung wird über die Auflistung der statistischen Zahlen für die Jahre 1985 - 1993 ersichtlich. Der Medianwert hat sich im Vergleich zu 1985 mehr als halbiert, das Maximum lag 1993 um ca. 60% unter dem von 1985. Die zahlreichen Betriebsstilllegungen in den ostdeutschen Kalirevierern aber auch erste Sanierungsschritte in den verbleibenden Produktionsstätten haben diese Abnahme bewirkt. Um in der Weser in Bremen, aber vor allem auch in Werra, Ober- und Mittelweser Süßwasserqualitäten zu erreichen, sind weitere Anstrengungen der Kaliindustrie notwendig. Die seit 1989 zu beobachtende Reduzierung der Chlorid-Abwässer bedeutet eine erneute "Streß"-Situation für Fauna

und Flora der Werra und Weser. Die ARGE Weser hat deshalb ein Untersuchungsprogramm gestartet, um mögliche Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaft des Flusses zu dokumentieren und nötigenfalls weitere Verbesserungen zu initiieren.

Jahr	Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	90 - P	Mio t/a
1985	514	1360	938	870	1269	7,5
1986	330	1290	882	840	1268	7,9
1987	270	910	650	650	879	8
1988	160	1410	838	900	1346	7,7
1989	489	1430	966	970	1350	6,3
1990	360	1500	862	800	1283	5,8
1991	180	1100	622	600	940	3,5
1992	120	750	411	370	653	3,1
1993	150	570	307	315	411	2,6

**Tabelle 15: Median, 90-Perzentil, Mittelwert, Minimum und Maximum der Cl<sup>-</sup>-Konzentration (in mg/l) aus 2-Wochen-Mischproben der Weser bei Hemelingen in den Jahren 1985 - 1993 sowie Jahresfracht in Mio t.**

Im Vergleich zur Elbe (Meßstelle Schnackenburg oberhalb des Wehrs Geesthacht bei Hamburg) sind die Chloridkonzentrationen der Weser bei Hemelingen weiterhin höher (Datenbasis: Wassergütedaten der Elbe 1993). Die Frachten der beiden Flüsse liegen mittlerweile in ähnlichen Größenordnungen (Tab.16). Der Vergleich zum Rhein zeigt, daß die Weser weiterhin der "salzhaltigste" Fluß Deutschlands ist. Dagegen sind die Gesamtfrachten im Rhein (Meßstelle Bimmen/Lobith an der deutsch-niederländischen Grenze) höher als in der Weser bei Hemelingen.

Elbe :	Q (m3/s)	Cl (mg/l)	Rhein :	Q (m3/s)	Cl (mg/l)
n	26	26	n	247 (*)	13
Min	317	84	Min	1250	106
Max	1.352	230	Max	5840	194
Mittelw	519	170	Mittelw	1787	144
Median	441	180	Median	1580	145
P 90	792	220	P 90	-	174
t/a	-	2.390.000	t/a	-	-

Meßstelle Schnackenburg Daten 1993

Meßstelle Bimmen / Lobith - deutsch / niederländische Grenze 1993

**Tabelle 16: Statistische Zahlen für Chlorid (Cl<sup>-</sup>) Konzentrationen (mg/l) sowie Jahresfracht (t) in Rhein (Bimmen/Lobith) und Elbe (Schnackenburg). Daten-Grundlage 14-Tage-Mischproben an Elbe und 28-Tage-Mischprobe an Rhein 1993. (\*) Für den Abfluß des Rheins an der Meßstelle Bimmen/Lobith lagen nur die tägl. Werte vom 28.12.92 bis zum 31.8.93 vor.**

Zum besseren Verständnis sind in der Tabelle 16 die mittleren Abflüsse von Rhein und Elbe an den zitierten Meßstellen wiedergegeben (allerdings lagen für den Rhein bei Drucklegung lediglich Meßdaten von Januar bis Ende August vor). Die Salzfrachten des Rheins entstammen zum Teil der chemischen Industrie und dem Bergbau (Sümpfungswasser), aber auch aus den französischen Kalibetrieben. Durch umfangreiche Sanierungsbemühungen geht im Rhein die Chlorid-Fracht seit 1987 langsam zurück (siehe Gewässergütebericht NRW 1991).

### 7.3.2. Natrium, Kalium, Magnesium und Sulfat

Bei den anderen Salzbildnern Natrium, Kalium und Magnesium sowie Sulfat, die in den Abwässern der Kaliindustrie als 'Abfallsalze' ebenfalls vorhanden sind, läßt sich ähnlich wie beim Chlorid eine Verminderung in Konzentration und Frachten seit dem Zusammenbruch der ostdeutschen Kaliindustrie beobachten. In der Tabelle 17 sind die Kalium-, Natrium-, Magnesium- und Sulfat-Konzentrationen sowie Frachten an der Meßstelle Hemelingen für das aktuelle Jahr 1993 dargestellt.

Weser	Na mg/l	Na t/d	K mg/l	K t/d	Mg mg/l	Mg t/d	SO4 mg/l	SO4 t/d
n	25	26	26	26	26	26	26	26
Min	77	2.367	8,1	276	13	552	71	1.971
Max	320	6.343	35	1.001	52	1.664	180	8.776
Mittelw	171,28	3.934	20,08	505	36	903	134,69	3.598
Median	170	3.505	20	414	37	747	140	2.765
90 - P	230,81	5.923	25,93	825	47	1.425	160	6.443

Meßstelle Hemelingen 1993

Elbe :	Na (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	SO4 (mg/l)
n	23	23	23	26
Min	38	7,5	12	50
Max	110	14,6	30	199
Mittelw	82	10,7	18	160
Median	85	10,8	17	165
P 90	110	14,1	29	190
t/a	1.190.000	165.000	278.000	2.260.000

Meßstelle Schnackenburg Daten 1993

Rhein :	Na (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	SO4 (mg/l)
n	13	13	13	13
Min	43,8	4,8	13	55
Max	98,3	7,5	20,5	90
Mittelw	70,6	5,9	15,6	69
Median	73,8	6,2	15,8	67
P 90	94,2	6,7	16,9	77
t/a	-	-	-	-

Meßstelle Bimmen / Lobith - deutsch / niederländische Grenze 1993

**Tabelle 17: Salzbildner Natrium, Kalium, Magnesium sowie Sulfat Gehalt in mg/l sowie t/d in der Weser bei Hemelingen und in Elbe und Rhein (Schnackenburg bzw. Bimmen/Lobith). Daten-Grundlage Weser und Elbe 14-Tages-Mischproben, Rhein 28-Tages-Mischproben 1993. Wegen unvollständiger Abflußdaten am Rhein keine Jahresfracht.**

Auch wenn Konzentrationen sowie Frachten dieser Salze nicht die Höhe der Chloridmengen erreichen, liegen sie immer noch über den Konzentrationen von Elbe und Rhein (mit Ausnahme von SO<sub>4</sub>). Ein Teil dieser Frachten stammt allerdings auch aus kommunalen Kläranlagen sowie betrieblichen und industriellen Abwassereinleitungen der Oberlieger. Im Verlauf der Unterweser steigen die Konzentrationen dieser Salze entsprechend des zunehmenden Nordseewasseranteils wieder an (siehe Teil 1).

### 7.3.3. Sauerstoffgehalt

Die Sauerstoffsituation der Unterweser im Jahresverlauf hat sich über die vergangenen Jahre annähernd normalisiert. Noch Anfang der 80er Jahre traten aufgrund der hohen Zehrung (Sauerstoffverbrauch durch biologischen Abbau organischer Schadstoffe aus Abwasserfrachten der kommunalen Kläranlagen und der Industriebetriebe) meßbare "Sauerstofflöcher" in der Unterweser zwischen Bremen-Farge und Brake auf. Mit Inbetriebnahme der biologischen Reinigungsstufe der Kläranlage Seehausen in 1984 verschwanden diese extremen Sauerstoffdefizite. Die aktuelle Sauerstoffsituation 1993 als Ergebnis der monatlichen Meßfahrten von Bremerhaven bis zum Hemelinger Wehr ist in der Abbildung 18 dargestellt. Der Vergleich mit den Längsschnittergebnissen für Ammonium (NH<sub>4</sub>-N, Abb.25) zeigt einen Zusammenhang zwischen niedrigeren Sauerstoffgehalten und höheren Ammonium-Gehalten.

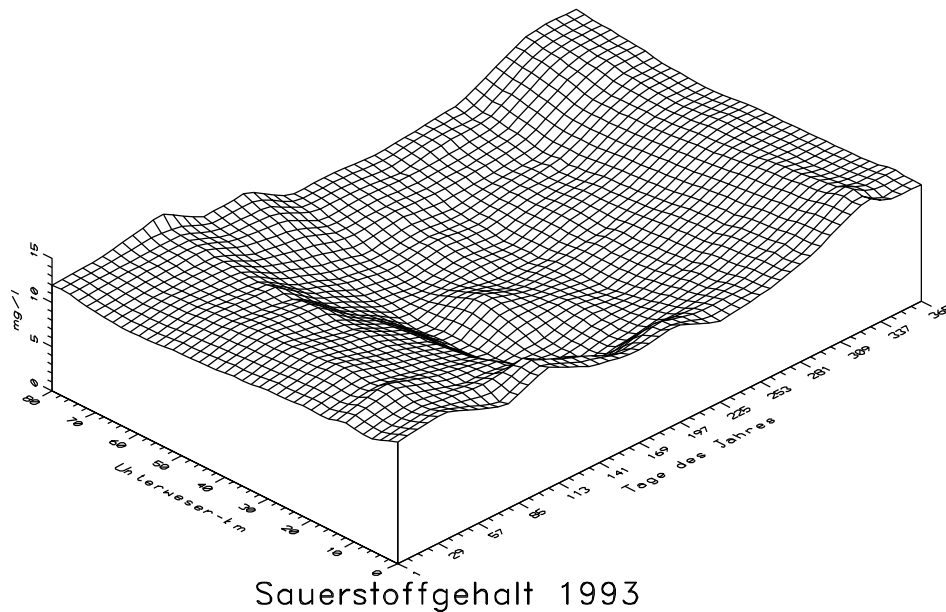


Abbildung 18: Zusammengefaßte Sauerstoffprofile der Unterweserlängsfahrten 1993.

#### 7.3.4. pH-Werte

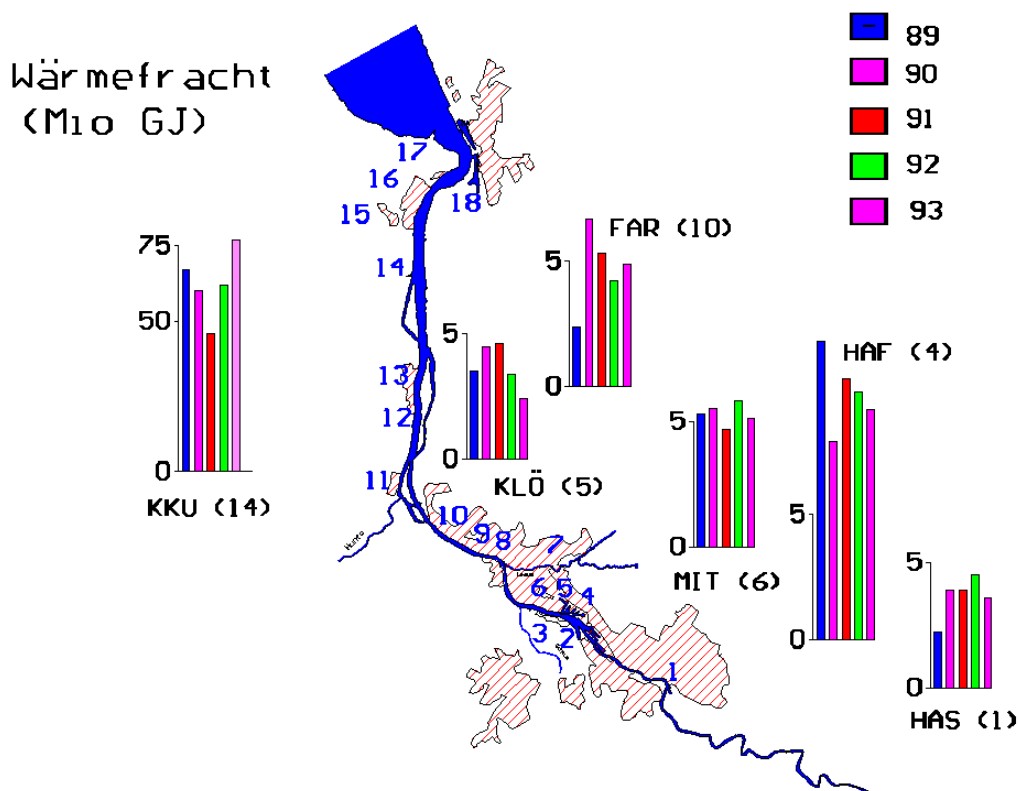
In den vergangenen Jahren wurden an der Unterweser zwischen Hemelingen und Bremerhaven pH-Werte zwischen 7,1 und 7,8 beobachtet (ARGE Weser Daten). Die geringfügigen Schwankungen sind biogen bedingt durch die teilweise Massenvermehrung des Phytoplanktons während der Frühjahrsblüte. Insgesamt ist festzuhalten, daß die Unterweser ein stark gepufferter Wasserkörper ist. Die Pufferung wird durch gelöste Salze und Karbonate erreicht, welche die freien Wasserstoffionen, insbesondere eingetragen durch sauren Niederschlag, sofort binden.

#### 7.3.5. Belastungen durch Wärmequellen (Kühlwasser)

Die Entwicklung der Wärmeeinleitungen über die letzten 6 Jahre findet sich in der Tabelle 18. Die dort aufgeführten Werte sind zur besseren Anschaulichkeit in der Abbildung 19 graphisch dargestellt.

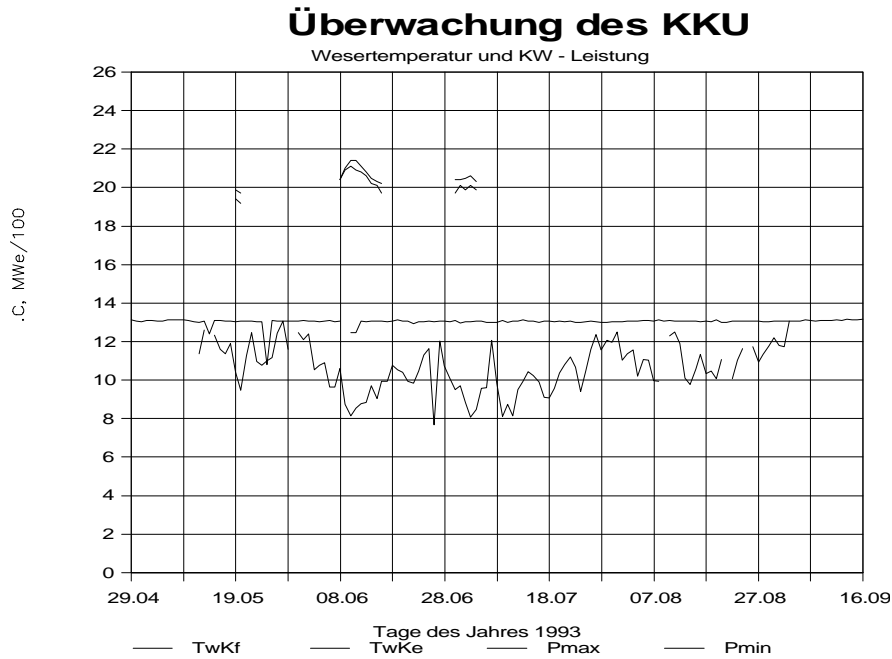
Wärmefrachten in GJ/Jahr	1988	1989	1990	1991	1992	1993
KW Hastedt	1.640.617	2.268.929	3.952.681	3.915.587	4.524.480	3.642.268
KW Hafen (Weser+Hafenbecken)	12.076.963	11.885.274	7.928.755	10.448.071	8.902.908	9.185.742
KW Mittelsbüren	4.952.754	5.311.346	5.497.506	4.746.740	5.814.418	5.085.418
KW Farge	4.196.750	2.439.277	6.706.692	5.351.681	4.278.420	4.874.180
KKU Esenshamm	65.160.000	66.960.000	60.048.000	46.080.000	62.640.000	76.680.000
Klöckner Stahl	7.450.000	3.540.000	4.530.000	4.590.000	3.360.000	2.430.000
Summe	95.477.084	92.404.826	88.663.634	75.132.079	89.520.226	101.897.607

Tabelle 18: Eingeleitete Wärmefrachten aus Kühlwasserableitungen der Kraftwerke sowie der Klöckner Stahl von 1988 bis 1993 in GJ pro Jahr.



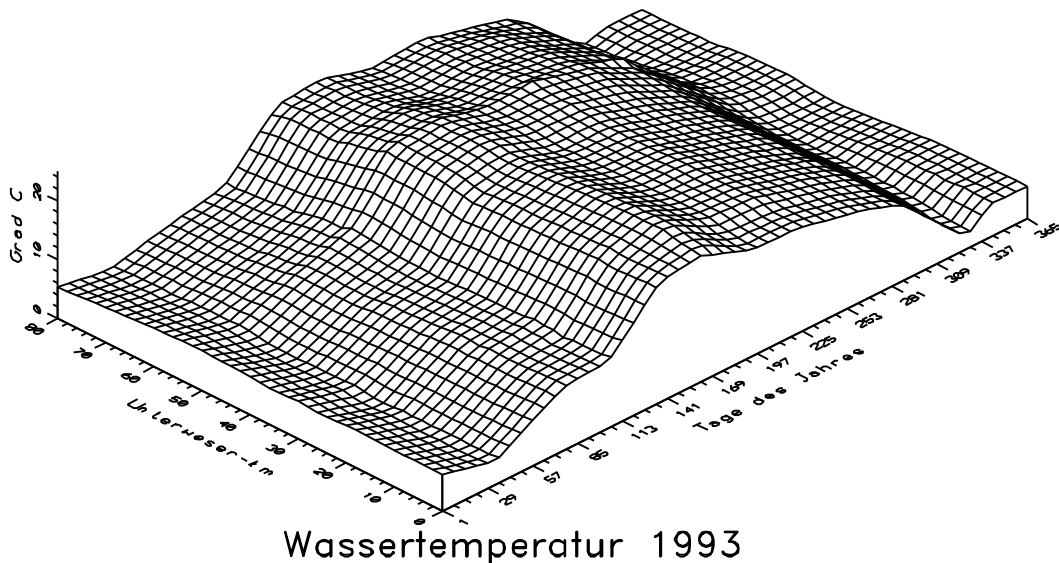
**Abbildung 19: Wärmefracht aus Kühlwasserableitungen der Kraftwerke sowie relevanter Industriebetriebe entlang der Unterweser von 1989 bis 1993 in Mio GJ/J. Werte für KKU Esenshamm (14) andere Skala. Abkürzungen sowie Lage der Einleiter siehe Abbildung 11.**

Es wird deutlich, daß der überwiegende Wärmeeintrag in die Unterweser vom Kernkraftwerk Unterweser ausgeht. Die Wärmeeinleitung des Kraftwerkes wird durch drei Grenzwerte geregelt: Temperatur des Kühlwassers ( $\max T_k = 30^\circ \text{C}$ ), Aufwärmung des Kühlwassers ( $\max \Delta T$ ) und Aufwärmung der Weser ( $\max \Delta T^*$ ). Die Kühler des Wasser - Dampf - Kreislaufs (Kondensatoren) sind so ausgelegt, daß bei voller Kraftwerksleistung und vollem Kühlwasserstrom die Aufwärmung des Kühlwassers nicht mehr als 10 K beträgt. Um die maximale Kühlwassertemperatur nicht zu überschreiten, wird in den Sommermonaten, wenn die Temperatur im Kühlwasserzulauf  $20^\circ \text{C}$  erreicht, die Kraftwerksleistung reduziert, weil die durch Vollast bedingte Aufwärmspanne des Kühlwassers von  $\max \Delta T = 10 \text{ K}$  nicht ausgeschöpft werden kann. Wegen eines kurzzeitigen Wärmekurzschlusses tritt dies schon ein, wenn die Wesertemperatur etwas unter  $20^\circ \text{C}$  liegt. Die Abbildung 20 zeigt für einen solchen Zeitabschnitt den Verlauf der Kraftwerksleistung. Bei der Aufwärmung der Weser spielen insbesondere die hydrologischen und meteorologischen Verhältnisse eine Rolle. Eine Annäherung an den Grenzwert von 1,7 K kommt selten vor, 1993 mußte der Kraftwerksbetrieb aus diesem Grunde nicht eingeschränkt werden.



**Abbildung 20:** Ausschnitt aus der Eigenüberwachung des Kernkraftwerkes Unterweser mit Darstellung der Drosselung der Kraftwerksleistung bei Annäherung an 20 ° C im Kühlwasserzulauf. Legende: TwKf = Wassertemperatur Weser zum Zeitpunkt Kenterpunkt Flut, TwKe = Wassertemperatur Weser zum Zeitpunkt Kenterpunkt Ebbe, Pmax = maximale Leistung des KKW, Pmin = minimale Leistung des KKW. Die beiden oberen Kurvenspitzen zeigen eine Temperaturüberschreitung von 20 ° im Zulauf, bei den beiden unteren Kurven (Leistung des KKW) läßt sich die Leistungsdrosselung erkennen.

Wassersparmaßnahmen sind für die Kraftwerke nicht von Bedeutung, die erreichte Reduzierung der Wärme-fracht bei Klöckner Stahl wirkt sich aufgrund der geringen Fracht in der Summe aller Wärme-frachten in die Unterweser nicht aus. Über weite Bereiche der Unterweser läßt sich ein Einfluß der Kraftwerke auf die Flußtemperatur meßtechnisch nicht nachweisen. Nur im direkten Einflußbereich des Kernkraftwerkes Unterweser zeigt sich in der Zusammenfassung der Temperaturprofile 1993 (Abb.21) eine geringfügige Erwärmung. Um lokale Auswirkungen von Wärmeableitungen und den Einfluß aller Abwärmeeinleiter als Summe auf das Temperaturgefüge der Unterweser besser abschätzen zu können, wird, wie oben bereits erwähnt, im kommenden Jahr eine Dokumentation über Wärmeeinleitungen erstellt.



**Abbildung 21:** Wassertemperaturprofile der Unterweserlängsfahrten.

## 7.4. Organische Summenparameter und Pflanzennährstoffe

### 7.4.1. Der Fluß

Die Entwicklung der Frachten der Pflanzennährstoffe ist beispielhaft für die Parameter P ges. und  $\text{NH}_4\text{-N}$  in den Abbildungen 22 und 23 dargestellt. Die Abbildungen zeigen insbesondere für Phosphor für die letzten Jahre abnehmende Tendenzen. Die Winter- bzw. Frühjahrshochwässer machen sich jeweils deutlich in Frachtmaxima bemerkbar (vergl. Abb.15: Abflußganglinie). Aus der Abbildung 24 sind die Konzentrationen für organische Summenparameter und Pflanzennährstoffe in der Weser (90 Perzentil) über einen Zeitraum von 9 Jahren ersichtlich.

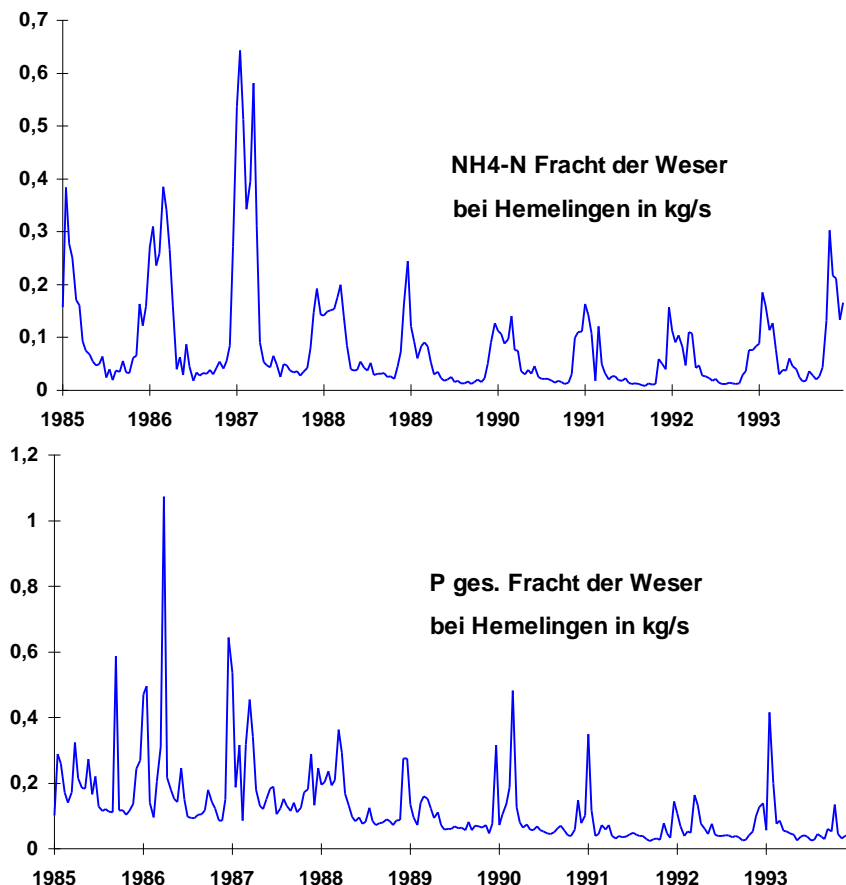
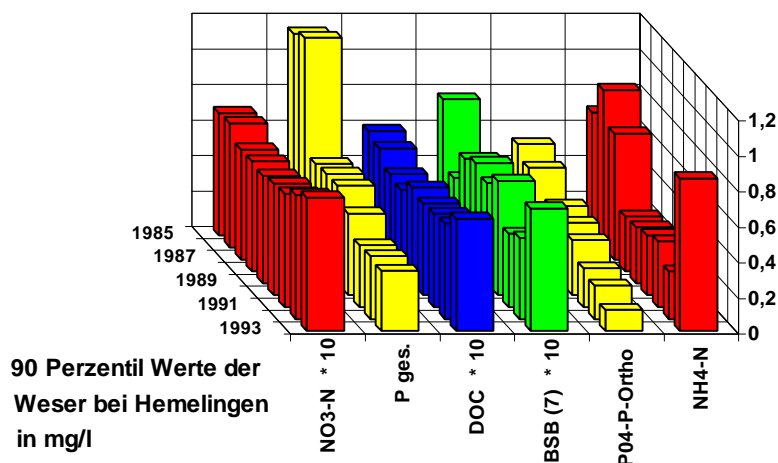


Abbildung 22 und 23:  $\text{NH}_4\text{-N}$ - und P ges.-Frachten der Weser bei Hemelingen 1985 - 1993.



**Abbildung 24: Konzentrationsentwicklung der organischen Summenparameter DOC (x Faktor 10), BSB<sub>7</sub> (x Faktor 10), P ges. und PO<sub>4</sub>-P, NH<sub>4</sub>-N und NO<sub>3</sub>-N (x Faktor 10) der Weser bei Hemelingen 1985 - 1993 (90 Perzentilwert in mg/l).**

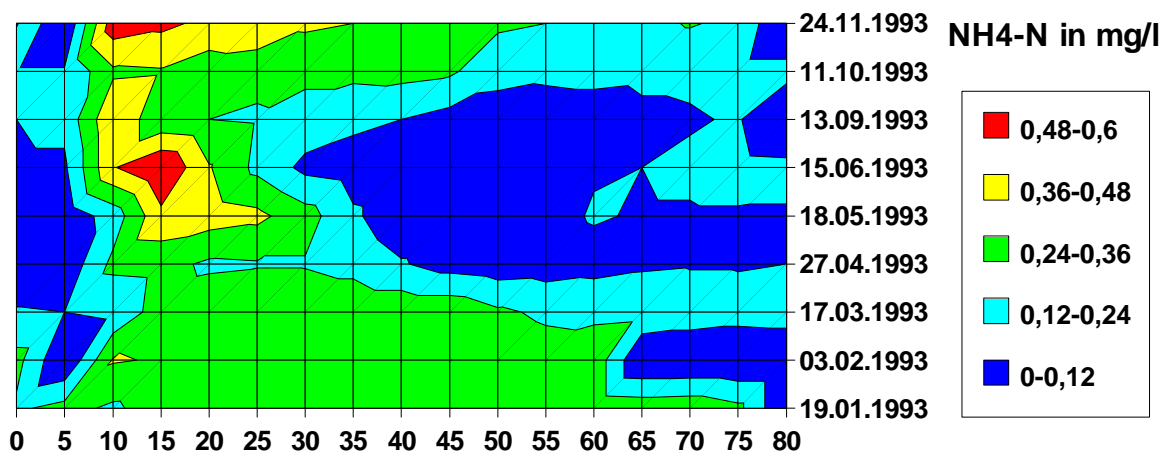
Der 90-Perzentilwert für Nitratstickstoff liegt in der gleichen Größenordnung wie in den vorhergehenden Jahren, die Perzentilwerte für die anderen dargestellten Parameter liegen in Vergleich zum Vorjahr höher. Ursache hierfür ist wahrscheinlich das regenreichere Jahr 1993. Bedingt durch Ab-schwemmungen von landwirtschaftlichen Flächen gelangten größere Stoffmengen als in den vorhergehenden Jahren in die Weser und ließen das 90-Perzentil ansteigen. Die Tabelle 19 enthält eine Übersicht der Meßergebnisse der hier diskutierten Parameter für das aktuelle Jahr 1993.

Parameter	BSB (7)	DOC	P ges.	P04-P	NH4-N	NO3-N
n	26	25	25	25	25	25
Min	1,20	3,00	0,14	< 0,05	0,10	3,80
Max	8,20	8,83	0,54	0,12	1,20	8,60
Mittelw	4,00	4,70	0,22	0,07	0,31	5,59
Median	3,60	4,01	0,20	0,07	0,21	5,15
90 Perz.	6,29	6,34	0,34	0,12	0,86	7,52
t/a	37.843	44.150	2.522	630	2.838	58.656

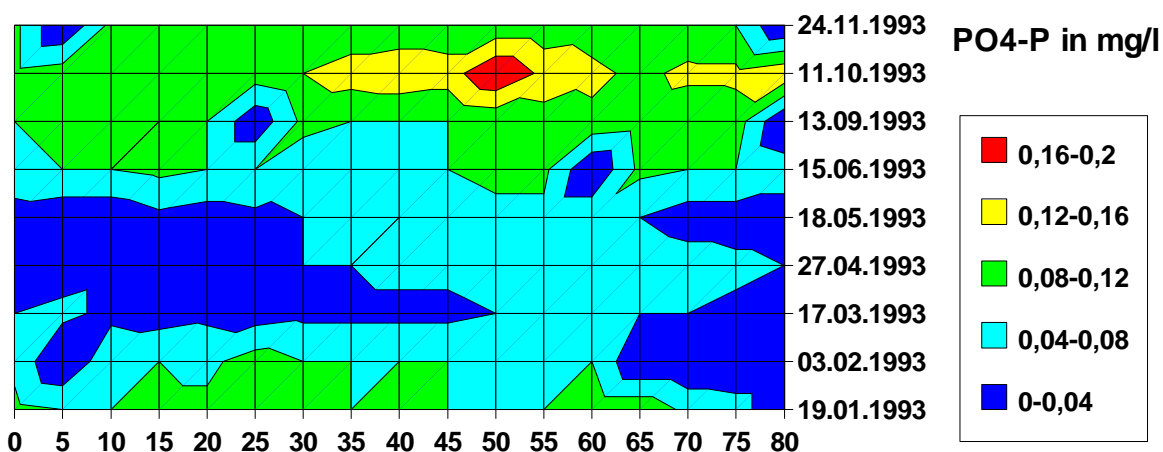
Meßstelle Hemelingen 1993

**Tabelle 19: Statistische Kenngrößen der Konzentrationen und Jahresfracht der organischen Summenparameter und Pflanzennährstoffe in der Weser bei Hemelingen im Jahr 1993.**

Die Gehalte an Pflanzennährstoffen (Phosphor- und Stickstoffverbindungen) in der Unterweser hängen in ihren Konzentrationen sowie Frachten von den Nährstoffzuflüssen aus dem Oberwasser ab. Beim NH<sub>4</sub>-N ist der Eintrag aus der Kläranlage Seehausen in die Unterweser im Vergleich zur Fracht aus dem Oberwasser in Messungen deutlich sichtbar (siehe Abb.25). Die Schaukelbewegungen des Wasserkörpers durch die Tide begünstigen Aufkonzentrationen des Wasserkörpers (siehe Teil 1).







**Abbildung 25:** Darstellung der Ergebnisse der Unterweserlängsschnitte von Hemelingen bis Bremerhaven für  $\text{NH}_4\text{-N}$  und  $\text{PO}_4\text{-P}$  in mg/l (Längsschnittfahrten im Juli und August sowie Dezember keine Meßwerte). Das P-Maxima der Längsschnittergebnisse in Abbildung 25 bei km 50 resultiert nicht aus einer Einleitungsquelle, sondern spiegelt Rücklösevorgänge innerhalb der Trübungszone der Brackwassergrenze wider.

#### 7.4.2. Vergleich mit Elbe und Rhein

Elbe :	Q (m3/s)	DOC (mg/l)	P ges. (mg/l)	PO4-P (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)
n	26	26	26	26	26	26
Min	317	4,5	0,23	0,05	0,12	3
Max	1.352	9,5	1	0,11	0,96	7,5
Mittelw	519	6,2	0,45	0,08	0,4	5
Median	441	6,2	0,38	< 0,1	0,25	4,8
P 90	792	7,7	0,8	0,11	0,88	6,7
t/a	-	94.600	6.370	< 1.500	6.900	81.000

Meßstelle Schnackenburg Daten 1993

Rhein :	Q (m3/s)	DOC (mg/l)	P ges. (mg/l)	PO4-P (mg/l)	NH4-N (mg/l)	NO3-N (mg/l)
n	247 (*)	26	(**)	14	364	364
Min	1250	2,2		0,05	0,04	1,76
Max	5840	8,7		0,12	0,75	6,32
Mittelw	1787	5,12		0,088	0,2	3,25
Median	1580	4,65		0,095	0,15	3,25
P 90	-	-		-	-	-

Meßstelle Bimmen / Lobith - deutsch / niederländische Grenze 1993

**Tabelle 20:** DOC, P ges., PO4-P-Ortho-Phosphat, NO3-N und NH4-N in mg/l sowie Jahresfracht in t in Rhein (Bimmen/Lobith) und Elbe (Schnackenburg). (\*) = tägliche Meßdaten am Rhein für Q nur vom 28.12.92 bis 31.8.93, daher keine Jahres-Frachtberechnung, (\*\*) = für P ges. keine Meßdaten am Rhein.

Der Vergleich mit Rhein (Meßstelle Bimmen/Lobith) und Elbe (Schnackenburg) für DOC und Nährstoffe zeigt ähnliche jahreszeitliche Schwankungen sowie Minima und Maxima in Konzentration und Fracht. Für P ges. liegen die Werte der Elbe höher als die der Weser (siehe Tab.20).

#### 7.4.3. Die Einleiter

Eine Übersicht der Entwicklung bei den Parametern CSB, BSB<sub>5</sub>, P ges. und N ges. für die relevanten Direkteinleiter geben die Abbildungen 26 bis 29 sowie die Daten im Tabellenanhang. Bei allen Parametern leitet die Kläranlage Seehausen die größte Fracht ein.

Wie bei den allgemeinen Anmerkungen zu den einzelnen Abwassereinleitern bereits erwähnt (vergl. Abschnitt 6.4.), werden die großen Kläranlagen bis spätestens 1999 saniert sein. Die Erfolge wirken sich, ausgehend vom heutigen Zustand, hauptsächlich als Reduzierung der Stickstofffracht aus, bei allen anderen Parametern sind nur noch geringe Frachtreduzierungen zu erwarten, da alle kommunalen Kläranlagen bereits heute eine Phosphateliminierung betreiben.

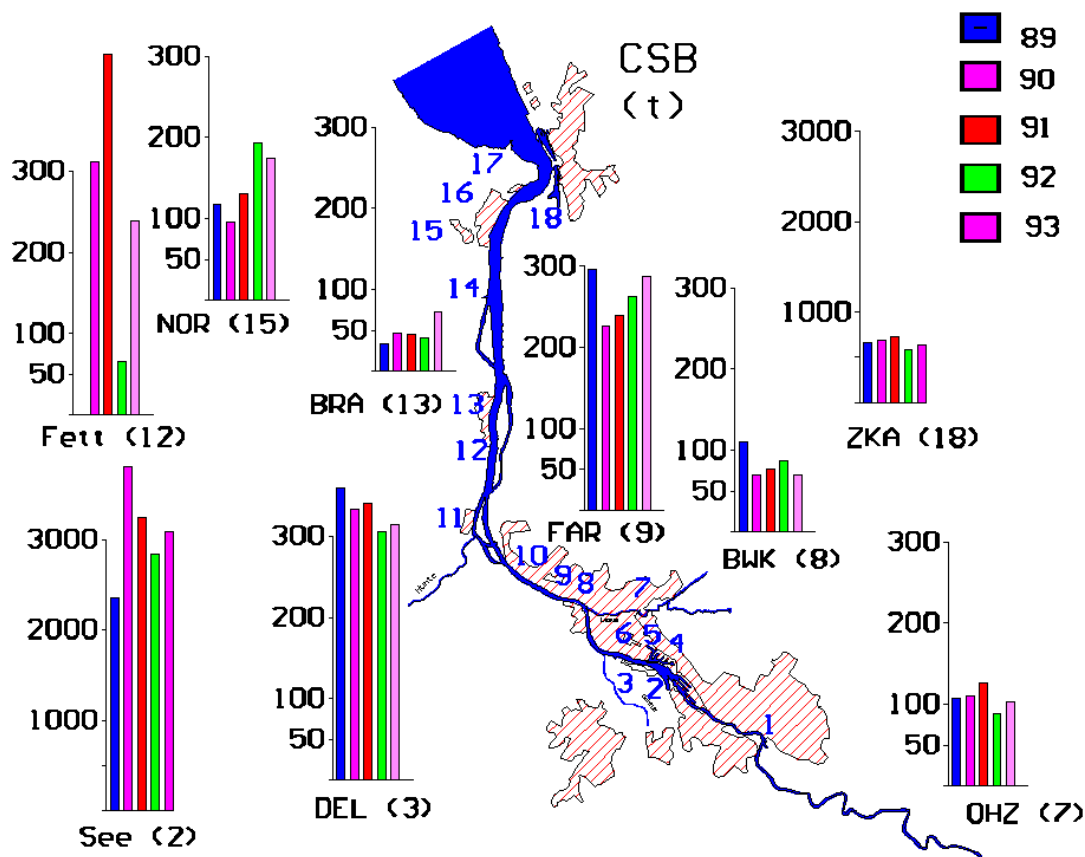


Abbildung 26: CSB-Frachten relevanter Einleiter entlang der Unterweser 1989 - 1993 (KA Seehausen und ZKA Bremerhaven andere Skala). Abkürzungen sowie Lage der Einleiter siehe Abbildung 11.

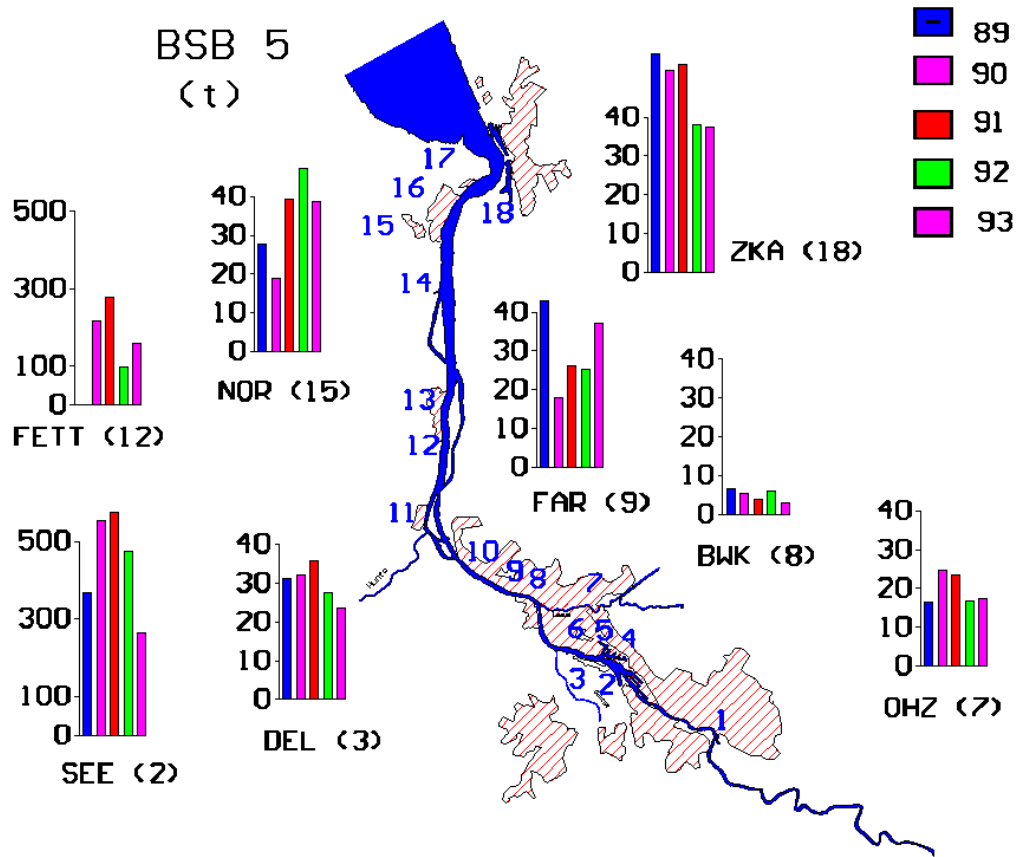


Abbildung 27: BSB<sub>5</sub>-Frachten relevanter Einleiter entlang der Unterweser 1989 - 1993 (KA Seehausen und Fett Raffinerie Brake andere Skala). Abkürzungen sowie Lage der Einleiter siehe Abbildung 11.

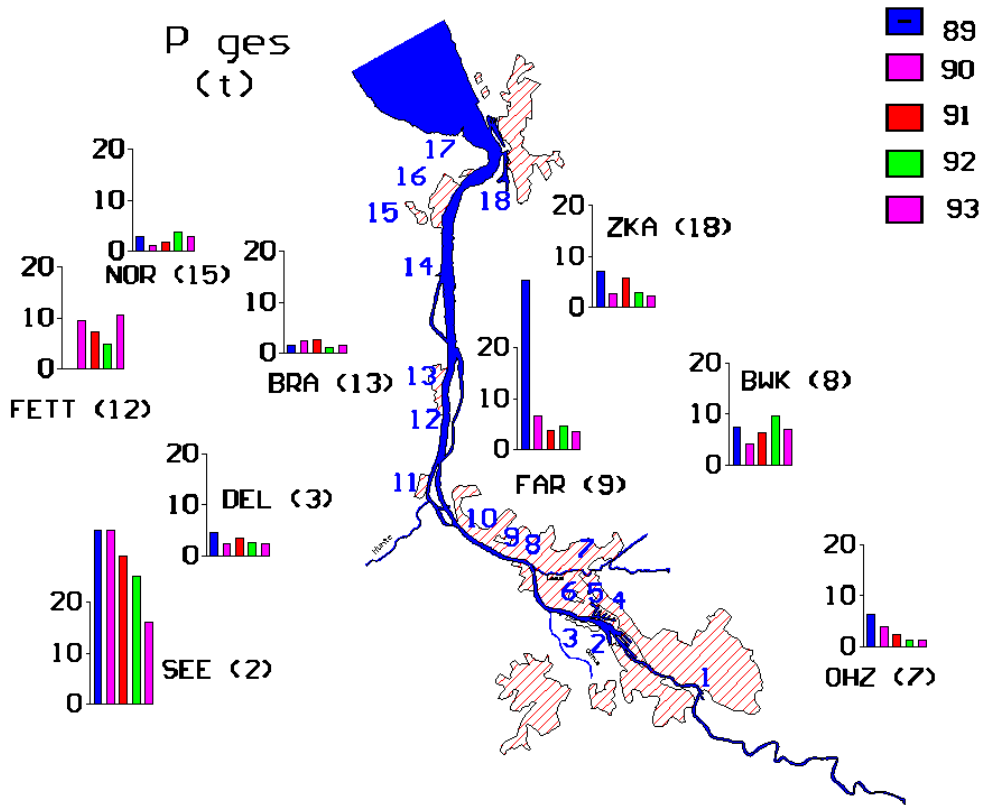


Abbildung 28: P ges.-Frachten relevanter Einleiter entlang der Unterweser 1989 - 1993. Abkürzungen sowie Lage der Einleiter siehe Abbildung 11.

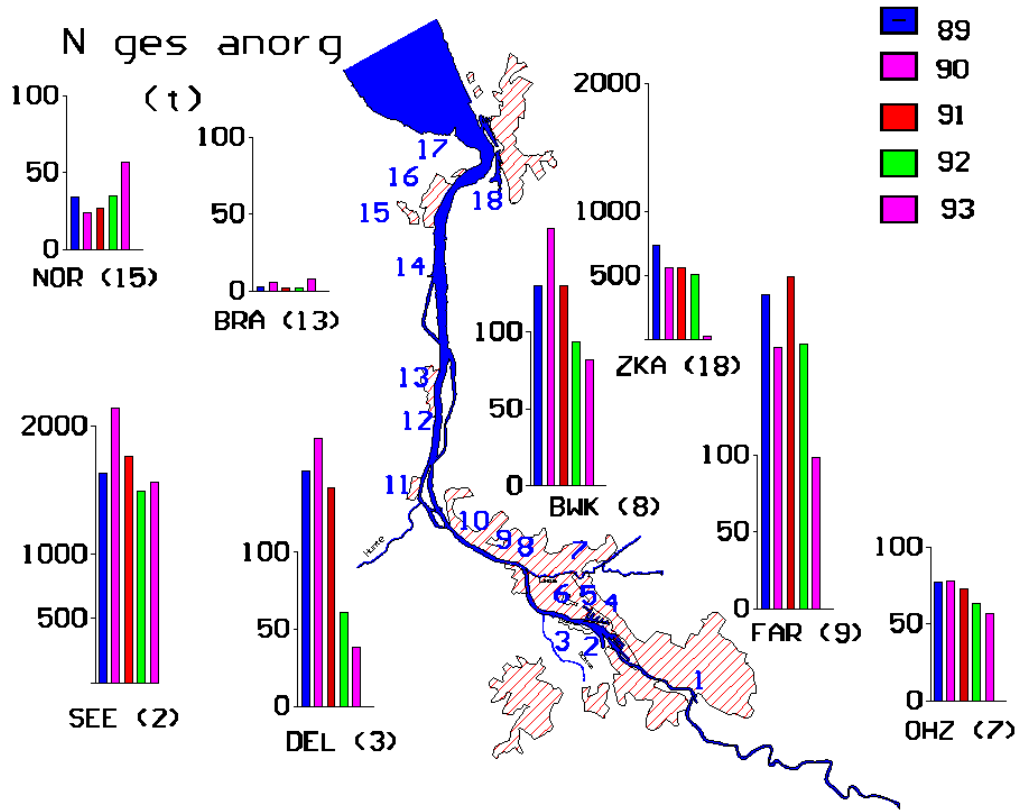


Abbildung 29: N ges. anorganisch-Frachten relevanter Einleiter entlang der Unterweser 1989 - 1993 (Werte von KA Seehausen und ZKA Bremerhaven andere Skala). Abkürzungen sowie Lage der Einleiter siehe Abbildung 11.

## 7.5. Schwermetalle

### 7.5.1. Der Fluß

Die Messung von Schwermetallen im Flußwasser und bei den Einleitern erfolgt aus der unfiltrierten Probe und erfaßt somit sowohl die gelösten als auch die an den Schwebstoffpartikeln angelagerten Schwermetallverbindungen. Eine nicht unerhebliche Schwermetallfracht in der Unterweser stammt aus Einleitungen oberhalb Bremens. Zum Teil reichen die Quellen bis in den mittelalterlichen Erzbergbau zurück. Besonders die Abschwemmungen von den Abraumhalden im Harz bedeuten einen steten Eintrag an Schwermetallverbindungen in das Flußsystem. Wie bei den Nährstoffen läßt sich auch bei den Schwermetallen eine Abnahme in der Konzentration erkennen. Der verstärkte Ausbau der Abwasserbehandlungsanlagen in den vergangenen Jahren zeigt auch hier positive Auswirkungen. Einen Überblick über die Entwicklung der Schwermetallkonzentrationen an der Meßstelle Hemelingen (90-Perzentil) gibt Abbildung 30, in der Tabelle 21 sind die statistischen Zahlen zu den Schwermetallgehalten 1993 wiedergegeben.

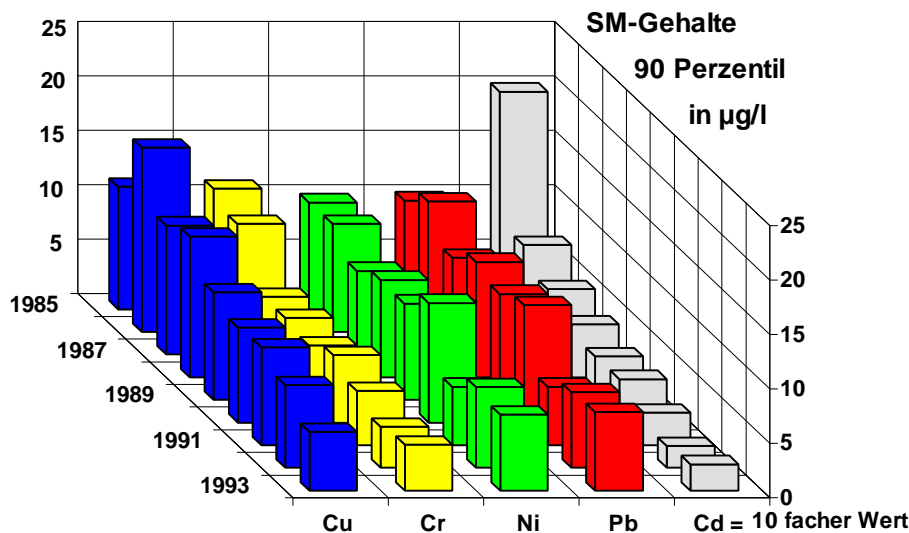
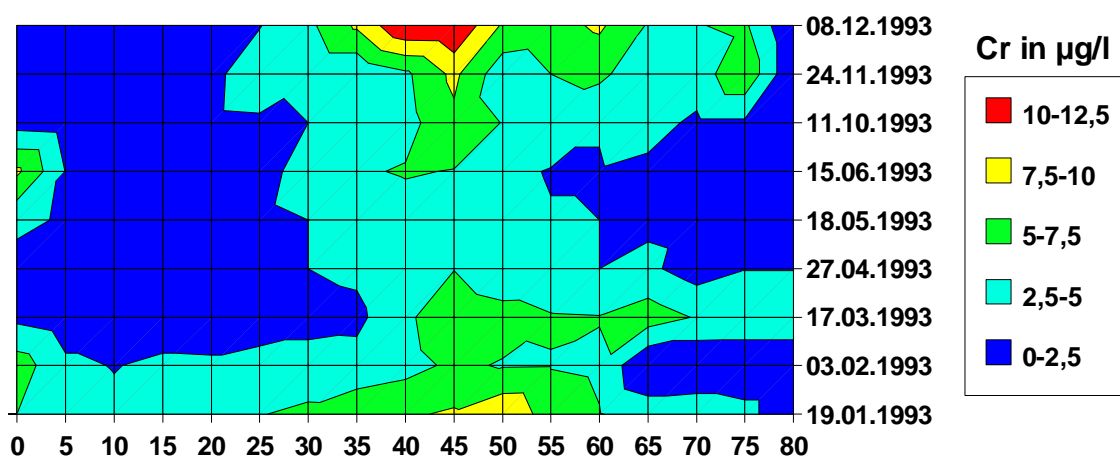
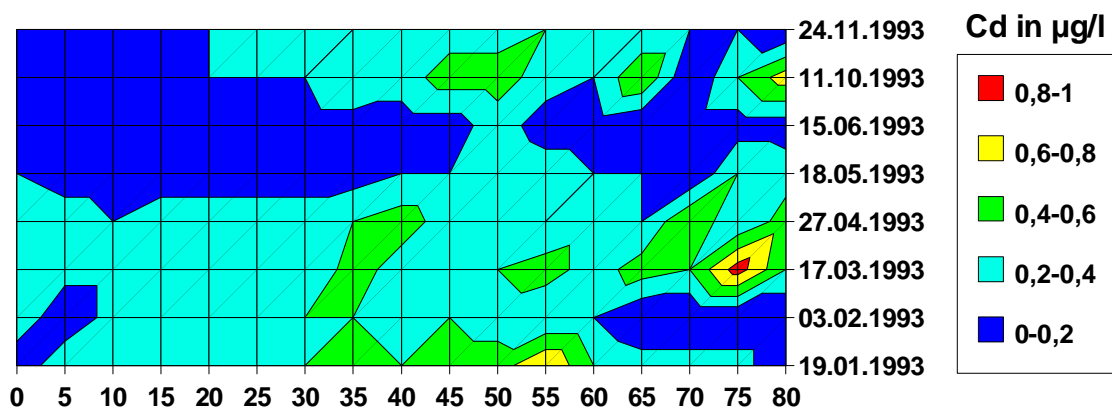


Abbildung 30: Ausgesuchte Schwermetalle in der Weser bei Hemelingen 1985 - 1993 (90 Perzentilwert in µg/l, Cadmium 1/10 µg/l).

Parameter	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn	Mn
n	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Min	0,49	< 0,2	< 2	< 2	410	2,4	< 2	15	74
Max	2	0,43	8,4	8,6	4100	9,7	14	83	240
Mittelw	1	< 0,2	< 2	3,3	1067	4,2	3,8	25	117
Median	0,87	< 0,2	< 2	3	490	3,6	2,8	-	87
90 Perz.	1,61	0,24	4,17	5,38	1428,37	6,98	7,48	-	152,43
Fracht t/a	12,6	-	-	40,9	1462	44,1	50,5	309	1280

Tabelle 21: Statistische Kenngrößen der Metallkonzentrationen in der Weser bei Hemelingen 1993 in µg/l sowie Jahresfracht in t (- = keine Werte verfügbar). Alle Werte für Hg lagen 1993 unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,2 µg/l (zur Problematik der Berechnung von Frachten siehe auch Abschnitt 6.2.).

Der Konzentrationsverlauf der Schwermetalle in der Unterweser wird hauptsächlich durch den Anstieg der Seston-Gehalte im Bereich der Brackwassergrenze bestimmt. In dieser Zone hoher Trübung liegt auch ein Maximum der Schwermetallgehalte bei den Längsschnittuntersuchungen. Die folgenden Darstellungen (Abb.31) zeigen den Verlauf der in der Regel monatlich durchgeführten Unterweserlängsschnitte für die Schwermetallkonzentrationen Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Blei und Zink. Die Ergebnisse der Seston-Bestimmung sind zum Vergleich ebenfalls wiedergegeben.



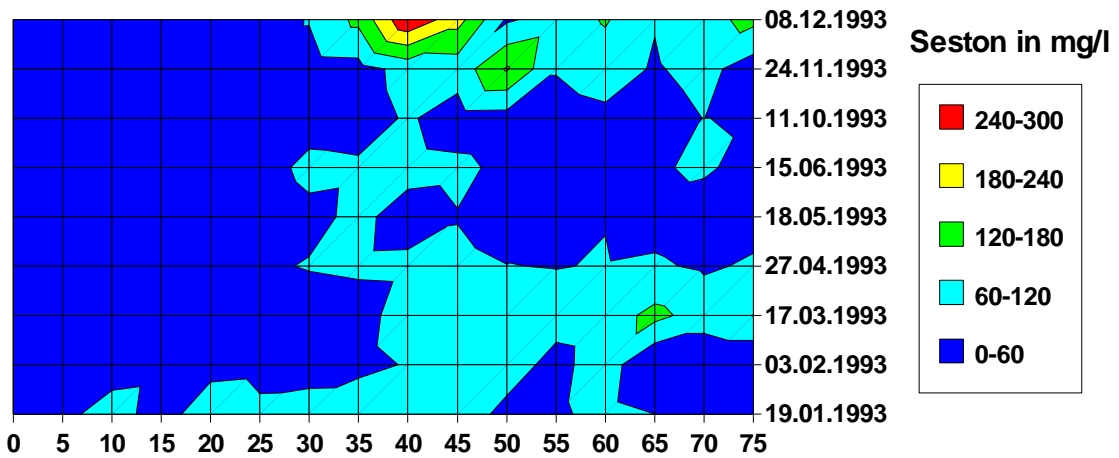
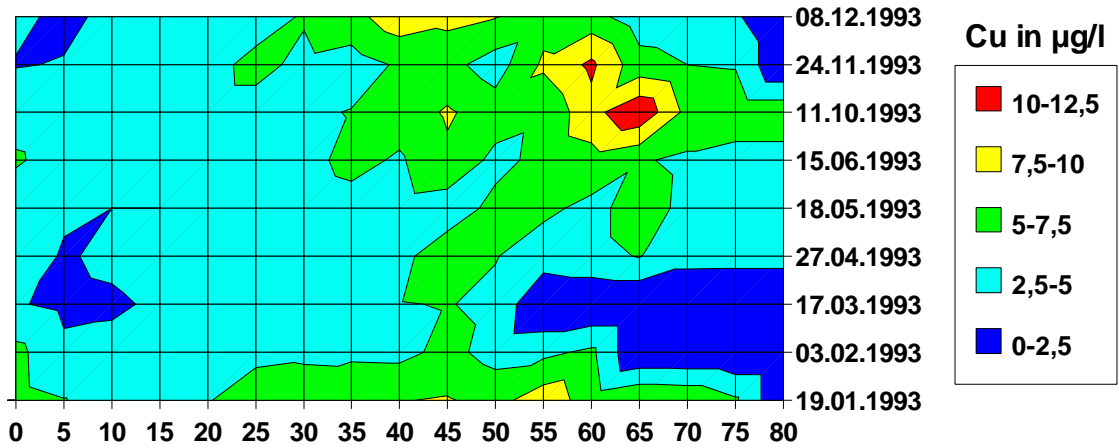
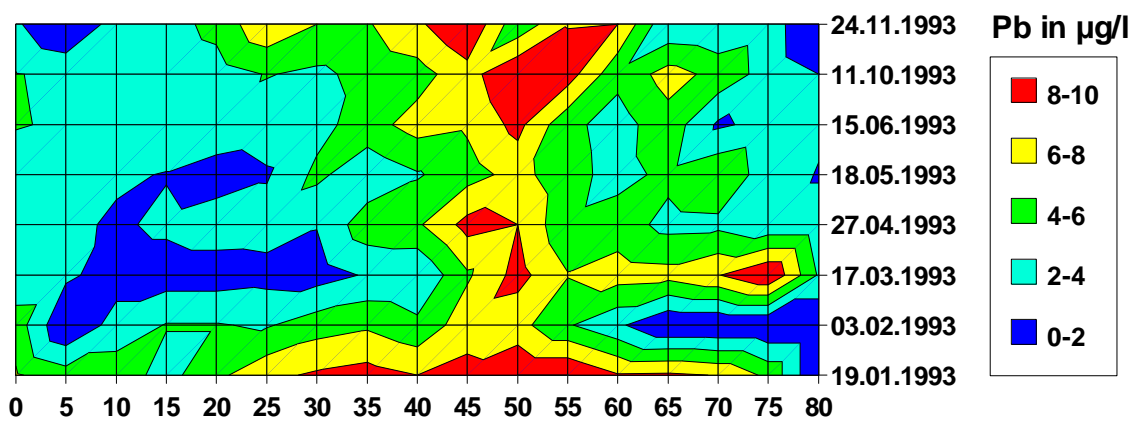
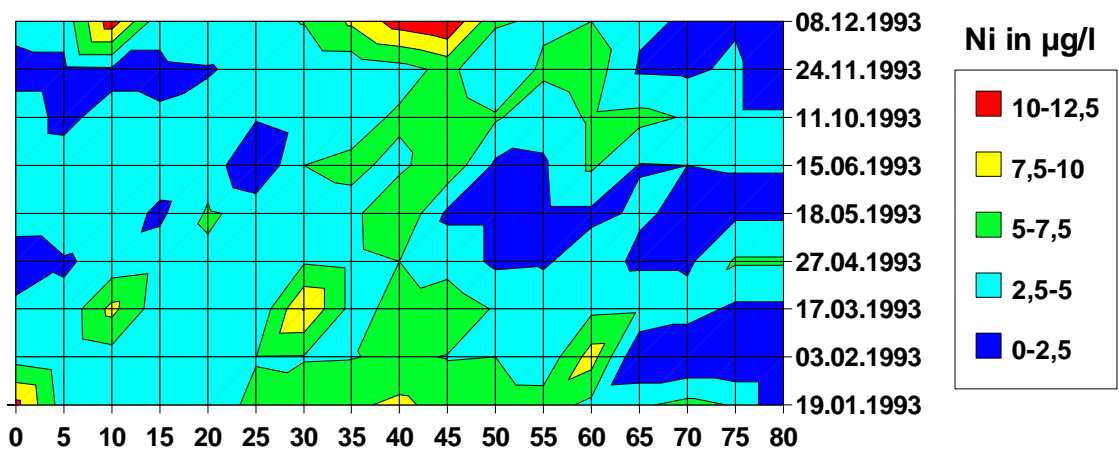


Abbildung 31



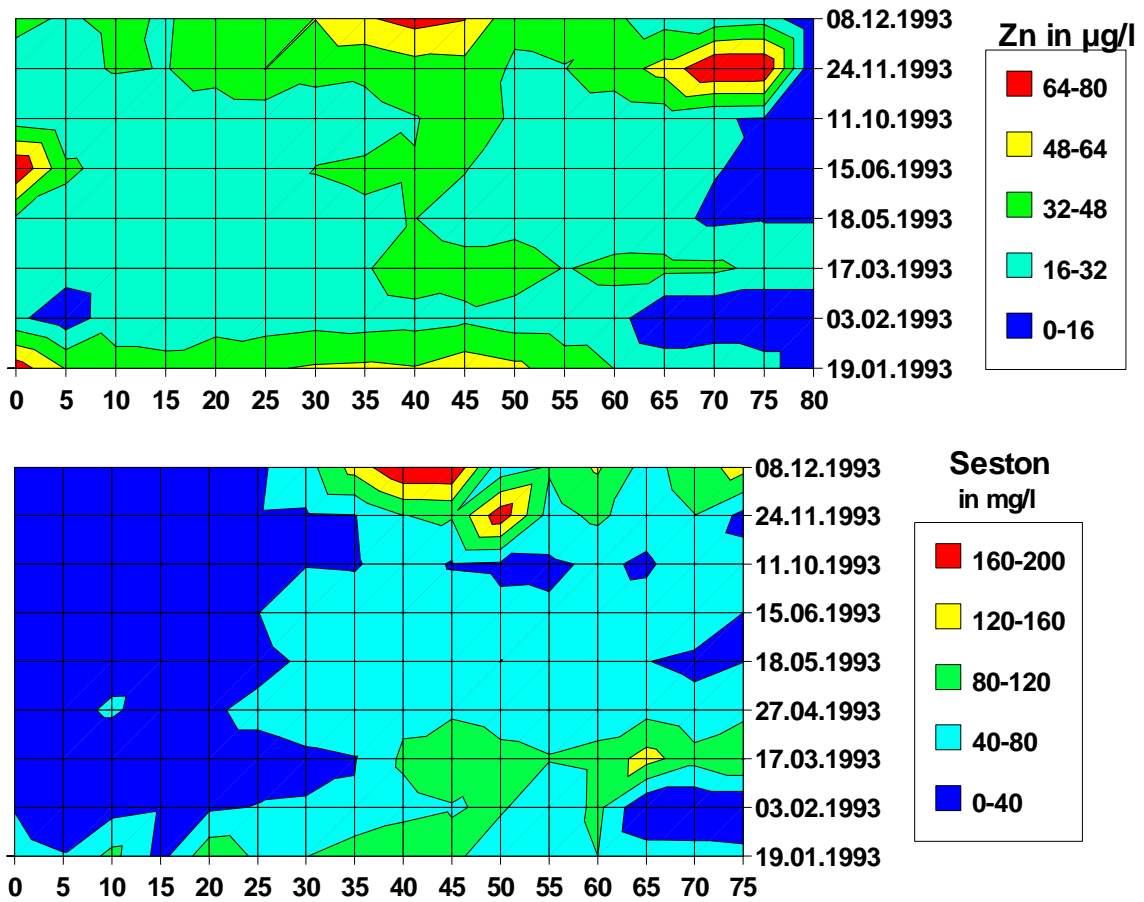


Abbildung 31

Abbildung 31 (vorhergehende Seiten): Darstellung der Längsschnittergebnisse 1993 der Unterweser von Hemelingen bis Bremerhaven für die Schwermetalle Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Blei und Zink in µg/l (keine Werte für Längsfahrten Juli, August und September bzw. Dezember), sowie für Seston in mg/l (keine Werte für Längsfahrten Juli, August, September und für UW-km 80). Zum besseren Vergleich wurde für die Darstellung der Seston-Werte eine unterschiedliche Skalierung (0 - 200 sowie 0 - 300) gewählt (die beiden maximalen Werte für Seston: 203 u. 290 mg/l, sonst liegen alle Meßwerte unterhalb 200 mg/l).

### 7.5.2. Vergleich mit Elbe und Rhein

Ein Vergleich mit Rhein (Bimmen/Lobith) und Elbe (Schnackenburg) zeigt die stärkere Belastung der Elbe mit Schwermetallen, allerdings haben die zahlreichen Betriebsstilllegungen im Oberliegerbereich seit 1990 bereits eine Verringerung bewirkt. Gegenüber dem Rhein weist die Weser außer einem höheren Gehalt an Cadmium und Eisen ähnliche bzw. leicht niedrigere Konzentrationen auf (Tab.22).



Elbe :	As ( $\mu\text{g/l}$ )	Cd ( $\mu\text{g/l}$ )	Cr ( $\mu\text{g/l}$ )	Cu ( $\mu\text{g/l}$ )	Fe ( $\mu\text{g/l}$ )	Hg ( $\mu\text{g/l}$ )	Ni ( $\mu\text{g/l}$ )	Pb ( $\mu\text{g/l}$ )	Zn ( $\mu\text{g/l}$ )
n	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Min	2,9	0,22	3	3,3	370	0,08	4,6	1,4	27
Max	6,7	0,77	11,5	33,8	1.900	0,23	8,7	14,7	132
Mittelw	4,5	0,34	5,4	7,5	810	0,12	6,1	4,9	72
Median	4,2	0,32	4,8	5,8	740	0,11	5,9	3,6	71
P 90	6,2	0,45	7,8	11,5	1.040	0,19	7,5	8,2	95
t/a	67	5	81	109	12.500	1,9	93	75	1.070

Meßstelle Schnackenburg Daten 1993

Rhein :	As ( $\mu\text{g/l}$ )	Cd ( $\mu\text{g/l}$ )	Cr ( $\mu\text{g/l}$ )	Cu ( $\mu\text{g/l}$ )	Fe ( $\mu\text{g/l}$ )	Hg ( $\mu\text{g/l}$ )	Ni ( $\mu\text{g/l}$ )	Pb ( $\mu\text{g/l}$ )	Zn ( $\mu\text{g/l}$ )
n	13	13	13	13	13	25	13	13	13
Min	1,9	0,05	2,2	4,1	284	0,05	2,8	2	17
Max	5,1	0,31	17	15,2	5.280	0,13	11,4	15	87
Mittelw	2,6	0,12	3,98	7,4	846,9	0,06	4,7	4,7	29,1
Median	2,4	0,09	2,5	5,9	483	0,05	4,3	2	26
P 90	2,8	0,21	5	10,3	840	0,05	6,6	13,4	34

Meßstelle Bimmen / Lobith - deutsch / niederländische Grenze 1993

**Tabelle 22: Schwermetallgehalte (Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Eisen, Quecksilber, Nickel, Blei und Zink) in  $\mu\text{g/l}$  in Rhein (Bimmen/Lobith) und Elbe (Schnackenburg), sowie Elbe-Jahresfracht in kg.**

### 7.5.3. Die Einleiter

Bei den in der Tabelle 21 aufgeführten Schwermetallkonzentrationen ist als Haupteinleiter in die Unterweser Klöckner Stahl zu benennen, die ihre Schwermetallfracht in den letzten 10 Jahren drastisch reduzieren konnte (siehe Gewässergütebericht des Landes Bremen 1993). Eine Übersicht über die eingeleiteten Jahresfrachten für Blei und Cadmium relevanter Einleiter ist in den Abbildungen 32 und 33 in Verbindung mit den Tabellen im Anhang wiedergegeben. Zu den Darstellungen ist anzumerken, daß die extrem hohen Chrom- und Nickelfrachten der Klöckner Stahl in 1990 nicht die realistischen für dieses Jahr wiedergeben: Bei 2 von 12 Überwachungen in 1990 wurden extrem hohe Metallfrachten gemessen. Ursache waren Edelstahlhohnwalzungen, die zur Zeit der Überwachung stattfanden. Edelstahlwalzungen machen nur 10 % der Produktion aus, die dabei gemessenen Konzentrationen erhöhten den arithmetischen Mittelwert überproportional.

Die kommunalen Kläranlagen tragen im Vergleich dazu nur in geringerem Umfang zur Schwermetallbelastung der Unterweser bei. Jedoch ist die Kupfer- und Zinkfracht der Kläranlage Seehausen nicht zu vernachlässigen. Bei der Quecksilberfracht der KA Seehausen ist zu beachten, daß alle Meßwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen, diese jedoch bei der Frachtberechnung zugrunde gelegt wurde (siehe Kap.6.2. Frachtberechnungen mit Meßdaten unterhalb der Bestimmungsgrenze).

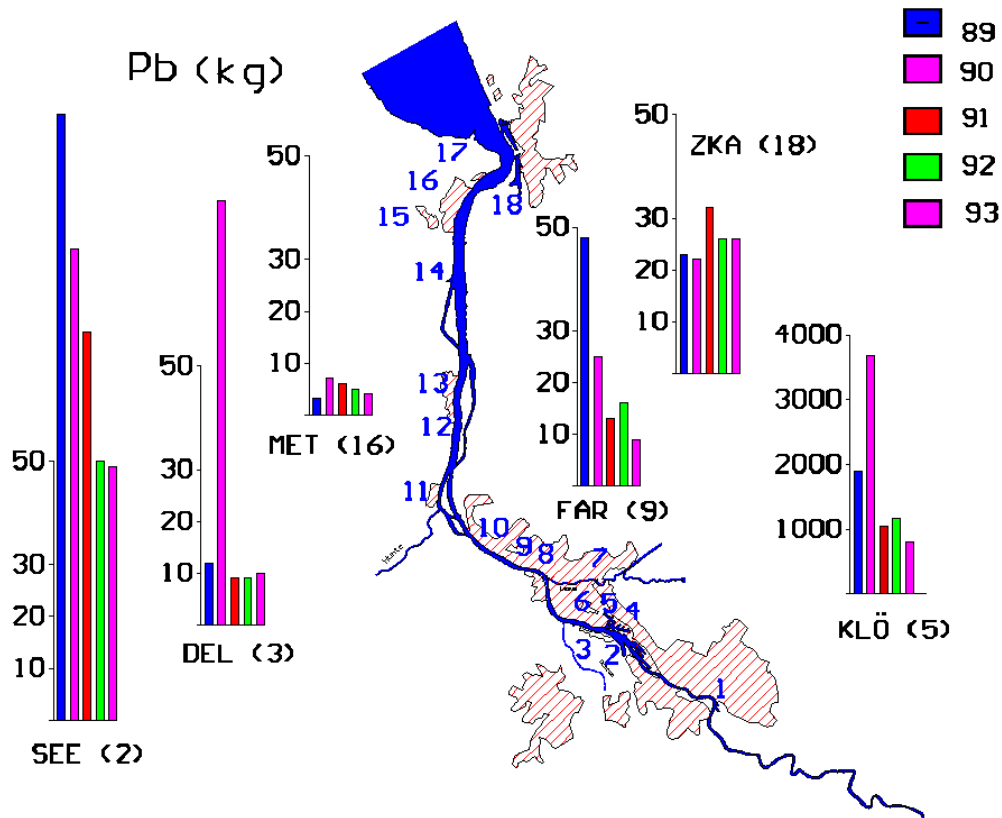


Abbildung 32: Entwicklung der Blei-Schwermetallfrachten relevanter Einleiter entlang der Unterweser von 1989 bis 1993 (Klößner Werte andere Skala). Abkürzungen sowie Lage der Einleiter siehe Abbildung 11.

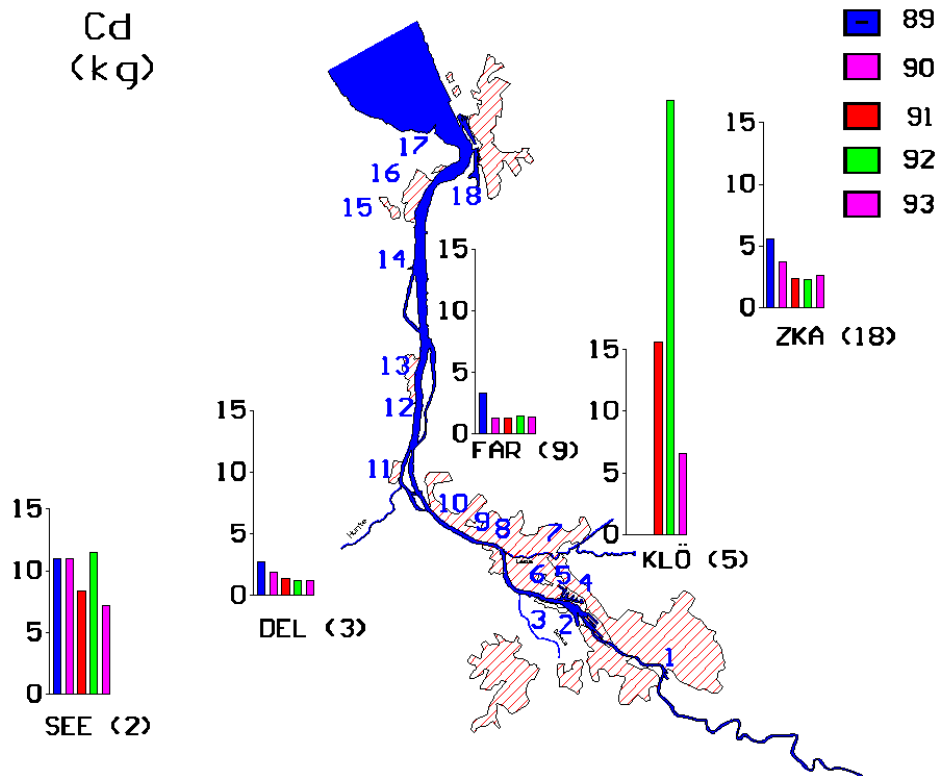


Abbildung 33: Entwicklung der Cadmium-Schwermetallfrachten relevanter Einleiter entlang der Unterweser von 1989 bis 1993. Für Klößner Stahl entsprach 1992 u. 1993 die Vorbelastungsfracht im Einlauf der Fracht im Auslauf. Abkürzungen sowie Lage der Einleiter siehe Abbildung 11.

## 7.6. Summenparameter AOX

### 7.6.1. Der Fluß

Der Parameter AOX ist ein Summenparameter für adsorbierbare organisch gebundene Halogenverbindungen. Die Konzentrationen und Frachten der Weser bei Hemelingen sind halb so groß wie in der Elbe aber höher als im Rhein (Tab.23).

Weser :	AOX (µg/l)	Elbe :	AOX (µg/l)	Rhein :	AOX (µg/l)
n	26	n	25	n	26
Min	13	Min	20	Min	2,1
Max	43	Max	90	Max	25
Mittelw	21,04	Mittelw	50	Mittelw	16,85
Median	18	Median	50	Median	17
P 90	32,67	P 90	70	P 90	23
t/a	315,4	t/a	756	t/a	-

Meßstelle Hemelingen Daten 1993

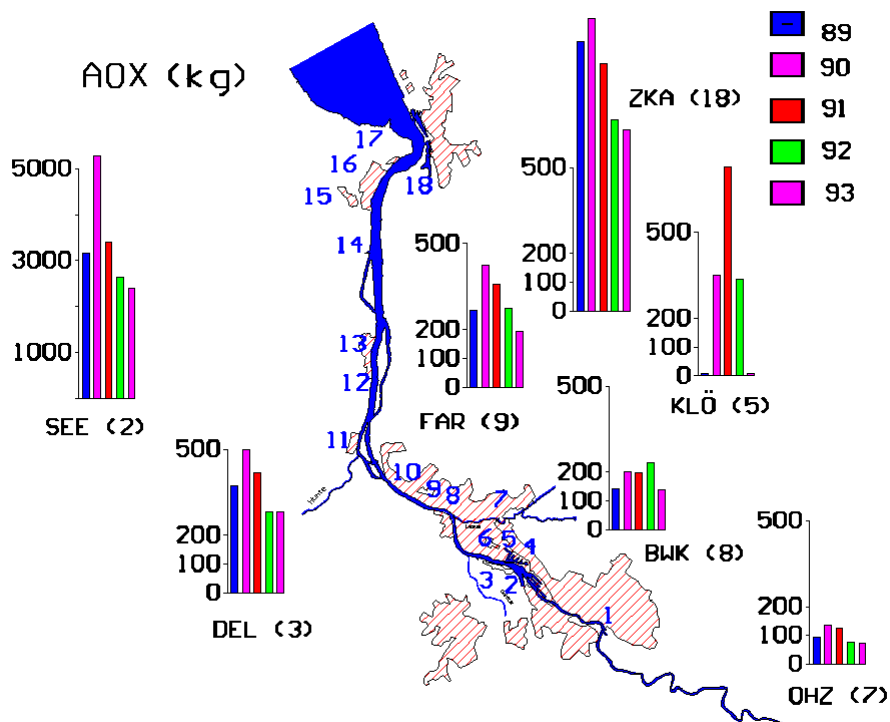
Meßstelle Schnackenburg Daten 1993

Meßstelle Bimmen / Lobith 1993

**Tabelle 23: AOX-Konzentrationen 1993 in µg/l an der Meßstation Hemelingen (Weser). Zm Vergleich Rhein (Bimmen/Lobith) und Elbe (Schnackenburg).**

### 7.6.2. Die Einleiter

Der AOX-Summenparameter gibt einen Überblick über das Vorkommen halogenierter organischer Verbindungen im Abwasser. Quelle hierfür sind die Anwendung halogenierter Lösemittel im Betrieb und die Bildung entsprechender Verbindungen während des Produktionsprozesses (z.B. bei der Wollbehandlung der BWK im Rahmen der Filzfreiausrüstung). Während die AOX-Fracht bei der Klöckner Stahl und den kommunalen Kläranlagen sich vor allem aus der Höhe der eingeleiteten Abwassermengen berechnet, basiert die AOX-Fracht der Bremer Wollkämmerei auf der Höhe der eingeleiteten Konzentration. Die Anstrengungen des Betriebes, ein umweltfreundliches Verfahren bei der Filzfreiausrüstung einzusetzen, werden jedoch auch zu einer Reduzierung der AOX-Fracht beitragen. Eine Gegenüberstellung der Entwicklung der AOX-Frachten relevanter Einleiter findet sich in Abbildung 34.



**Abbildung 34: AOX-Jahresfrachten relevanter Einleiter in kg der letzten fünf Jahre (Seehausen Wert andere Skala). Abkürzungen sowie Lage der Einleiter siehe Abbildung 11.**

## 7.7. Pestizide, PCB's und andere halogenierte organische Verbindungen

### 7.7.1. Der Fluß

Moderne Meßmethoden haben es möglich gemacht, auch sehr geringe Gehalte von Schadstoffen in Wasser und Sedimenten nachzuweisen. Umfangreiche Untersuchungen in den vergangenen Jahren haben einen Überblick zugelassen, in welchen Konzentrationen chlorhaltige organische Stoffe im Weserflußsystem (Wasser, Schwebstoffe, Sedimente und Organismen) vorhanden sind. Da im Niederschlagsgebiet der Weser nur wenige chemische Fabriken liegen, stammt der größte Teil der Schadstoffe aus kommunalen Kläranlagen bzw. bei Pestiziden aus der Landwirtschaft.

Bei den laufenden Messungen an der Meßstation Hemelingen befinden sich diese Stoffe mit Ausnahme von Lindan (Gamma-HCH) seit mehreren Jahren unterhalb der Nachweisgrenze (für die leichtflüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffe Chloroform, 1,1,1-Trichlorethan sowie Trichlorethylen beträgt sie 0,1 µg/l; für Tetrachlorethylen, Tetrachlorkohlenwasserstoff 0,05 µg/l und für Dichlormethan 2,5 µg/l), deshalb wurde der Beprobungsrhythmus für diese Stoffe 1993 auf eine halbjährige Einzelprobennahme beschränkt, bei einem eventuellen Auftreten von Einzelstoffen oberhalb der Nachweisgrenze ist eine Rückkehr zur monatlichen Einzelprobe jederzeit möglich. Auch bei den im Abstand von drei Jahren durchgeführten Messungen während der Weserlängsfahrten lagen die Ergebnisse der Messungen im allgemeinen unter der Bestimmungsgrenze.

### 7.7.2. Die Einleiter

Die industriellen Großeinleiter der Unterweser verwenden eine Vielzahl von halogenierten Stoffen, pro spezifische Einleitung beschränken sich diese Stoffe aber auf die in der Produktion tatsächlich eingesetzten. Die Abwässer der kommunalen Kläranlagen enthalten dagegen eine wesentlich größere Bandbreite, da über das Kanalnetz die gesamte Palette der in den angeschlossenen Industrie- und Gewerbebetrieben aber auch in den privaten Haushalten gebräuchlichen Schadstoffe zusammengeführt wird. So verwundert es nicht, wenn bei den Einleiterüberwachungen die Kläranlagen aufzählbare Frachten halogener Stoffe oberhalb 1 kg/a aufweisen. Bei der höheren Lindan-Fracht der Klöckner Stahl ist zu berücksichtigen, daß die Meßergebnisse in 1993 stark streuten (Tab.24).

Einleiter Fracht in kg/a	Gamma-HCH	Pentachlor- phenol
KA Delmenhorst	0,3257	104,5
Klöckner	1,88	**
BWK	0,0946	**
KA OHZ	0,08	21,7
KA Farge	0,28	156,9
KA Seehausen	1,76	370,1

**Tabelle 24: Jahresfrachten 1993 in kg ausgesuchter Einleiter für Lindan (Gamma-HCH) und Pentachlorphenol. (\*\*) = keine Meßwerte verfügbar.**

## 7.8. NTA-EDTA (Fluß - Einleiter)

Die Ersatzstoffe Nitrilotriessigsäure und Ethylendiamintetraessigsäure (NTA und EDTA) für Phosphate in Waschmitteln (zur P-Verminde rung im Ablauf der KA's) sind trotz ihrer biologische Abbaubarkeit durch den steten Eintrag aus den KA's als Dauerbelastung des Flußwasserkörpers vorhanden. Während NTA an der Meßstelle Hemelingen nur einmal knapp über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen wurde (Nachweisgrenze 2 µg/l), liegt der Mittelwert für EDTA bei ca. 9 µg/l. Dies entspräche einer Jahresfracht von < 20 t für NTA (Einbeziehung der Nachweisgrenze als Berechnungsgrundlage) und

ca. 90 t für EDTA. Bei den viermaligen Kontrollmessungen an der Kläranlage Seehausen wurden für NTA Werte zwischen 8 und 88 µg/l und für EDTA zwischen 37 und 590 µg/l gemessen (Mittelwert: NTA = 32 µg/l, EDTA = 331,7 µg/l). Somit ließe sich aus der Kläranlage Seehausen eine überschlägige Fracht von 1,3 t/a NTA und von 13,8 t/a EDTA (letztere immerhin 15 % der Flußjahresfracht) zugrunde legen. Der Vergleich mit Elbe (Schnackenburg) und Rhein (Bimmen/Lobith) zeigt für NTA und EDTA ähnliche Größenordnungen in der Weser bei Hemelingen (Tab.25).

ausgewählte KA's	Datum 1993	NTA (µg/l)	EDTA (µg/l)	Meßst. Hem.	NTA (µg/l)	EDTA (µg/l)	Elbe	NTA (µg/l)	EDTA (µg/l)
KA DEL	09.06.	8	144	02.01.	< 2	< 5	n	12	12
	02.09.	8	190	01.02.	< 2	< 5	Min	< 2	5
	27.09.	< 2	73	15.02.	< 2	< 5	Max	4	18
	08.12.	4	365	02.03.	< 2	< 5	Mittelw	2	10
KA OHZ	10.06.	17	116	15.03.	< 2	< 5	P 90	4	18
	01.09.	24	120	28.03.	< 2	8	t/a	33	139
	25.11.	41	71	13.04.	< 2	< 5	Meßstelle Schnackenburg Daten 1993		
KA Farge	07.06.	7	44	26.04.	< 2	6	Rhein	NTA	EDTA
	31.08.	5	87	10.05.	< 2	6	n	10	10
	25.11.	11	77	27.05.	4	6	Min	1	2,8
KA Seeh.	09.06.	13	430	10.06.	< 2	8	Max	7,6	35
	02.09.	20	590	28.06.	< 2	9	Mittelw	4,5	16
	27.09.	8	37	13.07.	< 2	9	Median	4,65	16,9
ZKA Brhv.	08.12.	88	270	26.07.	< 2	7	P 90	7,45	30,5
	14.06.	15	46	24.08.	< 2	15	t/a	-	-
	01.09.	570	150	01.09.	< 2	10	Meßstelle Bimmen / Lobith 1993		
	28.09.	30	55	22.09.	< 2	< 5	Weser	NTA	EDTA
	10.11.	19	130	11.10.	< 2	8	n	22	22
	06.12.	5	93	25.10.	< 2	10	Min	< 2	6
			08.11.	< 2	8	Max	4	16	
			22.11.	< 2	9	Mittelw	< 2	9	
			07.12.	< 2	16	Meßstelle Hemelingen 1993			

**Tabelle 25: Konzentrationen von NTA und EDTA in µg/l 1993 im Auslauf ausgewählter Kläranlagen und an der Meßstation Hemelingen sowie zum Vergleich Konzentrationen in Elbe (Meßstelle Schnackenburg) und Rhein (Meßstelle Bimmen/Lobith).**

## 7.9. Radionuklide in der Unterweser

Zur Radioaktivitätsbelastung der Unterweser können eine Vielzahl natürlicher und künstlicher Radionuklide beitragen. Während die natürlichen Radionuklide schon seit jeher in der Unterweser vorhanden sind, tragen künstliche radioaktive Stoffe erst seit Mitte der fünfziger Jahre zur Strahlenbelastung des Menschen bei (\*).

Umfangreiche Überwachungsprogramme des Bundes und der Länder ergänzen sich bei der Radioaktivitätsüberwachung der Unterweser, wobei neben der Überwachung des Gewässers der Überwachung der Abwassereinleitung des Kernkraftwerkes Unterweser (KKU) besondere Bedeutung zugemessen wird. Dabei werden Wasser, Schwebstoff, Sediment und Fisch untersucht.

Künstliche radioaktive Stoffe können auf einer Vielzahl von Wegen in die Gewässer gelangen. Dabei spielt der Eintrag durch Kernkraftwerke im Einzugsgebiet der Weser nur eine untergeordnete Rolle. Der überwiegende Teil der Gewässerbelastung wird durch diffusen Eintrag wie trockene und nasse Deposition (Fallout und Washout) nach den oberirdischen Kernwaffenversuchen oder nach dem Re-

(\*) Der Abschnitt 7.9. über Radionuklide in der Unterweser wurde von der Gütestelle Weser übernommen.

aktorunfall in Tschernobyl verursacht. Einen begrenzten Beitrag liefern noch Radionuklide aus Abwasser nach nuklearmedizinischer Diagnostik und Therapie.

Die durchgeführten Untersuchungen stützen sich immer auf Konzentrationsmessungen der radioaktiven Stoffe in Form von Aktivitätsmessungen mit Angaben in Becquerel pro Volumeneinheit oder Masse. Eine mögliche Strahlenbelastung des Menschen (Angaben in der Einheit Sievert) kann aus den Aktivitätsmeßwerten rechnerisch abgeschätzt werden. Für Gewässer werden üblicherweise keine Grenzwerte der Aktivitätskonzentration festgelegt. Bei Einleitungsgenehmigungen werden jedoch nur jährliche Aktivitätsfrachten zugelassen, bei denen die nach der Strahlenschutzverordnung zulässige Strahlenbelastung nicht überschritten wird. Aus den genehmigten Jahresfrachten lassen sich Aktivitätsgrenzwerte ableiten.

Der Eintrag der künstlichen Radionuklide läßt sich am besten anhand von Cäsium-137 (Cs-137) verfolgen. Dieses Radionuklid ist ein Gammastrahler und aus Sicht des Strahlenschutzes von besonderer Bedeutung. Cs-137 wird aufgrund mehrerer Ursachen in die Gewässer eingetragen (direkter oder um teils Jahrzehnte verzögerter Fallout/Washout nach den oberirdischen Kernwaffenversuchen und nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl, außerdem durch Abwässer der Kernkraftwerke und französischer und englischer Wiederaufbereitungsanlagen).

Das Auftreten anderer künstlicher Gammastahler wie Cobalt-58, Cobalt-60 (Co-58, Co-60), Ruthenium-103, Ruthenium-106 (Ru-103, Ru-106), Iod-131 (I-131) oder Cäsium-134 (Cs-134) und das Verhältnis dieser Radionuklide zueinander gibt Auskunft über Herkunft und Alter der Belastung. Auf diese Radionuklide sowie auf alle weiteren Gammastrahler, die in nennenswertem Umfang in den Umweltmedien auftreten können, werden alle Gewässerproben untersucht.

Neben dem Cs-137 ist der Betastrahler Strontium-90 (Sr-90) von besonderer Bedeutung. Auch Sr-90 wurde in den fünfziger und frühen sechziger Jahren vor allem durch Fallout und Washout nach Kernwaffenversuchen und nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl in die Umwelt und dadurch in die Gewässer eingetragen. Tritium, das ebenfalls durch Kernwaffenversuche freigesetzt wurde, kommt in vergleichsweise höheren Konzentrationen vor, ist aber von geringerer radiologischer Relevanz.

Zur Untersuchung des Oberflächenwassers wird bei Überwachungsprogrammen im allgemeinen die Gesamtprobe herangezogen. Da deutliche Anteile der Radionuklide (außer Tritium) an die Schwebstoffe der Gewässer gebunden sind, hat der Schwebstoffgehalt einer Wasserprobe einen wesentlichen Einfluß auf den Gesamtgehalt an Radionukliden. Ein erhöhter Schwebstoffgehalt der Proben erklärt häufig erhöhte Meßwerte.

Im Rahmen der Überwachung des KKW erfolgt darüber hinaus eine getrennte Untersuchung von gelösten und ungelösten Anteilen der Wasserproben, um Übergangsfaktoren vom Wasser zum Schwebstoff und Sediment bestimmen zu können. Besonders gründlich sind die Untersuchungen oberhalb und unterhalb der Kernkraftwerke. Die Probenahme erfolgt kontinuierlich an ausgewählten Meßstationen.

### 7.9.1. Tritium

Seit Mitte der sechziger Jahre sinkt die Tritium-Aktivität der nicht vom Abwasser kerntechnischer Anlagen beeinflussten Gewässer kontinuierlich. Für die Unterweser wurde dieser generelle Rückgang jedoch durch die Abwassereinleitung der an der Weser gelegenen drei Kernkraftwerke überlagert, so daß die Werte an dieser Stelle seit 1982 nahezu unverändert blieben. Abbildung 35 zeigt die Bela-

stungssituation seit 1978 an der durch Kernkraftwerke unbeeinflussten Meßstelle Hemeln (Oberweser) und der Meßstelle Nordenham, die ca. 6 km unterhalb des Kernkraftwerkes Unterweser liegt.

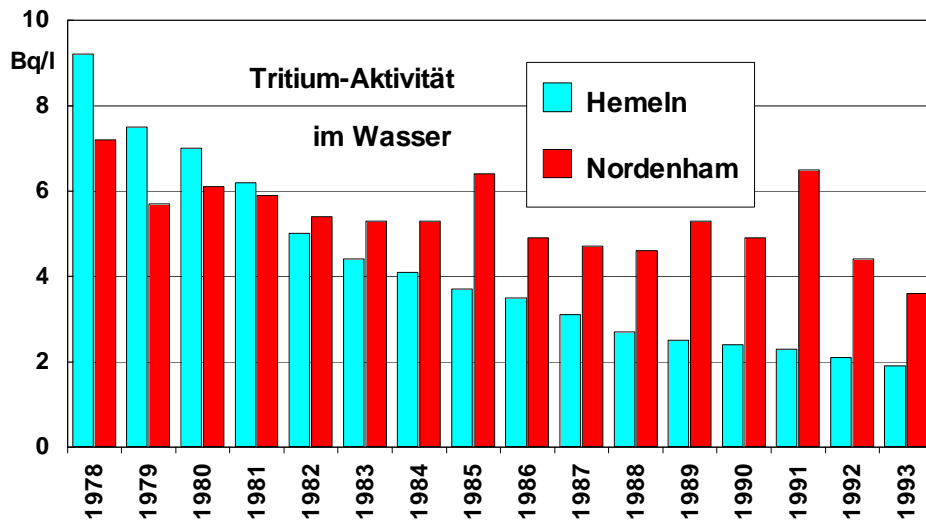
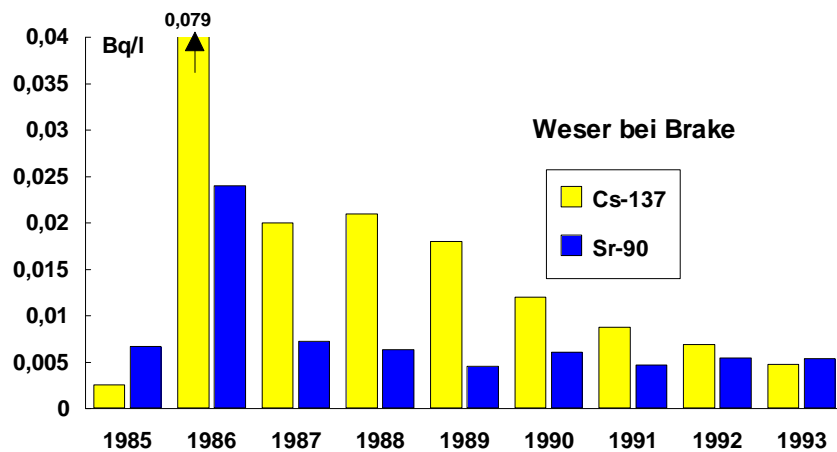
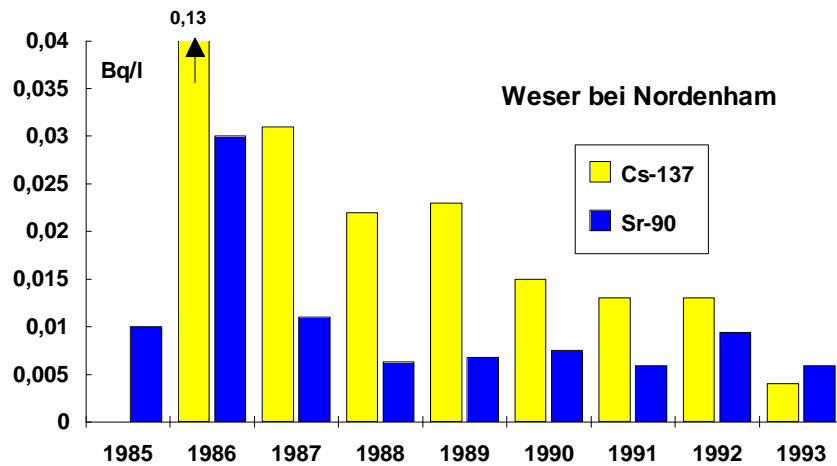


Abbildung 35: Tritium-Aktivitäten im Wasser (in Bq/l) an den Meßstellen Hemeln und Nordenham.

### 7.9.2. Cäsium-137 und Strontium-90



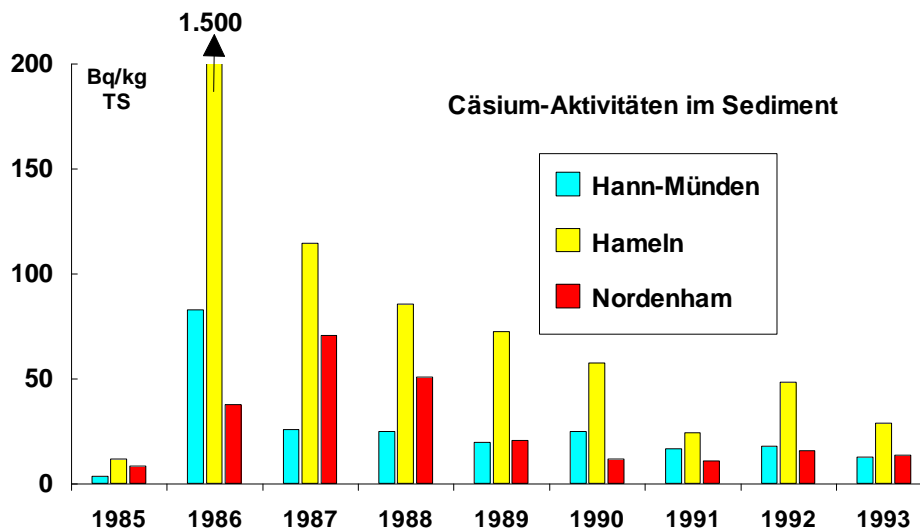


**Abbildung 36: Strontium-90- und Cäsium-137-Aktivitäten im Wasser (in Bq/l) an den Meßstellen Brake und Nordenham. Keine Meßwerte für 1985 in Nordenham.**

Von den künstlichen gammastrahlenden Radionukliden ließen sich nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl neben den Isotopen des Rutheniums (Ru-103 und Ru-106) vor allem die Isotope Cs-134 und Cs-137 nachweisen. Ende 1993 war nur noch Cs-137 nachweisbar. Die relativ niedrigen Aktivitätsgehalte in der Brackwasserzone lassen sich durch den der Anreicherung entgegenwirkenden hohen Kaliumgehalt des Wassers erklären.

Der Anteil von Sr-90 im Fallout/Washout nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl betrug in Niedersachsen bis etwa 5 % des Cs-137. Da jedoch das Strontium wesentlich schwächer von der Vegetation, vom Boden und von den Gewässersedimenten zurückgehalten wird, wurden vergleichsweise schnell höhere Anteile gelöst.

Abbildung 36 veranschaulicht die Verhältnisse in den Jahren 1985 bis 1993 an der Unterweser. Man erkennt, daß die Aktivität des Sr-90 im Jahre 1987 wieder auf den Wert von 1985 zurückgegangen ist, wogegen das Cs-137 langsamer wieder absinkt. Wie in allen Umweltmedien stieg die Cs-137-Belastung der Sedimente im Unterweserbereich an. Die Belastung im Brackwasserbereich lag wesentlich niedriger als im übrigen Bereich der Weser (Abb.37). Während die Mittelwerte der Weser noch deutlich über den Werten von vor 1986 lagen, haben sich die Verhältnisse des Brackwasserbereiches an die Zeit vor 1986 angeglichen.



**Abbildung 37: spezifische Cäsium-137-Aktivitäten im Sediment in Bq/kg Trockenmasse an den Meßstellen Hann.-Münden, Hameln und Nordenham.**

### 7.9.3. Cobalt-60

Co-60 wurde in Sediment- und Schwebstoffproben des Brackwasserbereiches als Folge der Abwasserreinigung französischer Anlagen nachgewiesen. Die Maximalwerte und der Median der spezifischen Aktivität änderten sich in den letzten Jahren nur unwesentlich. Ein durch Verringerung der Einleitungen der französischen Anlagen zu erwartender Aktivitätsrückgang ließ sich bisher meßtechnisch nicht erkennen.

Der Eintrag von Co-60 durch ein Kernkraftwerk an der Oberweser in den siebziger Jahren wirkte sich nur gering auf die Unterweser aus. Die Entwicklung für diese Belastung ist für die Jahre 1976 bis 1993 am Beispiel von Sedimentuntersuchungen in Abbildung 38 wiedergegeben.

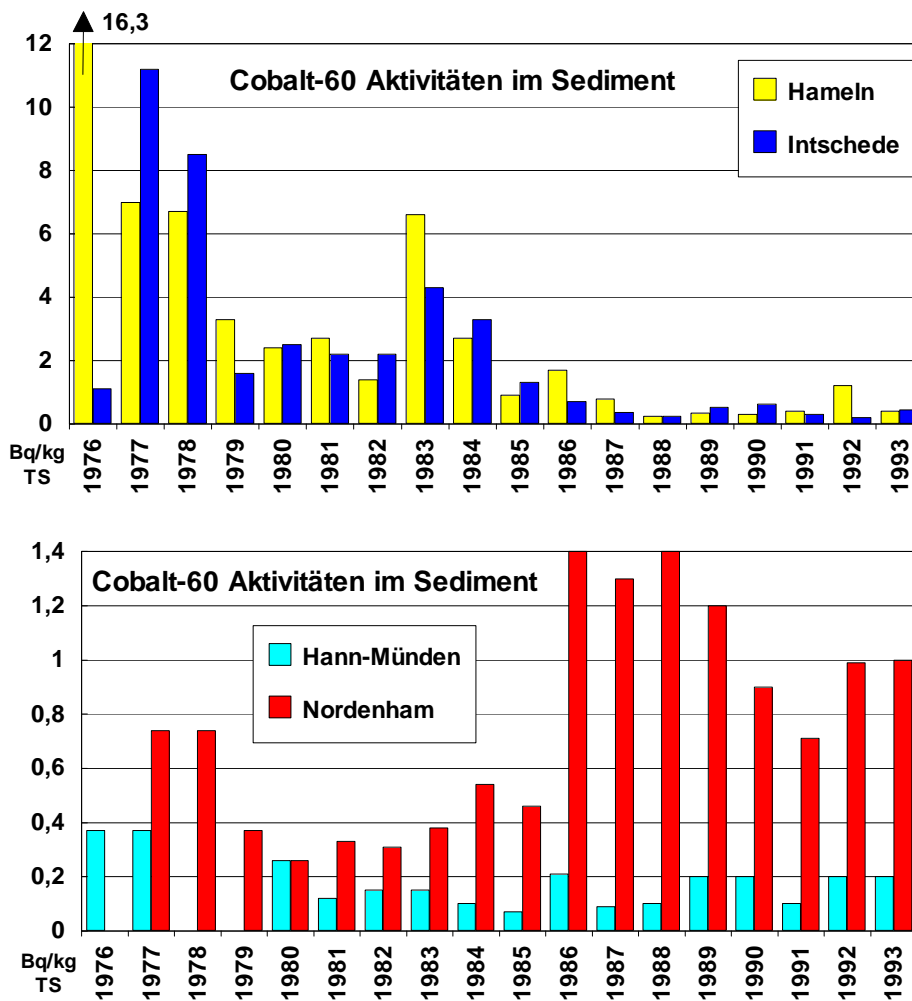


Abbildung 38: spezifische Cobalt-60-Aktivitäten im Sediment der Weser (Hann.-Münden und Nordenham sowie Hameln und Intschede) in Bq/kg TS. Keine Meßdaten für 1978 und 1979 bei Hann.-Münden, sowie für 1976 bei Nordenham.

#### 7.9.4. Natürliche Radionuklide

Der Gehalt der Sedimente der Unterweser an natürlichen Radionukliden übersteigt den der künstlichen Radionuklide um ein Vielfaches. Die spezifischen Aktivitäten an natürlichem K-40 liegen bei 600 Bq/kg TM, die an Radium-226, Radium-228 und an Folgenukliden der jeweiligen Zerfallsreihen erreichten jeweils Werte von etwa 40 Bq/kg TM. In den siebziger Jahren wurde ein leichter Anstieg des aus der Phosphatproduktion stammenden Radium-226 vermerkt. Die Werte liegen seit einigen Jahren wieder in dem für Niedersachsen typischen Bereich. Das aus der Luft in die Gewässer eingetragene Be-7 ließ sich in den meisten frischen Sedimentproben nachweisen.

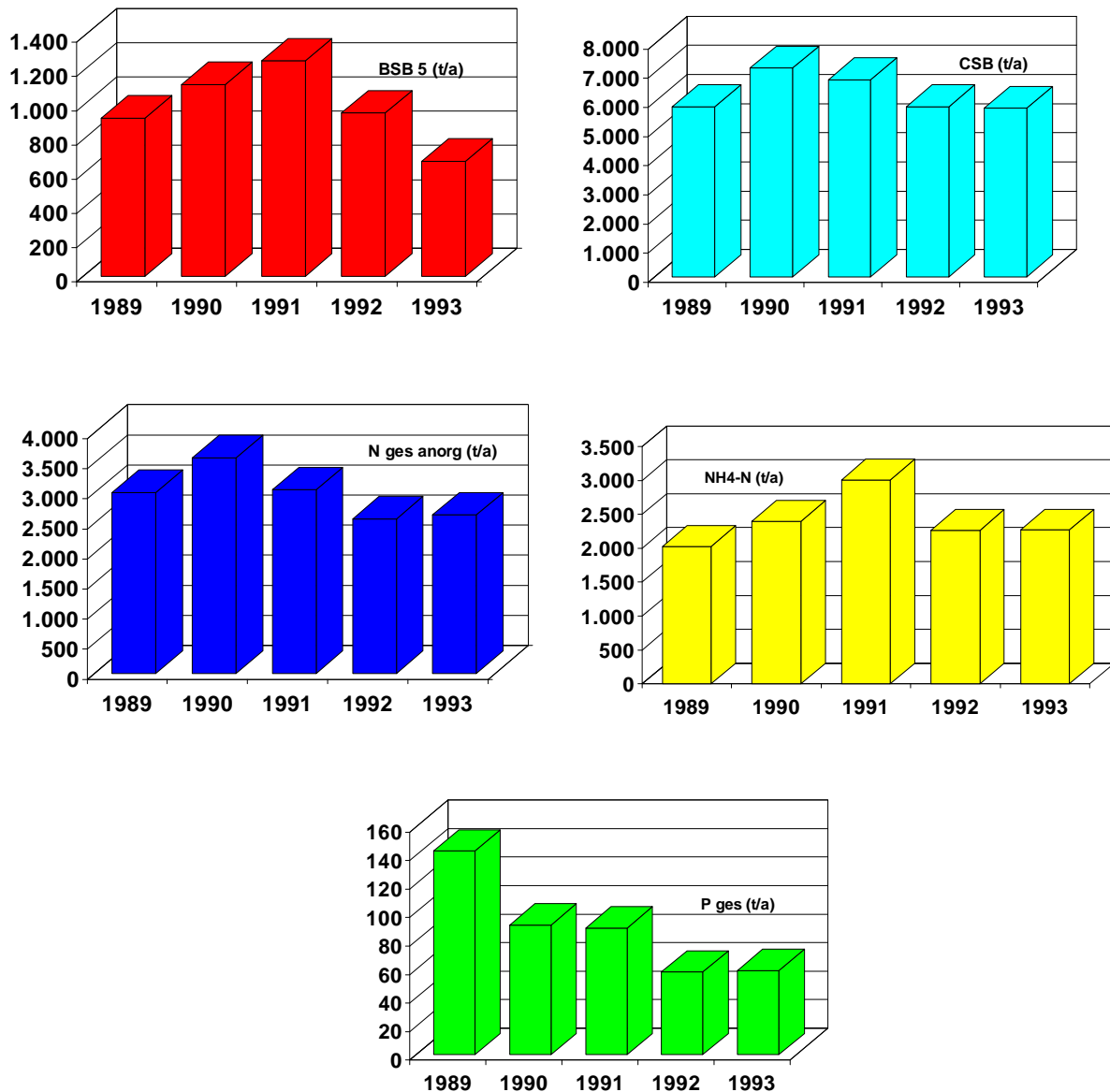
### 8. Bilanzierung der Einleitungen in die Unterweser

#### 8.1. Abwasservolumenströme, CSB, BSB<sub>5</sub> und Nährstoffe

Bei einer Wassermenge von ca. 9,7 Milliarden m<sup>3</sup>, die im Jahre 1993 über das Hemelinger Wehr in die Unterweser einfließen, machen die insgesamt von Hemelingen bis Bremerhaven eingeleiteten

205 Mio m<sup>3</sup> Abwasser ungefähr 2 % aus. 1989 wurden noch insgesamt 407 Mio m<sup>3</sup> eingeleitet, Wassersparmaßnahmen und Kreislaufführung der GroÙeinleiter konnten diese Menge in den vergangenen Jahren halbieren. Der Anteil des in die Unterweser eingeleiteten Kühlwassers liegt höher, er entspricht bei ca. 3,7 Milliarden m<sup>3</sup> erlaubten Einleitungsmengen ca. einem Drittel des Wehrabflusses, ungefähr die Hälfte der erlaubten Menge stellt das KKV Unterweser. Parallel zur Reduzierung der Abwassermengen sind auch die mitgeführten Schadstofffrachten in den vergangenen Jahren zurückgegangen (siehe Kap.7). Der Vergleich der eingeleiteten Schadstofffrachten von 1989 bis 1993 in die Unterweser mit der jeweiligen Vorbelastungsfracht an der MeÙstelle Hemelingen ergibt fast für alle Schadstoffparameter ähnliche Eintragsquoten zwischen 1 bis 3 %. Zu berücksichtigen ist bei dieser Gegenüberstellung allerdings, daß zum einen bei dieser Betrachtung nicht für alle Einleiter MeÙdaten zur Verfügung standen und zum anderen bei einer Reihe von Parametern, die unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen, die Bestimmungsgrenze selber als Frachtberechnungsgrundlage auftritt.

In der folgenden Grafik (Abb.39) wird die Entwicklung der Einleiter-Frachten von CSB, BSB<sub>5</sub>, P ges., NH<sub>4</sub>-N sowie N ges. anorganisch für die letzten fünf Jahre in die Unterweser zwischen Bremen Hemelingen und Bremerhaven dargestellt. Am deutlichsten zurückgegangen sind dabei die Frachten für P ges. (Einzeldaten der Direkteinleiter für diese Parameter siehe Tabellenanhang).



**Abbildung 39: Übersicht über die von Kläranlagen und industriellen Einleitern von 1989 bis 1993 in die Unterweser (vom Hemelinger Wehr bis Bremerhaven) eingeleiteten Gesamtfrachten an CSB, BSB<sub>5</sub>, P ges. NH<sub>4</sub>-N und N ges. anorganisch.**

Vergleicht man die Einleitungsfrachten von 1993 für CSB, BSB<sub>5</sub> sowie die Nähstoffe Stickstoff und Phosphor mit der Fracht der Weser an der Meßstelle Hemelingen (Tab.26), so ist es vor allem die NH<sub>4</sub>-N Fracht der Kläranlage Seehausen, die mit 53 % deutlich ins Gewicht fällt (siehe auch Kap. 7.4.). Die Summe der NH<sub>4</sub>-N Einleitungsfrachten macht ca. 81 % der Weserfracht bei Hemelingen aus. Folgende Prozentanteile können für die anderen Einleitungsfrachten angegeben werden : CSB-Einleitungsfrachtsumme 1993 ca. 2,4 %, BSB<sub>7</sub> ca. 2,6 %, N ges. 4,2 %, P ges. bei 2,2 %. Schwer abzuschätzen sind die Frachtanteile an CSB, BSB<sub>5</sub>, N-ges. und P-ges., die aus der Lesum, der Hunte und der Geeste in die Unterweser geraten. Der Abfluß der Kläranlage Oldenburg in die Hunte wurde allerdings in die Aufsummierung der Einleitungen mitaufgenommen. Eine erste Hochrechnung über den Eintrag aus Sielen und Fleeten der Wesermarsch (Braker Sieltief vom STAWA Brake, siehe Kap. 6.8.) läßt nennenswerte Frachten über diesen Eintragspfad aus der Fläche des Marscheinzugsgebietes der Unterweser vermuten, die in ihrer Größenordnung an die Kläranlagenfrachten heranreichen. Es ist geplant, in den nächsten Jahren diesen diffusen Anteil genauer zu bestimmen.

<i>Weserfrachten in t/a</i>	1989	1990	1991	1992	1993	<i>Einleiterfrachten 1993 in t</i>
<b>CSB</b>	182.908	198.676	151.372	176.601	223.905	5.782
<b>BSB<sub>5/7</sub></b>	25.228	31.536	25.228	31.536	37.843	672
<b>NH<sub>4</sub>-N</b>	1.261	1.576	1.261	1.576	2.838	2.309
<b>NO<sub>3</sub>-N</b>	36.897	43.519	36.266	52.980	58.656	306
<b>P ges.</b>	2.838	2.838	1.892	2.207	2.522	59

Meßstelle Hemelingen 1993

**Tabelle 26: Frachten der Weser (in t) für CSB, BSB<sub>5</sub> sowie Nährstoffe NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N und P ges. an der Meßstelle Hemelingen 1989 bis 1993 (als Input in die Unterweser, Grundlage der Frachtberechnungen ist Abflußmenge am Pegel Inschede) im Vergleich zur Summe der Einleiterfrachten vom Hemelinger Wehr bis Bremerhaven in die Unterweser 1993.**

## 8.2. Schwermetalle und AOX

Aus den Darstellungen im Kapitel 7.5. wird deutlich, daß der Schwermetalleintrag in die Unterweser hauptsächlich vom Klöckner Stahl Betrieb und den Kläranlagen stammt. Bei den großen Wassermengen des Stahlwerkes bzw. der Kläranlage Seehausen zeigen geringste Konzentrations-Schwankungen der Einzelmessungen erhebliche Auswirkungen auf die Jahres-Gesamtfrachten. Eine Betrachtung des Verhältnisses Oberwasserfracht und Unterweser-Einleiterfracht ist für die Schwermetalle Cadmium, Chrom und Quecksilber nur überschlägig möglich, da sowohl Einleiterfrachten als auch Weserfrachten sich überwiegend aus Konzentrationsangaben kleiner der Bestimmungsgrenze ergeben (zum Problem der Bestimmungsgrenzen bei der Frachtberechnung siehe Kap.6.2.). Für Kupfer beträgt der Einleitungsanteil 1993 ca. 1,7 %, für Nickel 2,7 %, für Blei 1,8 % und Zink 1,9 %. Beim organischen Summenparameter AOX liegt der Anteil bei 1,2 %.

Einleiterfrachten ges. in kg/a	1989	1990	1991	1992	1993	Weserfracht in t/a	1993
Cd ges.	25	19	30	54	22	Cd ges.	< 6
Cr ges.	5.202	29.663	9.725	2.346	2.408	Cr ges.	< 63
Cu ges.	623	2.010	1.781	945	716	Cu ges.	41
Hg ges.	15	15	13	13	13	Hg ges.	< 6
Ni ges.	5.369	28.679	10.130	1.801	1.220	Ni ges.	44
Pb ges.	2.108	3.914	1.184	1.584	901	Pb ges.	51
Zn ges.	15.621	9.153	8.525	7.698	5.859	Zn ges.	309
AOX	4.970	8.025	6.152	4.636	3.768	AOX	315

**Tabelle 27: Summe der Einleitungsfrachten für Schwermetalle und AOX in die Unterweser 1989 bis 1993 (in kg). Zum Vergleich Weserfracht 1993 am Hemelinger Wehr (in t). Die Einzelfrachten der Einleiter sind im Tabellenanhang wiedergegeben. Zu den hohen Chrom- und Nickel-Frachten in 1990 siehe Kap. 7.5.2.**

Zu berücksichtigen ist bei dieser Betrachtung, daß ein großer Teil der Schwermetallverbindungen (wie auch andere organische Schadstoffe) an Partikel gebunden über das Hemelinger Wehr in die Unterweser eingetragen wird. Ein besonders schwebstoffhaltiger Spitzenabfluß nach schweren Regenfällen im Einzugsgebiet kann in wenigen Tagen eine erhebliche Fracht in die Unterweser eintragen, die in einer glättenden Statistik über Mittelwerte der 14-tägigen Mischprobe verloren geht.

Überschlägig wurden die Schwebstoffmengen, die vom Binnenland in das Mündungsgebiet der Weser eindringen, im Jahre 1989 auf 461.500 t/a bzw. 14,6 kg/s geschätzt, im Jahresmittel 1970-89 auf 534.400 t/a bzw. 17,1 kg/s. Baggerarbeiten zur Unterhaltung der zahlreichen Hafenanlagen bedeuten eine nicht unbeträchtliche Entnahme von Schwermetallen aus dem Flußsystem. Tabelle 28 gibt einen beispielhaften Überblick über die Baggergutmengen aus den stadtbremischen Häfen mit den hochgerechneten jährlich entnommenen Schwermetallfrachten, die zwischen 10 und 20 % der Jahresfracht aus dem Oberwasser ausmachen würden. Da aber Hafensedimente sich zum Teil über Jahrzehnte in der Unterweser umgelagert haben, verbietet sich eine direkte jährliche Input-Output Betrachtung der Baggergutmengen aus der Unterweser mit den über das Hemelinger Wehr eingetragenen Schwermetallfrachten.

Jahr	Baggermenge Sediment- Schutenmaß		SM- Gehalte in mg/k						Trockenmas- se in Feucht- masse in %	SM-Gehalte in in t/a						Summe t/a
	m3/a	m3/a	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Cr		Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Cr	
1988	770.000	385.000	65	703	59	116	10	86	40	12	130	11	21	2	16	192
1989	570.000	285.000	65	703	59	116	10	86	40	9	96	8	16	1	12	142
1990	560.000	280.000	71	850	50	145	7	86	30	7	86	5	15	1	9	122
1991	605.000	302.500	71	850	50	145	7	86	30	8	93	6	16	1	9	132
1992	525.000	262.500	52	560	43	88	5	77	40	7	71	5	11	1	10	104
1993	550.000	275.000	52	560	43	88	5	77	30	5	55	4	9	1	8	82

**Tabelle 28: Durchschnittliche Schwermetallkonzentrationen im Baggergut aus den stadtbremischen Hafenbecken sowie hochgerechnete Entnahmefrachten in den letzten 5 Jahren.**

### 8.3. Modellierung von BSB- und Nährstofffrachten an der oberen Grenze der Brackwasserzone

Mit Hilfe des eindimensionalen numerischen Gewässergüte- und Transportmodells FLUSS (Müller et al. 1992) wurden die BSB- und Nährstofffrachten durch den Querschnitt bei UW-km 40 (obere Grenze der Brackwasserzone in der Unterweser) unter Berücksichtigung der bis dorthin stattfindenden Prozesse des Abbaus, der Umwandlung und des Transports für jeweils 14-Tages-Perioden (entsprechend den Messungen der ARGE Weser) bestimmt (\*).

(\*) Abschnitt 8.3.: Kurzfassung des Artikels: Bestimmung von BSB- und Nährstofffrachten an der oberen Grenze der Brackwasserzone der Weser 1989 - 1993, von I. Grabemann, P. Loebel, A. Müller, GKSS Forschungszentrum Geesthacht GmbH, Geesthacht, 1993

Für die Simulation des Sauerstoff- und Nährstoffhaushaltes werden im Modell folgende Prozesse durch Parametrisierungen berücksichtigt: Belüftung durch die Wasseroberfläche, Assimilation des Phytoplanktons, Sauerstoffzehrung durch biochemische Prozesse am Gewässerboden, Sauerstoffzehrung durch biochemische Prozesse im Wasserkörper. Die Strömung wird unter Vorgabe des Oberwassers (14-tägiger Mittelwert) bei Hemelingen sowie den Wasserständen an den Pegeln Hemelingen, Große Weserbrücke, Oslebshausen, Vegesack, Farge, Elsfleth, Brake, Nordenham, Bremerhaven und Robbensüdsteert vom 18.5.1987 bis 3.6.1987 (17 Tage, so daß Schwankungen aufgrund des Spring-Nipp-Zyklus eingeschlossen sind) berechnet. Als Randbedingungen für den Sauerstoffkreislauf und die Nährstoffe gehen an der oberen (Hemelingen) und unteren (Bremerhaven) Grenze des Modells für jeden zu modellierenden Tag jeweils die entsprechenden 14-tägigen Werte der ARGE Weser (Mittelwerte oder Einzelwerte) ein.

Die sauerstoffproduzierenden und -zehrenden Prozesse sind in der Regel temperaturabhängig. Aus diesem Grund wird jeweils die Temperaturlängsverteilung unter Vorgabe der aktuellen täglichen Meteorologie (tägliche Mittelwerte der Meßstation Klöckner) und der Wärmeeinleitungen durch die Kraftwerke (jährliche Mittelwerte im MW für die Kraftwerke Hafen, Mittelsbüren und Farge sowie Klöckner; für das KKK Unterweser aus dem Erlaubnisbescheid) simuliert. Für jeden zu modellierenden Tag werden die BSB- und Nährstoffeinträge durch die Kläranlagen Seehausen, Delmenhorst, Osterholz, Farge, Brake, Nordenham, Bremerhaven (ZKA), die BWK und die Fettraffinerie Brake durch die Jahresmittelwerte (in g/s) berücksichtigt.

26 Perioden pro Jahr werden entsprechend den jeweiligen 26 14-Tages-Perioden der ARGE-Weser-Messungen simuliert. Die Frachten der einzelnen 14-Tages-Perioden pro Jahr bei UW-km 40 werden zur Jahresfracht aufsummiert (Tab.29) Die mit dem Modell ermittelten Frachten geben die richtige Größenordnung an, sind aber aus mehreren Gründen mit Fehlern, die nicht abzuschätzen sind, behaftet.

	Jahr	Oberwasserfracht (Hemelingen) in t/a	Summenfracht der Einleiter in t/a (Wehr bis km 40)	Fracht bei km 40 in t/a
<b>BSB5</b>	1989	25.245	782	18.598
	1990	30.761	749	23.627
	1991	25.837	1.853	19.358
	1992	31.083	693	24.301
	1993	38.777	506	29.512
<b>NH4-N</b>	1989	1.403	1.620	2.108
	1990	1.698	1.698	2.416
	1991	1.389	2.000	2.247
	1992	1.506	1.516	2.234
	1993	2.871	1.548	3.380
<b>NO3-N</b>	1989	36.689	557	37.943
	1990	43.564	620	44.914
	1991	35.422	463	37.234
	1992	52.709	456	54.109
	1993	58.743	234	60.083
<b>P ges.</b>	1989	2.972	95	3.125
	1990	3.204	55	3.333
	1991	1.911	56	2.067
	1992	2.071	50	2.178
	1993	2.476	41	2.584

**Tabelle 29: Frachten in t/Jahr aus der Unterweser ins Weserästuar nach der Modellrechnung der GKSS. Entgegen der Gepflogenheit dieses Berichtes wurden bei der Summe der Einleitungsfrachten entsprechend der Pariser Konvention (PARCOM) nur die Einleitungen bis UW-km 40 berücksichtigt.**

Anmerkung :

1. Die verschiedenen, zur Modellierung benutzten Datensätze weisen verschiedene große Lücken (teilweise über einen Monat) auf, die so gut wie möglich interpoliert wurden.
2. Da als Randbedingung die 14-Tages-Daten der ARGE Weser in das Model eingehen, bleiben in der Randbedingung sowohl Tagesgänge als auch bei Bremerhaven Tidegänge unberücksichtigt. Das Weserexperiment 1987 (Kühle et al. 1989) zeigte jedoch, daß Temperatur, BSB- und Nährstoffgehalte bei Bremerhaven deutliche Tidegänge aufweisen.
3. Die bei den sauerstoffproduzierenden und -zehrenden Prozessen im Modell benutzte Parametrisierung der Temperaturabhängigkeit über den weiten Temperaturbereich von über 20° C ist nicht ganz korrekt. Vergleiche zwischen gemessenen und modellierten Längsprofilen zeigten, daß die Nitrifikation im Modell etwas zu langsam abläuft (damit sind die  $\text{NH}_4^+$ -N-Frachten wahrscheinlich etwas zu groß, die  $\text{NO}_3^-$ -N-Frachten etwas zu klein).
4. Durch unterschiedliche Berechnungsgrundlagen unterscheiden sich die Frachtangaben am Hemelinger Wehr in der Tabelle 29 geringfügig von den Daten des Berichtes.

## 9. Liste der Ölunfälle auf der Weser

Eine weitere Belastung des Flußsystems Unterweser sind Öle (Kohlenwasserstoffe), die bei Unfällen bzw. Leckagen auf Schiffen und in Gewerbebetrieben in die Weser oder Hafenbecken gelangen. In der folgenden Übersicht sind die 1993 gemeldeten Vorfälle, bei denen Maßnahmen durchgeführt wurden, für Bremen und Bremerhaven getrennt dargestellt (aus Niedersachsen wurden 1993 keine Ölbekämpfungen an der Unterweser gemeldet).

Datum	Gewässer/Ort	Verunreinigung	Verursacher	Maßnahmen
<b>Bremen :</b>				
09.03.1993	Europahafen	Öl	M/S Safir	Ölbeseitigung
27.05.	Neustädter Hafen	Öl	M/S Independente	Ölbeseitigung
15.10.	Weserbahnhof	Dieselöl	M/S Jupiter	Ölbeseitigung
<b>Bremerhaven :</b>				
12.01.1993	Erzhafen	Sludge	M/S Bruma	Ölbeseitigung
14.01.	Nordhafen	Hyd.Öl	M/S St.Staryn.	Ölbeseitigung
25.01.	Nordhafen	Hyd.Öl	M/S Comp.Exp.	Ölbeseitigung
27.01.	F II	Bunker C	FM/S Dirk-Dirk	Ölbeseitigung
27.01.	Nordhafen	Sludge	M/S American-St.	Ölbeseitigung
04.02.	F II S/S	MDO	M/S Nordic Trad	Ölbeseitigung
22.04.	Verbind.	Bunker IFO	M/S Bolero Reefer	Ölbeseitigung
26.04.	Nordhafen	Hyd.Öl	M/S A.Condor	Ölbeseitigung
30.04.	Nordhafen	Hyd.Öl	M/S A.Falcon	Ölbeseitigung
02.05.	F II	Bilgenöl	M/S Delfini	Ölbeseitigung
22.05.	F II	Altöl	Fa. Melüh	Ölbeseitigung
26.05.	Lloyd	Bunker C	M/S Benavon	Ölbeseitigung
13.07.	F II/Halle X	Bunker IFO	FM/S Akurey	Ölbeseitigung
19.07.	F II	Hyd.Öl	Fa. Harms	Ölbeseitigung
06.08.	N.Schleuse	Bunker C	M/S Tristan	Ölbeseitigung
16.08.	Weser	Lupöl	S/S Albatros	Ölbeseitigung
20.08.	F I/Kutter	Gasöl	F/K Komoran	Ölbeseitigung
26.08.	Weser	Mot.Öl	Fa. Maquardt	Bergung
10.09.	F II/Westk.	Bilgenöl	unbekannt	Ölbeseitigung
20.09.	K II E	Hyd.Öl	M/S Fuji Ace	Ölbeseitigung
25.09.	Verbind.	Altöl	unbekannt	Ölbeseitigung
18.10.	Verbind.	Altöl	unbekannt	Ölbeseitigung
19.10.	K I	Altöl	unbekannt	Ölbeseitigung
27.10.	Nordhafen	Hyd.Öl	M/S Stechkin	Ölbeseitigung
09.11.	Nordhafen	Lupöl	M/S Nosac Shan	Ölbeseitigung
26.11.	F II/Rick.	Altöl	unbekannt	Ölbeseitigung

**Tabelle 30: 1993 gemeldete und beseitigte Ölunfälle auf der Unterweser und den Hafenanlagen. Nicht aufgeführt wurden solche Ölunfälle, bei denen eine Ölbekämpfung nicht möglich war.**



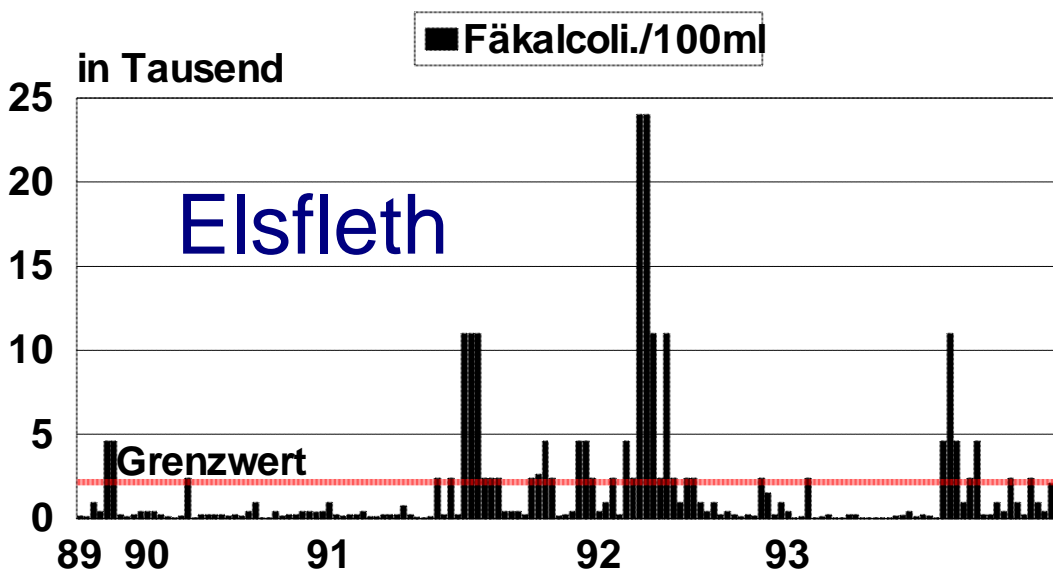
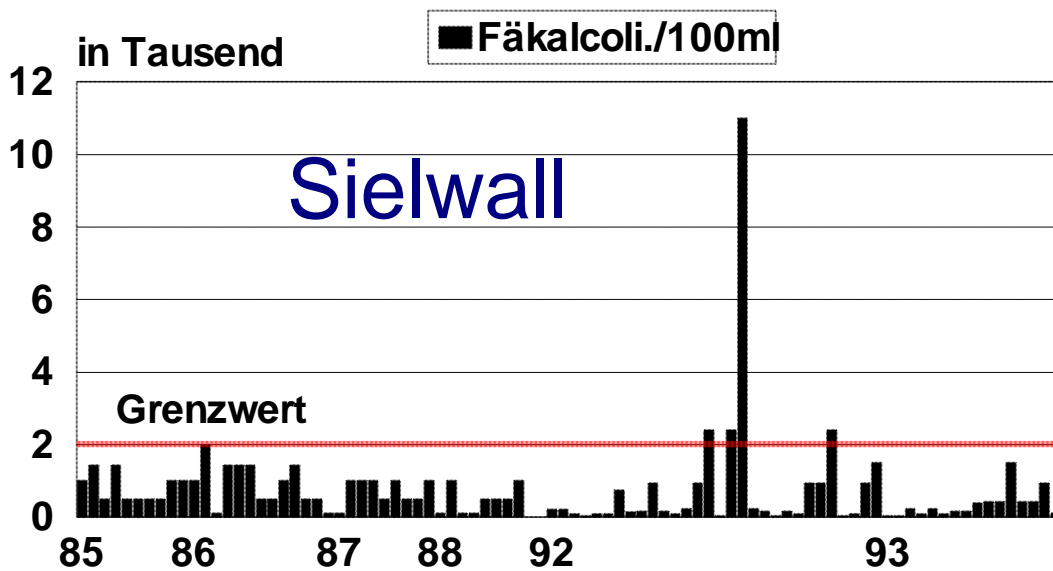
**Photo 4: Schiffahrt auf der Weser.**



## 10. Die Weser als Badegewässer

Aus den kommunalen und industriellen Kläranlagen geraten auch "Kleinstlebewesen" in den Fluß. Dies sind neben den klassischen Abwasserbakterien, Pilzen und Algen auch Viren und Krankheitskeime. Eine Abschätzung dieses Eintrages ist auf Grund der mannigfaltigen Artenvielfalt sowie schwieriger Nachweis- und Bestimmungsmethoden kaum möglich. Eine Folge dieses Eintrages ist die erhöhte Keimzahl im Flußwasser, welche nach der EG-Badegewässer-Richtlinie bestimmte Grenzwerte an Badestellen nicht überschreiten darf.

Sowohl im Lande Bremen als auch in Niedersachsen werden regelmäßig während der Badesaison Messungen durchgeführt (z.B. am Sielwall in Bremen, auf der Julius Plate und am Harrier Sand in Niedersachsen). Bei den Darstellungen der Abbildung 40 wird ersichtlich, daß die Grenzwerte 1992 und 1993 an einigen Meßtagen wesentlich überschritten wurden. Als Folge untersagte die Wasserbehörde in Bremen zeitweise den Badebetrieb unterhalb Seehausen.



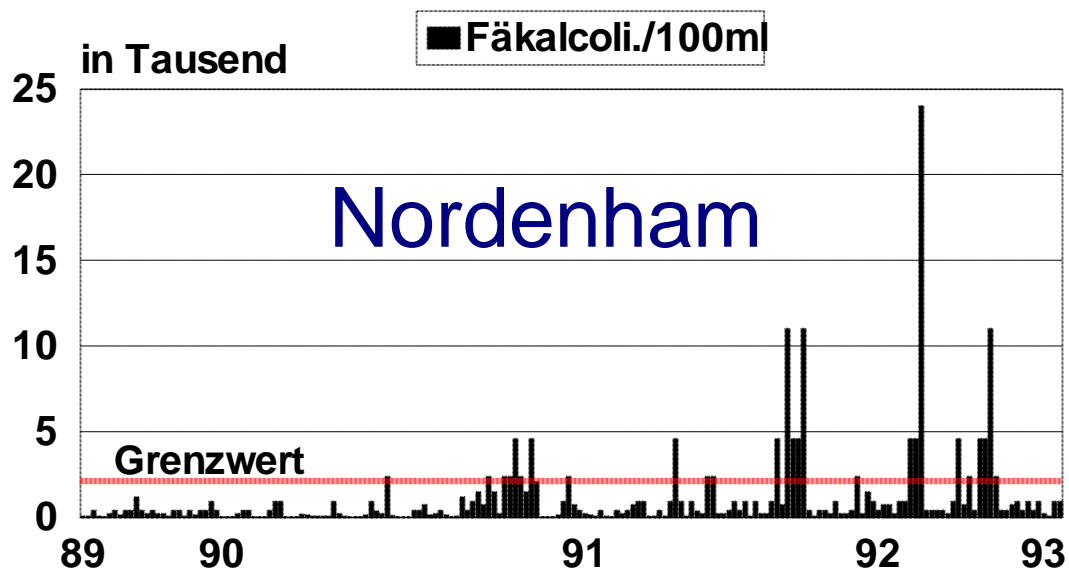


Abbildung 40: Belastung von Badestellen an der Unterweser mit Fäkalcoli-Keimen 1993, Grenzwert nach EG-Baderichtlinien als durchgezogene Linie.

Zur Reduzierung der Keimbelastung der Unterweser sind für die bremischen Kläranlagen verschiedene Maßnahmen in der Diskussion, die über eine bessere Sedimentation in der Nachklärung bzw. eine Filtration die Abwasserfracht an Keimen verringern.



Photo 5: Badestelle an der Unterweser

## 11. Rahmenkonzept zur Renaturierung der Unterweser und ihrer Marsch

Neben der Schadstoffbelastung wirkt sich auch die Nutzung als Schifffahrtsstraße und der damit verbundene Ausbau des Flußbettes und der Ufer auf die Flußlebewelt aus. Als Abschluß des diesjährigen Unterweserberichtes steht deshalb ein Beitrag aus dem Forschungsbereich Aquatische Ökologie der Bremer Universität (Fachbereich Biologie) zu Renaturierungsmaßnahmen entlang der Unterweser (\*).

### 11.1. Einleitung

Neben der Verbesserung der Gewässergüte der Unterweser und ihrer Nebengewässer durch Verringerung von Einleitungen ist es unabdingbar, die Unterweser - einen der am stärksten ausgebauten Tideflüsse der Welt - zu renaturieren (6,7,12). Im Projekt "Rahmenkonzept zur Renaturierung der Unterweser und ihrer Marsch" wird ein solches Gesamtkonzept zur Renaturierung des Naturraums Unterweser und Aue erarbeitet. Auftraggeber ist der Landkreis Wesermarsch, finanziert wird es durch die Gemeinsame Landesplanung Bremen/Niedersachsen. Bearbeiter sind die unten auf der Seite genannten AutorInnen. Ziele des Projektes sind die weitestgehende Wiederherstellung der ökologischen Einheit von Fluß und Aue, die Wiederherstellung der naturraumtypischen Biotope, Lebensräume und Prozesse, die Entwicklung von überlebensfähigen kulturlandschafts- und naturraumtypischen Biozönosen, der Entwurf eines Entwicklungskonzeptes für den Naturraum und die Erarbeitung eines Konzeptes für die Landwirtschaft (Bewirtschaftung, Betriebsstrukturen, Vermarktung, Umsetzung) (9,11).

Das Fachgutachten "Rahmenkonzept zur Renaturierung der Unterweser und ihrer Marsch" beinhaltet zwei Teile. Im ersten Teil (2) werden das Leitbild definiert, ein Verzeichnis über die Unterlagen, die den Ist-Zustand beschreiben und eine Liste der vorliegenden Gutachten und Kartierungen erstellt, Bewertungskriterien definiert (Vorkommen von naturraumtypischen leitbildorientierten Biotoptypen, Bedeutung als Lebensraum für die Fauna, Bedeutung des Grabensystems als Lebensraum, Auftreten von auetypischen, dynamischen Prozessen) und eine umfangreiche Bewertung des Ist-Zustandes durchgeführt. Auf der Grundlage der Bewertung werden Entwicklungsziele für Vorland und Binnenland formuliert. Der Schwerpunkt des zweiten Teils (3) liegt auf der Konkretisierung der Entwicklungsziele (weitergehende Charakterisierung, Definition der biotoptypischen Biozönosen, Potentialanalyse) einschließlich der Beschreibung von Maßnahmen und der Integration der Landwirtschaft sowie auf der Erarbeitung eines flächendeckenden Entwicklungskonzeptes für den Naturraum (Regionalisierung der Entwicklungsziele).

### 11.2. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfaßt die Unterweser von Bremen bis Bremerhaven sowie die ehemalige Aue (die Marsch). Im Osten reicht es bis an den Geestrand; im Westen bis zu den Moormarschen (hier konnte aus pragmatischen Gründen nicht die vollständige Aue der Unterweser bearbeitet werden; im Westen liegen die Moore nicht mehr im Untersuchungsgebiet). Hier liegen die ursprünglichen Überschwemmungsgebiete der Unterweser, die auch heute noch ohne die Deiche zum Teil regelmäßig überschwemmt werden würden.

### 11.3. Leitbild

Das Leitbild wurde formuliert unter Einbeziehung der natürlichen Prozesse und Biotoptypen sowie der kulturlandschaftstypischen Lebensräume der Flußlandschaft Unterweser und Marsch. Bestimmte

---

(\*) Autoren des Kapitels 11 sind: M.Schirmer, P.Neumann und B.Claus, Universität Bremen, FB 2 (Biologie), AG Aquatische Ökologie. Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Ende dieses Kapitels.

Randbedingungen (so zum Beispiel Schiffbarkeit der Unterweser, Sturmflut- und Hochwasserschutz, Bestand kommunaler und industrieller Siedlungsstrukturen, Prägung der Wesermarsch durch die Landwirtschaft) werden darin akzeptiert.

### **Leitbild (Ausschnitt)**

*Entlang der Unterweser liegen umfangreiche, unbesiedelte Vorländereien, in denen ungestört dynamische Vorgänge eines natürlichen Flusses ablaufen können (Aufbau, Abbau, Zerstörung, Verlandung, Sedimentation, Erosion, Überschwemmungen u.a.). Ausdruck dieser Dynamik ist eine Biotop- und Artenvielfalt, die dem Unterweserraum das Bild einer strukturreichen, mosaikartigen und veränderlichen Landschaft gibt. Zahlreiche große und kleine Seitengewässer prägen das Bild. In weiten Bereichen sieht die Biotopabfolge wie folgt aus:*

- Hauptstrom -- Flachwasserzonen -- Watt -- Röhricht -- Sand- und Kiesbänke, Trockenrasen -- Weidengebüsch -- Weichholzaue -- Hartholzaue -- Stillgewässer -- Seitengewässer (Flachwasserzonen, Watt, Röhricht, Sand- und Kiesbänke, Trockenrasen)

#### **DEICH**

- Feuchtgrünland -- Grabensysteme mit extensiver Unterhaltung -- Stillgewässer -- Niedermoore / Bruchwald -- Hochmoore

*In den Bereichen außerhalb der Fahrrinne, eher in den Seitengewässern und -bereichen, kommt es zur Bildung und Umlagerung von Sand- (und Kiesbänken). Standorte für Pioniergesellschaften (u.a. Trockenrasen) entstehen durch die natürliche Flußdynamik. Im Hauptstrom und vor allem in den Seitengewässern kommen Bereiche vor, die auch bei Tideniedrigwasser Wasser führen, somit als Rückzugsräume für die Fauna fungieren und in denen sich in einigen Unterweserabschnitten (abhängig vom Tidehub) eine submerse Wasserpflanzenvegetation entwickelt. Flachwasserzonen mit Bereichen unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten, vor allem strömungsberuhigte Zonen, säumen die Ufer. Bei Tideniedrigwasser fallen in den hierfür naturraumtypischen Unterweserabschnitten umfangreiche Flußwatten trocken. Am Ufer bieten großflächige, zusammenhängende Röhrichtbestände auch empfindlichen und störanfälligen typischen Röhrichtbewohnern ausreichend Lebensraum und Schutz. Angrenzend und zum Teil verzahnt mit dem Röhricht bilden Weidengebüsche den Übergang zur Weichholzaue, die sich im Vorland auf geeigneten Flächen ungestört zum undurchdringlichen Urwald entwickelt. Auf den seltener überschwemmten Bereichen wächst die Hartholzaue.*

*Extensiv unterhaltene Grabensysteme be- und entwässern in den landwirtschaftlich genutzten Teilräumen und stellen gleichzeitig Ersatzlebensräume für verlorengegangene aquatische Strukturen der ehemals amphibischen Landschaft dar. Eine Reihe von Stillgewässern mit ausgeprägten Flachwasserzonen, Verlandungszonen, unterschiedlicher Größe und Tiefe, umgeben von umfangreichen Röhrichtbeständen bieten der naturraumtypischen Fauna, z.B. Amphibien, Libellen und Vögeln Lebensraum. Die Mischung aus natur- und kulturlandschaftstypischen Biotoptypen führt dazu, daß die Leit- und Charakterarten der Fauna beider Landschaftszustände in überlebensfähigen Populationen erhalten bleiben und falls sie heute nicht mehr vorkommen, sich wieder ansiedeln können.*

### **11.4. Entwicklungsziele**

Aus der Bewertung des Ist-Zustandes und den sich daraus ergebenden Defiziten im Vergleich zum Leitbild lassen sich Entwicklungsziele ableiten, die für die Renaturierung der Unterweser und ihrer Marsch umzusetzen sind (2). Es ergeben sich unterschiedliche Entwicklungsziele für das Vorland und das Binnenland: im Vorland ist eine "Naturlandschaft" zu entwickeln, im Binnenland (mit Ausnahme

der Moore) sind die kulturlandschaftstypischen Biotope als artenreiche Lebensräume für Flora und Fauna zu entwickeln (Feuchtgrünland, artenreiche Grabensysteme). Im folgenden werden Entwicklungsziele und Maßnahmen vorgestellt, die insbesondere die aquatischen Lebensräume des Unterweserraumes (Unterweser, Fleete, Grabensysteme) betreffen.

#### 11.4.1. Entwicklungsziele und Maßnahmen für das Vorland

##### Wiederherstellung der natürlichen Dynamik einer Flußlandschaft

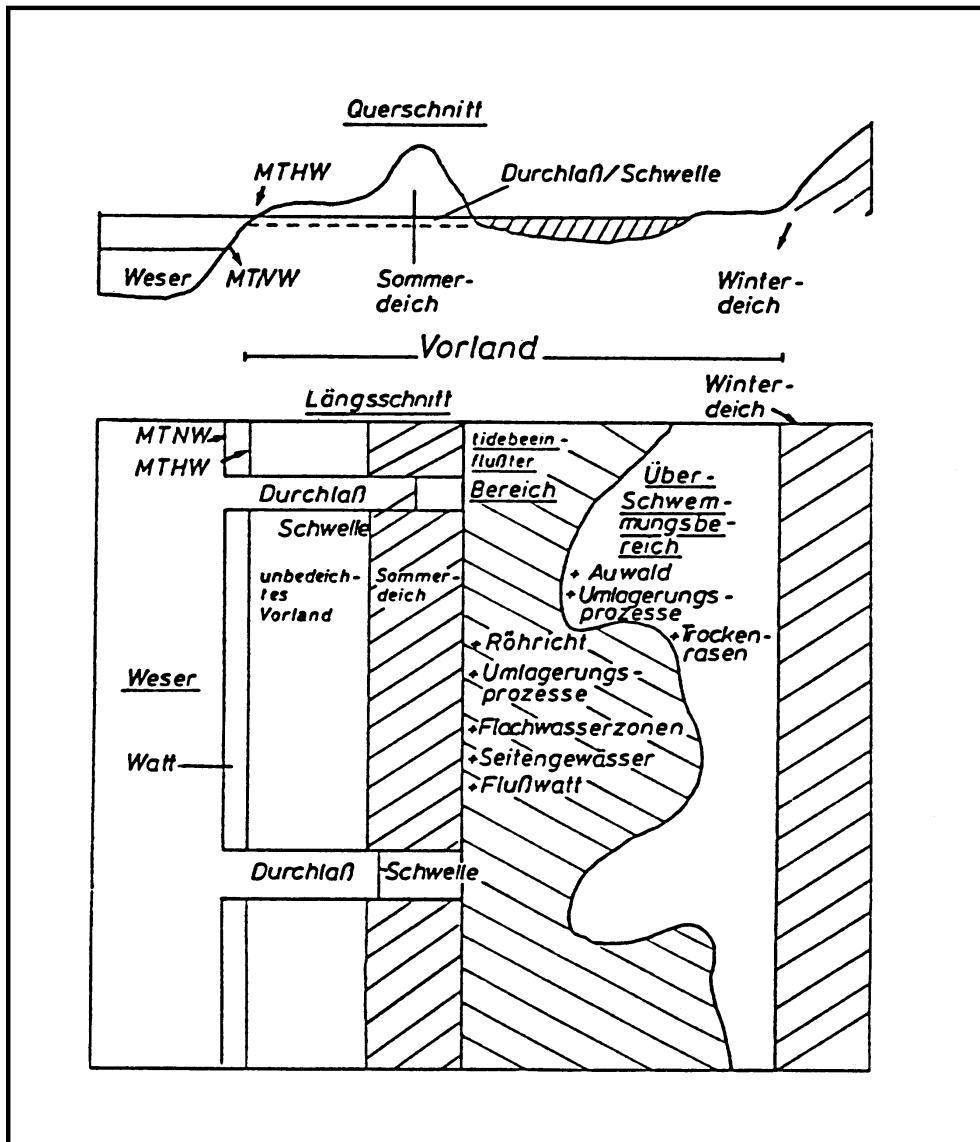
Durch den Ausbau der Unterweser zur Schifffahrtsstraße wurden die Morphologie des Flusses und folglich die hydrologischen Verhältnisse extrem verändert, mit dem Ergebnis, daß heute das Potential für natürliche flußdynamische Prozesse stark eingeschränkt ist (2). Zusammenfassend wurde bei der Bewertung des Ist-Zustandes festgestellt, daß dieses Potential im Bereich der Weserinseln Warfler Sand, Harrier Sand und Strohauser Plate sowie in Bereichen der Luneplate noch am größten ist. In Bremen treten dagegen kaum noch dynamische Prozesse auf. *Entwicklungsziele* sind:

- Gebiete, in denen Erosion möglich oder zulässig ist
- Gebiete, in denen Sedimentation stattfinden kann
- Entstehung und Verlagerung von Sandbänken und/oder von Kiesbänken
- Vergrößerung der Anzahl an Flußinseln
- Entstehung von Dünen und ähnlichen Strukturen (Sandverwehungen u.ä.)
- Entstehung von Prielstrukturen
- Wiederherstellung der "natürlichen" Überschwemmungshäufigkeiten (keine Sommerdeiche)
- Schaffung von Verlandungsbereichen in Seitengewässern
- Entstehung von Pionierstandorten auf natürliche Weise
- Vorkommen verschiedener Sukzessionsstadien der naturraumtypischen Pflanzengesellschaften (vom Trockenrasen bis zum Auwald)

Die Wiederherstellung natürlicher flußdynamischer Prozesse ist ein wichtiger Faktor für die Entstehung und Verbesserung der leitbildorientierten, naturraumtypischen Biotoptypen und Lebensräume. Das Vorhandensein dieser Strukturen ist die Voraussetzung für die Entwicklung und Sicherung stabiler Populationen der Leit- und Charakterarten der Natur- und Kulturlandschaft sowie für die Neuan-siedlung/Wiedereinbürgerung bereits verschollener Arten. Unter Berücksichtigung der Randbedingungen (Erhalt der Schifffbarkeit) sind vorläufig Maßnahmen zur Wiederherstellung der dynamischen Prozesse im Bereich der Fahrrinne nicht möglich, ohne den Ausbauzustand zu reduzieren. Aber außerhalb der Fahrrinne verfügt die Unterweser noch über zum Teil umfangreiche Seitenbereiche, in denen durch gezielte Maßnahmen ein hohes morphodynamisches Potential auch unter den heutigen Verhältnissen wieder freigesetzt werden kann: Durch Schleifen der Sommerdeiche, deren Öffnung oder Rücknahme läßt sich die natürliche Überschwemmungsdynamik wiederherstellen.

Ziel ist es, daß innerhalb eines vom Hauptstrom weitgehend abgetrennten Bereichs Umlagerungen stattfinden können, ohne daß es zu einem erheblichen Materialeintrag in die Fahrrinne kommt. Durch gezielte Öffnung der Sommerdeiche sowie den Einbau von Schwellen, Freilegung ehemaliger Seitengewässer bzw. Neuanlage von Seitengewässern entstehen hier Bereiche mit unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten, die zwar dominiert werden vom Tidegeschehen, aber von der ausgebauten und unterhaltenen Fahrrinne weitgehend unabhängig sind. Durch wiederholte Hochwässer und Sturmfluten kann es hier, da die Ufer unverbaut sind und auf den ehemaligen Sanden und Platen mobilisierbares Material vorhanden ist, zu größeren Umlagerungen kommen.

Innerhalb der letzten 100 Jahre hat sich das mittlere Tidenhochwasser (MThw) in der Unterweser so erhöht, daß ohne die Sommerdeiche große Flächen tiderhythmisch überschwemmt würden, die früher nur bei Hochwasserereignissen überflutet wurden. Genau diese Bereiche, innerhalb der Sommerdeiche, die heute unter der MThw-Linie liegen, besitzen ein hohes Potential für die Wiederherstellung von Umlagerungsprozessen. Durch die Öffnung von Sommerdeichen im Bereich solcher Flächen werden das Eulitoral und der amphibische Bereich erheblich vergrößert. Je nach Geländehöhe, Relief und Tidehub würde dies zu einer Vergrößerung der Röhrichtbestände führen, zur Ausbildung von Wattflächen oder sogar zur Entstehung von Flachwasserzonen (vgl. Abb. 41).



**Abb. 41: Entwicklungspotential des Vorlandes nach Öffnung der Sommerdeiche (schematisch!).**

Die durchschnittliche Geländehöhe dieser Flächen liegt ca. 0 - 0,6 m unter der MThw-Linie, nur vereinzelt tiefer. Auf diesen Flächen würden sich vermutlich Röhrichtbestände entwickeln. Umlagerungsprozesse und die Entstehung von Pionierstandorten werden ohne gezielte Maßnahmen nur in sehr eingeschränktem Ausmaß stattfinden. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, in einigen Bereichen die Geländehöhe zu erniedrigen bis hin zur Rohtrassierung von Prielstrukturen und Seitengewässern. Bereits bestehende Strukturen fördern die Dynamik, weil an ihnen zuerst Sedimentations- und Erosionsprozesse wirksam werden. Da Umlagerungsprozesse bei normalen Abflüssen haupt-

sächlich im Eulitoral sowie im Übergangsbereich zwischen aquatischer und amphibischer Zone stattfinden, werden Maßnahmen zur Förderung dieser Prozesse mit der Wiederherstellung von Flachwasserzonen und Wattflächen verbunden (Abb.41). Auf den höher gelegenen Flächen (Auwaldstandorte) können nach Sturmfluten durch die Ablagerung von Sand Sandbänke entstehen, ebenso durch die Zerstörung der Vegetationsdecke auf Sandstandorten. Um die "Renaturierungsbereiche" soweit wie möglich vom Hauptstrom zu trennen, sollten die Sommerdeiche auf den Rückseiten der Inseln, d.h. vom Seitengewässer aus, geöffnet werden. Das Potential zur Wiederherstellung von Umlagerungsprozessen ist aufgrund der umfangreichen sommerbedeichten Flächen unterhalb der MThw-Linie auf dem Harrier- und Hammelwarder-Sand am höchsten, im Bereich der Westergate als hoch und für die Strohauser Plate als mittel einzustufen.

### Entwicklung der leitbildorientierten Biotoptypen und Lebensräume im Vorland

- Dies beinhaltet:
- Flachwasserzonen mit unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten, vor allem mit strömungsberuhigten Zonen
  - Entwicklung von Wattflächen
  - Verbesserung der "Qualität" der Seitengewässer
  - Neuanlage von Seitengewässern
  - Entwicklung von umfangreichen, zusammenhängenden Röhrichtbeständen
  - Entwicklung von Trockenrasen auf Primärstandorten
  - Entwicklung von Weichholzauwäldern
  - Entwicklung von Hartholzauwäldern
  - Verbesserung der "Qualität" der Stillgewässer

Beispielhaft werden hier die Flachwasserzonen als Gewässerlebensräume beschrieben.

### Wiederherstellung von Flachwasserzonen

Im gesamten Untersuchungsgebiet wird dieser Biotoptyp als "sehr stark entwicklungsbedürftig" eingestuft. Seit 1887 wurden 78 % der ehemaligen Flachwasserbereiche zerstört (Tab.31). Es ist davon auszugehen, daß zudem die ursprünglichen Funktionen eines Großteils der heute noch existierenden Flachwasserzonen durch die Zunahme des Tidehubs und die weiteren Folgen des Ausbaus nur noch sehr eingeschränkt vorhanden sind (2). Insbesondere die Schaffung von Flachwasserzonen mit einem milden Strömungsklima ist für die Wiederansiedlung und Entwicklung der wesertypischen Fauna und Flora äußerst wichtig.

Flachwasserzonen	1887	1988	Veränderung
insgesamt	2412 ha	523 ha	-78 %
limnischer Bereich	1722 ha	266 ha	-85 %
brackiger Bereich	690 ha	257 ha	-63 %

Tab. 31: Bilanzierung der Flachwasserzonen zwischen 1887 und 1988 an der Unterweser (2,4).

### Entwicklungsziele sind:

- Im limnischen Bereich Flachwasserzonen mit submersen Wasserpflanzen zu entwickeln (im brackigen Bereich war auch vor den Ausbaumaßnahmen der Tidehub für eine Besiedlung der Unterweser mit Wasserpflanzen zu groß), und damit die
- Voraussetzungen für die Ansiedlung von phytophilien Makrovertebraten (an Pflanzen gebundene Wirbellose) zu schaffen, die

- Lebensbedingungen für das Makrozoobenthon zu verbessern (strömungsberuhigte Sedimentationszonen), und die
- Nahrungs-, Laich-, Abwachs- und Ruhebedingungen für die Fischfauna (Ichthyofauna) zu optimieren, insbesondere eine Verbesserung der Lebensbedingungen für die phytophile Fischfauna zu erreichen.

Die ARGE ELBE (1) schlägt den Bau von "Schlenzen" (flußnahe Buchten, Aufweitungen mit ständiger Wasserführung) als Flachwasserzonen mit Tiefwasserbereich vor. Diese Maßnahme bietet sich auch für die Unterweser an. An der Pastorengate (Klößner-Gelände) ist eine ähnliche Maßnahme bereits durchgeführt worden, an der Lesum sowie direkt an der Unterweser für Vor- und Hinterwerder in Planung. Bei der Anlage von Schlenzen müssen strömungstechnische Überlegungen in die Planung mit einfließen, mit dem Ziel, die Sedimentation in diesen Bereichen soweit wie möglich zu begrenzen. Als weitere Maßnahme für die Erweiterung der Flachwasserzonen an der Unterweser bietet sich die Anbindung von Pütten im Vorland an den Hauptstrom an (Anschluß über ein Fleet oder einen Graben mit ausreichendem Querschnitt, Ausgrabung einer Verbindungsstrecke). Damit die neu angeschlossenen Pütten bei Tideniedrigwasser nicht leerlaufen und um den Tidehub in diesen Bereichen zu begrenzen, sollen Schwellen (Barren, Untiefen) eingebaut werden, die einen Mindestwasserstand halten. Mit dieser Maßnahme zur Wiederherstellung von Flachwasserzonen an der Unterweser wird zugleich der Umfang an Seitengewässern erhöht. Die neuangeschlossenen Pütten und die Verbindungsgewässer haben den Charakter und die Funktion von Altarmen und Seitengewässern.

Neben der künstlichen Anlage von Flachwasserzonen durch den Bau von Schlenzen, den Anschluß von Pütten im Vorland, den Einbau von Schwellen in bestehende Seitengewässer sowie die Entwicklung bestehender Fleete zu funktionsfähigen Seitengewässern haben die sommerbedeichten Flächen, die unterhalb der MThw-Linie liegen, ein Potential für die Entwicklung von Flachwasserzonen (vgl. Abb.41). Durch die Öffnung der Sommerdeiche werden die heute terrestrischen Biotope in einen amphibischen Lebensraum (Watt, Röhricht) umgewandelt. Durch den Einbau von wasserhaltenden Schwellen in die Sommerdeichöffnungen (Siele) entstehen je nach Tidehub neben den amphibischen auch aquatische Strukturen. Allerdings ist die Wassertiefe dieser Flachwasserzonen sehr gering, weil die durchschnittliche Geländehöhe in diesen Bereichen bei 0 - 0,6 m unter der MThw-Linie liegt. Aus diesem Grund sollten in einigen Bereichen zusätzlich Abgrabungen vorgenommen werden.

Wichtig bei der Umsetzung von Maßnahmen im Vorland ist eine Koordinierung mit Maßnahmen im Binnenland, da eine Herausnahme aus der Nutzung von Feuchtgrünlandbereichen im Vorland i.d.R. deren Wert als Wiesenvogellebensräume langfristig zerstört und daher kompensatorisch mit der Entwicklung von Feuchtgrünland im Binnenland gekoppelt werden muß (3).

#### **11.4.2. Entwicklungsziel Verknüpfung Unterweser und Marsch**

##### **Das Entwicklungsziel lautet:**

Die großen Gräben, Fleete und Sieltiefs sollen mit der Unterweser so verbunden sein, daß die Fauna des Weserstromes, insbesondere die Fischfauna, diese Gewässer als Laich-, Abwachs-, Nahrungs- und Überwinterungsbiotope nutzen kann und die Unterweser auf diese Weise mit Fischbrut aus den Fleeten in einem mengenmäßig bedeutsamen Umfang beimpft wird. Die kleinen vegetationsreichen Marschengräben sollen so entwickelt werden, daß sie die Funktion der ursprünglich im Bereich der Flußaue zahlreich vorkommenden kleinen, nur gelegentlich mit dem Fluß unmittelbar in Beziehung stehenden Stillgewässern haben.

##### **Maßnahmen sind:**



- Verbesserung der Verbindung der Unterweser mit den binnendeichs liegenden Sieltiefs und Grabensystemen durch Verlängerung der Sielzugzeiten, Wiederausdehnung der Zuwässerung mit Weserwasser z.B. in den Einzugsgebieten Luniesel und Dreptesiel, Verbesserung der Handhabung und der Art der Zuwässerung.

- Verbesserung der Morphologie der Fleete und Grabensysteme: Die Fleete sollten die Funktion von Seitengewässern übernehmen. Notwendig sind die Reduzierung der starken Wasserstandsschwankungen und die Verbesserung der Morphologie (z.B. durch künstlich angelegte Flachwasserzonen mit Tiefenwasserbereichen seitlich der Fleete und großen Gräben).

- Verbesserung der Gewässergüte: Verringerung der Einträge aus der Landwirtschaft durch eine natur- und umweltverträgliche (extensive) Landwirtschaft; Anlage von Gewässerschutzstreifen.

- Neben der Herausnahme der Nutzung aus dem Vorland und der Öffnung der Sommerdeiche ist eine Rückverlegung der Winterdeiche die weitestgehende und konsequenteste Maßnahme für die Wiederverknüpfung von Fluß und Aue. An der Unterweser haben Rückdeichungen jedoch nicht die allererste Priorität: Die Unterweser verfügt in vielen Bereichen außerhalb von Bremen noch über umfangreiche Vorländer (4.786 ha). Bevor Deiche zurückverlegt werden, ist es notwendig und sinnvoll, die vorhandenen Vorländer aus der Nutzung zu nehmen und dort die autotypischen Funktionen zu entwickeln. Es bleibt jedoch festzuhalten, daß jede Deichrückverlegung im Sinne dieses Projektes und aus ökologischer Sicht zu begrüßen ist. Hier bieten sich an der Unterweser vorrangig die Lüneplate, die Rekumer Marsch und die Wildnis am Bunker Valentin an.

### 11.4.3. Entwicklung artenreicher Gräben und Grabensysteme im Binnenland

#### Das Entwicklungsziel lautet:

Die Grabensysteme als bestehende aquatische Lebensräume sollen als Ersatzlebensräume für die verlorengegangenen aquatischen Strukturen der ursprünglichen amphibischen Auelandschaft entwickelt bzw. erhalten werden. Ziel ist der Erhalt bzw. die Entwicklung von Grabensystemen mit unterschiedlichen Sukzessionsstadien und naturnaher Morphologie als Bestandteile der Kulturlandschaft und Lebensraum für Flora und Fauna. Als Beispiel sei hier die typische Fischfauna der Fleete und Gräben genannt (Tab.32).

Art	Fleete	kleine Gräben
Schlammpeitzger ( <i>Misgurnus fossilis</i> )	2	3
Neunst.Stichling ( <i>Pungitius pungitius</i> )	2	3
Dreist.Stichling ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> )	3	2
Hecht ( <i>Esox lucius</i> )	3	2
Schleie ( <i>Tinca tinca</i> )	3	2
Steinbeißer ( <i>Cobitis taenia</i> )	2	2
Karassche ( <i>Carassius carassius</i> )	2	2
Bitterling ( <i>Rhodeus sericeus amarus</i> )	(2)	(2)
Güster ( <i>Blicca bjoerkna</i> )	3	1
Plötze ( <i>Rutilus rutilus</i> )	3	1
Rotfeder ( <i>Scardinius reythrophthalmus</i> )	2	1
Aal ( <i>Anguilla anguilla</i> )	3	1
Barsch ( <i>Perca fluviatilis</i> )	3	1
Moderlieschen ( <i>Leucaspis delineatus</i> )	3	-
Brasse ( <i>Abramis brama</i> )	3	-
Zander ( <i>Stizostedion lucioperca</i> )	3	-
Karpfen ( <i>Cyprinus carpio</i> )	3	-
Aland ( <i>Leuciscus idus</i> )	2	-
Gründling ( <i>Gobio gobio</i> )	2	-
Ukelei ( <i>Alburnus alburnus</i> )	2	-
Kaulbarsch ( <i>Gymnocephalus cernua</i> )	2	-
Zope ( <i>Abramis ballerus</i> )	(2)	-

**Tabbelle 32: Typische Fischfauna der Fleete und Gräben (3,5).**

**Legende:** 3 = **hauptsächliches Vorkommensgebiet**;  
 2 = **Teillebensraum**;  
 1 = **selten oder nur sporadisch**;  
 ( ) = **nur als potientiell oder historisches Vorkommen angegeben.**

**Maßnahmen sind:**

- eine natur- und umweltverträgliche Unterhaltung der Gräben: Zeitpunkt (Beachtung der Laich-, Brut- und Schonzeiten der Fauna; günstigster Zeitpunkt ist der Oktober); Räumintervalle; Art der Räumung; Auswahl der Maschinen unter ökologischen Gesichtspunkten.

- Verbesserung der Morphologie der Gräben: Anlage von Tiefwasserbereichen; Entfernung von unnatürlichem Ufer- und Sohlverbau (Ufersicherung z.B durch Röhrichte/Randstreifen); Anlage von Buchten, Aufweitungen, Abflachen der Ufer; Verbreiterung der Gräben (dadurch Verlängerung der Räumintervalle); Durchgängigkeit der Fleete und größeren Gräben in wesernahen Gewässern sollte in den Wanderzeiten der Fische (Frühjahr und Spätsommer) gewährleistet sein, d.h. die Einhaltung von Mindestwasserständen, die Zulassung von Überschwemmungen, die Verbesserung der Gewässergüte (wie bereits oben angesprochen) und die konsequente, flächendeckende Erstellung ökologisch abgestimmter Pflege- und Bewirtschaftungspläne.

Diese Auszüge aus dem Entwicklungskonzept für die Unterweser und ihre Marsch zeigen, wie groß der Bedarf an Schutz und Renaturierung ist, wie groß aber auch noch immer das Potential ist, welches "geweckt" und genutzt werden kann. Voraussetzung ist allerdings, daß die im Rahmenkonzept hergeleiteten Entwicklungsziele als verbindliche Leitlinien festgeschrieben und realisiert werden, sowohl stückweise mittels Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, als auch in Form einer eigenständigen Aufgabe der Landespflege.

**11.5. Literatur**

- (1) ARGE ELBE (1991): Gewässerökologische Studie der Elbe. - Wassergütestelle Elbe, Hamburg.
- (2) Claus, B., Neumann, P. & Schirmer, M. (1994a): Rahmenkonzept zur Renaturierung der Unterweser und ihrer Marsch. Teil 1: Dokumente, Leitbild, Bewertungskriterien, regionalisierte Bewertung. - Veröffentlichungen der Gemeinsamen Landesplanung Bremen/Niedersachsen Nr. 1-94: 369 S.
- (3) Claus, B., Neumann, P. & Schirmer, M. (1994b): Rahmenkonzept zur Renaturierung der Unterweser und ihrer Marsch. Teil 2: Entwicklungsziele, Entwicklungskonzept, Maßnahmen, Landwirtschaft. - (i.Dr.).
- (4) PGG (Planungsgruppe Grün)\* & Ag Aquatische Ökologie - Universität Bremen\*\* (1993): (Dr. B. Schuchardt\*; Dipl. Biol. B. Claus\*\*; Dr. M. Schirmer\*\*): Der ökologische Zustand der Unterweser: Entwicklung und Anwendung eines Bewertungssystems; im Auftrag des SUS Bremen.
- (5) Scheffel, J. (1994): Situation der Fischbestände im Unterweserraum unter besonderer Berücksichtigung der Grabensysteme in der Marsch. In: CLAUS et al. (1994b): ebd.
- (6) Schirmer, M., Busch, D., Haesloop, U., Jathe, B., Scheffel, H.-J., Schröder, K. & Schuchardt, B. (1989): Gutachten zur Beurteilung des Gewässergütezustandes der Unterweser. Gutachten zur Situation der Biozönose der Unterweser. - Erst. f. Wasserwirtschaftsamt Bremen: 57 S.
- (7) Schirmer, M. (1993a): Fahrwasservertiefungen und ihre Folgen für das Ökosystem - die Fischerei als Verlierer? - Arbeiten des Dt. Fischerei-Verbandes H.58 (i.Dr.).
- (8) Schirmer, M. (1993b): Beurteilung der Wassergüte und der Biologie des Weserästuars. In: UVP-Förderverein (Hrsg.): Umweltvorsorge für ein Fluß-Ökosystem. - UVP-Spezial 6: 51-66.
- (9) Schirmer, M., Claus, B. & Neumann, P. (1993): Entwicklungsziele für den Weserraum: Leitbildentwicklung und Konzeption eines Rahmenplans zur Renaturierung der Unterweser und ihrer Marsch in Bremen und Niedersachsen. In: UVP-Förderverein (Hrsg.): Umweltvorsorge für ein Fluß-Ökosystem. - UVP-Spezial 6: 143-156.
- (10) Schirmer, M. (1994): Eindeichung, Trockenlegung, Korrektur, Anpassung. Die Abwicklung der Unterweser und ihrer Marsch. In: Gerken & Schirmer (Hrsg.). - Limnologie aktuell 6, G. Fischer: (i.Dr.).

(11) Schirmer, M., Claus, B. & Neumann, P. (1994): Ziele, Grundzüge und methodische Grundlagen der Entwicklung eines Rahmenplans zur Renaturierung der Unterweser und ihrer Marsch. In: GERKEN & SCHIRMER (Hrsg.). - Limnologie aktuell 6, G. Fischer: (i.Dr.).

(12) Schuchardt, B., Schirmer, M. & Jathe, B. (1993): Vergleichende Bewertung der ökologischen Situation der tidebeeinflussten Flußunterläufe Norddeutschlands. - Jb. Natursch.Landschaftspf. 48: 137-152.

## 12. Glossar

### 12.1. Wirkung der Stoffe und ihre Meßgrößen

#### 12.1.1. Physikalische Meßgrößen

Wassertemperatur und pH-Wert wirken sich auf viele andere Beschaffenheitsmerkmale und Wasserinhaltsstoffe aus und gehören deshalb zu den entscheidenden physikalischen Meßgrößen zur Charakterisierung der Wasserqualität. Die Wassertemperatur unterliegt im Laufe des Tages und eines Jahres natürlichen jahreszeitlichen Schwankungen. Durch den Wärmeeintrag aus Kraftwerken und anderen Einleitungen werden diese überlagert. Eine weitere Veränderung des Wärmehaushaltes ergibt sich durch Stauhaltungen, da stehendes Wasser sich durch Sonnenenergie leichter erwärmt als fließendes. Eine übermäßige Erwärmung hat mannigfaltige Auswirkungen auf die Biozönose des Flusses und wirkt sich nachteilig auf den Wasserchemismus aus.

Unter natürlichen Verhältnissen können z.B. Phytoalgen über Massenvermehrung den pH-Wert durch ihren Stoffwechsel stark beeinflussen. Direkte Einflüsse ergeben sich durch Einleitungen saurer bzw. alkalischer Abwässer. Normalerweise sind Flüsse aber durch ihren Salzgehalt stark gepuffert, so daß in der Regel nur geringfügige pH-Wertveränderungen auftreten.

Die Leitfähigkeit ergänzt die physikalische Beschaffenheitsbeschreibung eines Gewässers. Durch die Eigenschaft von Salzen, Ionen zu bilden, stellt die Leitfähigkeit allerdings nur eine unspezifische Beschreibung des Gesamtsalzgehaltes eines Gewässers dar.

#### 12.1.2. Sauerstoffhaushalt und summarische Meßgrößen

Zur Beurteilung des Sauerstoffhaushaltes eines Gewässers stehen verschiedene Meßgrößen zur Verfügung: physikalisch gelöster Sauerstoff im Wasser (abhängig von der Temperatur, deshalb spricht man auch von Sauerstoffsättigungsgraden), meßbar über elektrische Sonden sowie der Chemische und Biologische Sauerstoffbedarf (CSB und BSB). Während der BSB ein Maß für die Belastung mit organisch abbaubaren Stoffen ist (BSB<sub>5</sub> = Probe wird nach 5, beim BSB<sub>7</sub> nach 7 Tagen auf den Restsauerstoffgehalt untersucht), ist der CSB ein Maß für den Gesamtsauerstoffbedarf mit Kaliumdichromat oxidierbarer Stoffe. Die Differenz zwischen dem BSB<sub>5</sub> und CSB gibt einen ungefähren Überblick über das Verhältnis leicht und schwer abbaubarer organischer Verbindungen im Gewässer. Die Bestimmung des TOC (total organic carbon) dient der Erfassung des gesamten organisch gebundenen Kohlenstoffs im Gewässer.

#### 12.1.3. Organische Gruppenmeßgrößen

Weitere Meßmethoden für Schadstoffgruppen sind die Bestimmung des AOX (mißt die an Aktivkohle adsorbierbaren, organisch gebundenen Halogene), des EOX (die mit Hexan extrahierbaren lipophilen und bioakkumulierbaren Organohalogene) und des POX (eine bei der Untersuchung von Sedimenten und Schwebstoffen angewandte Analyse der flüchtigen Organohalogene).

#### 12.1.4. Salze

Im Wasser gelöste Mengen von Salzen können sich für die Lebensgemeinschaften des Flusses sowie für verschiedene Nutzungen nachteilig auswirken. Natürliche Salzquellen entlang des Wassereinzugsgebietes bildeten ursprünglich einen jeweils typischen Charakter ("Geschmack") des Fließgewässers bzw. seine "Härte" (° dH). Heute stellen industrielle und gewerbliche Einleitungen und im besonderen die Kalisalzgewinnung die Quellen der Salzfrachten der Flüsse dar. Wie bereits im ersten Teil beschrieben, ist die Weser mit der Werra immer noch der am stärksten mit Salzen belastetste deut-

sche Fluß. Neben Kalium, Natrium, Magnesium und Sulfat ist es vor allem der Chloridgehalt, der die Biozönose der Werra und der Weser geradezu auf den Kopf gestellt hat. Da Salze bereits in geringen Konzentrationen den Geschmack des Wassers beeinträchtigen, ist die Trinkwassergewinnung aus der Weser weitestgehend eingestellt. Die Korrosionsförderung durch Salze zieht aber auch andere erhebliche wirtschaftliche Schäden im Verlauf der Weser nach sich. Als Summennachweis für den Gehalt dient, wie oben erwähnt, die elektrische Leitfähigkeit. Ansonsten wird der Einzelsalzgehalt über jeweils spezifische Meßmethoden bestimmt.

#### 12.1.5. Pflanzennährstoffe

Phosphat, Nitrat und Ammonium gelten als klassische Pflanzennährstoffe. Sie stammen als Endprodukt des biologischen Abbaus aus Kläranlagen und industriellen Einleitungen oder von landwirtschaftlichen Flächen und bilden als "Nährstoffe" eine Grundlage für die Entwicklung von Algen und Wasserpflanzen. Hohe Ammoniumgehalte wirken auf Fische (über den Umbau zu Ammoniak) giftig, während starke Algenblüten den pH-Wert des Gewässers erhöhen und damit ebenfalls negative Auswirkungen auf Fische haben. Durch die Beschleunigung des Stoffwechsels durch Nährstoffe wird auch mehr Sauerstoff verbraucht, ein ungünstiger Effekt für die Lebensgemeinschaft des Flusses. Bei kleineren Gewässern führt eine Eutrophierung (Überdüngung mit Nährstoffen) zu einer übermäßigen Verkräutung, was die Abflußfähigkeit des Gewässers stark einschränken kann.

#### 12.1.6. Schwermetalle

Ähnlich den Salzgehalten sind auch die natürlichen Schwermetallgehalte der Flüsse bestimmt durch die durchflossenen geogenen Erzvorkommen. Bereits im Mittelalter wurden leicht erreichbare Erzlagerstätten von den Menschen abgebaut und verhüttet, mit dem Ergebnis zusätzlicher Schwermetalleinträge in die Gewässer. Schwermetalle reichern sich über die Nahrungskette der Flußlebensgemeinschaft an und können z.B. in Muscheln eine tausendfache Aufkonzentration zum Flußwasser erreichen. Ihre Wirkungen auf Lebewesen sind sehr komplex, die meisten Schwermetalle gelten als giftig, stoffwechselschädigend, mutagen oder gar krebserregend. Von besonderer Bedeutung sind Quecksilber, Cadmium, Arsen und Chrom (VI), die bereits in geringen Konzentrationen toxisch wirken. Aber auch Nickel, Kupfer und Zink zeigen ab gewissen Konzentrationen Auswirkungen auf die Wasserlebewelt. Zu stark mit Schwermetallen belastetes Flußwasser läßt sich nicht zur Trinkwassergewinnung nutzen, da Gesundheitsgefahr für den Menschen besteht.

Hauptquellen von Schwermetallen sind neben den alten Erzabbaustätten mit ihrer großen Halden und Abraumflächen industrielle Einleiter und kommunale Kläranlagen. Da sich Schwermetalle nicht wie andere organische Schadstoffe biologisch abbauen, verbleiben sie für lange Zeit im Gewässersystem, bis sie irgendwann in den Ozeanen landen. Der Nachweis von Schwermetallen in geringen Konzentrationen ist mit gewissen Unwägbarkeiten behaftet, da bereits kleinste Verunreinigungen bei der Probenahme (z.B. Zigarettenasche) zu großen Meßfehlern führen können.

#### 12.1.7. Organische Einzelstoffe und Stoffgruppen

Die Entwicklung der chemischen Industrie in den letzten hundert Jahren hat eine Fülle von organischen Schadstoffen produziert, die über Abwässer auch in die Flüsse geraten. Eine besonders problematische Gruppe stellen dabei die organischen Halogenverbindungen dar. Als Lösemittel, Pestizide und chemische Produktzusätze sind vor allem die chlorierten (Chloratome sind an den Wasserstoffpositionen substituiert) Kohlenwasserstoffe (CKW's) weit verbreitet. Diese Chlorverbindungen bilden eine Untergruppe der halogenierten Kohlenwasserstoffe (HKW's), die an Stelle des Chlors auch andere Elemente der Periodensystemgruppe (z.B. Fluor) aufweisen.

Ähnlich den Schwermetallen reichern sich organische Halogenverbindungen in Lebewesen (oftmals besonders stark im Fettgewebe) zum Teil um den Faktor 1000 an, auch an Schwebeteilchen finden Anreicherungsprozesse statt. Die Wirkung dieser Verbindungen ist sehr komplex, viele Einzelstoffe gelten mittlerweile als krebserregend und mutagen für Mensch und Tier. Der analytische Nachweis dieser Verbindungen ist aufwendig und erfordert ebenfalls den Einsatz organischer Halogenverbindungen zur Reinigung und Extraktion der Probe.

Als summarischer Nachweis dient (wie oben beschrieben) die Bestimmung des AOX-, EOX- und POX-Gehaltes, der Einzelnachweis geschieht meist über gaschromatographische Methoden. Da die organischen Halogene in kleinsten Konzentrationen bereits Wirkung zeigen, hat ihr Nachweis an die Analytik hohe Anforderungen gestellt. Als Beispiel seien erwähnt die Nachweismethoden für Dioxine und für Tributylzinnverbindungen im Nanogrammbereich. Letztere werden immer noch als Antifoulingfarben im Schiffsanstrich eingesetzt, um die in kleinsten Dosen vorhandene Giftigkeit als "Schutz" gegen unerwünschte Besiedlung des Unterwasserrumpfes einzusetzen. Der tatsächliche Nachweis von Spuren (im untersten Nanogrammbereich) dieser Antifouling-Farben im Wasserkörper um ein Schiff herum wurde erst durch die Entwicklung spezieller Analytik möglich. Eine erste Wirkschwelle dieser Stoffe auf Wasserorganismen, so konnte mit der neuen Analytik auch ermittelt werden, liegt ebenfalls im untersten Nanogrammbereich.

Eine weitere Gruppe organischer Schadstoffe stellen die Phosphorsäureesterverbindungen dar, die wegen ihrer Wirksamkeit auf Lebewesen als Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt werden und die schwer abbaubaren CKW-haltigen Pestizide ersetzen sollen. Wegen ihrer Toxizität sind in Deutschland eine Reihe dieser Stoffe ähnlich einigen CKW's mit Anwendungs- bzw. sogar Produktionsverboten belegt.

Ebenfalls zu den organischen Einzelstoffen zählen Ersatzstoffe für Phosphate in Waschmitteln (NTA = Nitrilotriessigsäure und EDTA = Ethylendiamintetraessigsäure). Ihre Anwesenheit in Gewässern schafft Probleme durch ihre Wirkung auf die Löslichkeit von Schwermetallen, die an Feststoffe gebunden sind. Darüber hinaus wird für EDTA ein Stimulieren des Algenwachstums ab 20 bis 40 µg/l angenommen. Obwohl dieser Stoff als biologisch abbaubar gilt, lassen sich geringe Konzentrationen in den Flüssen nachweisen, da ein steter Input aus den Kläranlagen vorliegt. Einige Abbauprodukte von NTA und EDTA gelten ebenfalls als problematisch.

## 12.2. Meßgrößen

Nachweisgrenzen sind aufgrund des technischen Fortschritts in der Analytik nach unten fließend. So sind Meßgrößen wie Nanogramm bei der Beschreibung besonders giftiger Stoffe selbst im Alltagssprachgebrauch verbreitet, auch wenn niemand mehr in der Lage wäre, ein Mikrogramm Ziegenkäse auf seinem Teller wiederzufinden, da es verschwindend klein ist. Immerhin ist ein Mikrogramm, wie aus der folgenden Auflistung ersichtlich, lediglich der millionste Teil eines Gramms:

1 Kilogramm (kg)
= 1.000 Gramm (g)
= 1.000.000 Milligramm (mg)
= 1.000.000.000 Mikrogramm (µg)
= 1.000.000.000.000 Nanogramm (ng)

### 12.3. Chemisch-physikalische Analyseverfahren

Meßgröße	Analyseverfahren	Bestimmungsgrenze (*)
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

**Tabelle 33: Übersicht über die Analysemethoden. (\*) die Bestimmungsgrenze ist u.a. matrixabhängig und kann je nach Matrix von dem angegebenen Wert abweichen.**

### 12.4. Erklärung im Text benutzter Fachbegriffe

50/90-P	s. Perzentil
Ästuar	Übergangsbereich von Süß- zu Salzwasser im Mündungsbereich von Flüssen
Akkumulation	Anreicherung
anthropogen	durch menschliche Aktivitäten verursacht
AOX	adsorbierbare organisch gebundene Halogene
barokline Zirkulation	durch unterschiedliche Salzgehalte hervorgerufene vertikale Strömungen im Ästuar
Benthon, Benthos	Lebensgemeinschaft am Gewässergrund
beta-alpha mesosaprob	Gewässergüteklasse II-III
beta mesosaprob	Gewässergüteklasse II
Bioakkumulation	biologische Anreicherung
Biozönose	Lebensgemeinschaft
BSB <sub>5/7</sub>	Biochemischer Sauerstoffbedarf während 5 bzw. 7 Tage
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf
DOC	gelöster organischer Kohlenstoff
euryhalin	an verschiedene und wechselnde Salzgehalte anpassungsfähig
EW	Einwohnergleichwert (alte Abkürzung EGW), Maß zur Bewertung von gewerblichem und industriellem Abwasser. Abwasser mit 1 EW enthält so viele leicht abbaubare Stoffe (bestimmt als BSB <sub>5</sub> ) wie das

---

	ungeklärte Abwasser eines Einwohners
Eutrophierung	verstärkte Produktion von Biomasse im Gewässer, die in der Regel durch vermehrte Zufuhr von mineralischen Nährstoffen (vor allem Phosphor- und Stickstoffverbindungen) bedingt wird
Fauna	Tierwelt eines Gebietes
Fracht	über ein bestimmtes Zeitintervall durch einen Kanal- oder Gewässerquerschnitt geleitete Stoffmenge als Produkt aus der Stoffkonzentration und der im Zeitintervall durchgeflossenen Wassermenge (Abfluß)
fungizid	Pilzbekämpfungsmittel
Härte	Eigenschaft des Wassers, die durch seine Gehalte an Calcium- und Magnesiumsalze, meist als Hydrogencarbonate, bestimmt ist. Die Härte wird angegeben in "deutschen Härtegraden (°dH)"
Halogene	Salzbildner, Sammelbezeichnung für die Vertreter der 7.Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente: Fluor, Chlor, Brom, Jod
halophil	salzliebend
Herbizid	Pflanzenbekämpfungsmittel
Insektizid	Insektenbekämpfungsmittel
Isomere	Verbindungen mit gleicher Summenformel aber verschiedenem Molekülbau
karzinogen	krebserzeugend (auch: kanzerogen, cancerogen)
Kontamination	Verunreinigung, Belastung durch Schadstoffe
Litoral	im Wasser befindlicher Uferbereich
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)
Mesolithoral	Uferbereich, der bei Ebbe trocken fällt und bei Flut überspült ist
mutagen	erbgutschädigend, erbgutverändernd
PCB	polychlorierte Biphenyle (Erklärung s. Text)
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 = 1.000g = 1.000.000 mg)
SCKW	Schwerflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
Schwermetalle	Metalle mit einem größeren spezifischen Gewicht als Eisen, z.B. Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink
Taxon	Art
TOC	gesamter organisch gebundener Kohlenstoffgehalt
toxisch	giftig
TS	Trockensubstanz
Überwachungswert	ein Überwachungswert nach dem Abwasserabgabengesetz gilt als eingehalten, wenn die Ergebnisse der letzten 5 Überprüfungen in 4



---

Vorfluter

Fällen diesen Wert nicht überschreiten und kein Ergebnis diesen Wert um mehr als 100% übersteigt. Überprüfungen, die länger als 3 Jahre zurückliegen, bleiben unberücksichtigt.  
Gewässer, das zur Aufnahme von Abwasser genutzt wird

## 13. Zahlenanhang

### Tabellarische Darstellung der Meßergebnisse 1989 - 1993

Um den Bericht nicht mit Tabellen zu überfrachten, werden die zusätzlich vorliegenden Daten aus Messungen bei den Direkteinleitern hier im Zahlenanhang dokumentiert. Dabei sind die Einleitungsfrachten der relevanten Direkteinleiter in die Unterweser nach Schadstoffen geordnet dargestellt. Es handelt sich dabei um Mittelwertberechnungen aus den behördlichen Kontrollmessungen (4 bis 12 Messungen pro Jahr) bzw. wo diese fehlten, aus den Daten der Eigenüberwachung. Bei Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze wurde diese Bestimmungsgrenze als Grundlage der Frachtberechnung eingesetzt (zu den Auswirkungen einer solchen Vorgehensweise siehe Kap. 6.2.). Lagen für Direkteinleiter keine Meßwerte vor, so sind sie aus den Übersichtstabellen ausgeblendet.

Wie schon im Text beschrieben, werden die Frachttabellen als Summe der Einleitungen von Bremen bis Bremerhaven zusammengefaßt. Nach der Pariser Konvention (PARCOM) wäre allerdings eine Einleitung unterhalb der Brackwasserzone (Brake) als Einleitung ins Ästuar zu zählen und nicht als selbige in den Fluß. Diese Definition ist mit Blick aus der Nordsee (mitsamt der Küstengewässer) in die Flußmündungen hinein gefaßt worden (daher als Grenze der Betrachtung die obere Brackwasserzone). Betrachtet man dagegen die Unterweser als Bezugssystem eines ins Meer strömenden Flusses (mit periodischem Richtungswechsel), so haben auch die Einleitungen unterhalb der Brackwasserzone Bedeutung, da selbst Abwasserfahnen aus dem unmittelbaren Mündungsbereich mit der Flut den Unterlauf hoch transportiert werden. Über diesen Tidetransport geraten natürlich auch Nähr- und Schadstoffe sowie Schwebeteilchen aus der Nordsee in den Flußunterlauf hinauf.

Betriebe u. KA´s CSB in kg/a	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	573.541	413.553	*	*	*
Bremer Wollkämmerei	110.707	70.184	76.708	86.777	70.587
Omni Pac Elsfleth	-	22.330	25.300	-	25.970
Fetraffinerie Brake	-	312.011	444.663	66.150	239.400
Metaleurop Ndh	98.225	154.848	184.462	102.672	109.710
DA Einswarden	1.650	1.650	1.650	-	2.990
Kronos Titan	-	*	*	*	*
KA Seehausen	2.356.964	3.806.089	3.242.853	2.844.282	3.090.026
KA OHZ	107.472	111.115	127.349	88.060	103.167
KA Farge	297.261	227.281	240.272	262.731	288.614
KA Delmenhorst	360.117	332.883	341.445	305.636	314.757
KA Lemwerder	31.300	32.000	32.900	20.400	20.025
KA Ganspe	9.700	10.400	13.300	8.800	9.920
KA Ranzenbüttel	9.300	14.700	4.400	4.200	4.940
KA Oldenburg	1.028.804	763.954	1.107.440	1.202.019	583.338
KA Elsfleth	15.900	17.300	14.000	18.100	25.668
KA Brake	33.600	47.100	44.700	41.200	72.700
KA Rodenkirchen	13.700	12.100	11.400	10.100	12.441
KA Nordenham	117.200	96.300	131.000	194.400	174.960
ZKA Brhv	666.101	709.782	719.312	583.313	633.693
Summe ges. bis Brhv	<b>5.831.542</b>	<b>7.155.580</b>	<b>6.763.154</b>	<b>5.838.840</b>	<b>5.782.906</b>

**Tabelle 34: CSB-Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar).**

Betriebe u. KA´s BSB5 in kg	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	156.420	46.915	*	6.180	*
Bremer Wollkämmerei	6.668	5.318	4.031	6.104	3.014
Omni Pac Elsfleth	-	3.630	3.190	-	4.508
Fettraffinerie Brake	-	217.051	279.207	97.650	159.600
KA Seehausen	367.501	554.302	574.170	473.615	282.559
KA OHZ	16.578	24.808	23.656	16.989	17.301
KA Farge	43.078	18.028	26.286	25.443	37.102
KA Delmenhorst	31.269	32.049	35.883	27.679	23.686
KA Lemwerder	5.100	4.700	5.300	1.700	2.225
KA Ganspe	2.600	2.500	3.500	1.600	2.108
KA Ranzenbüttel	1.400	4.500	300	400	390
KA Oldenburg	202.087	126.346	203.200	205.751	51.170
KA Elsfleth	2.300	2.300	1.800	2.300	5.859
KA Brake	3.200	4.400	3.200	3.300	5.816
KA Rodenkirchen	2.000	1.300	1.600	900	957
KA Nordenham	27.800	19.000	39.400	47.300	38.880
ZKA Brhv	56.337	52.160	53.513	38.294	37.381
Summe ges. bis Brhv	<b>924.338</b>	<b>1.119.307</b>	<b>1.258.236</b>	<b>955.205</b>	<b>672.556</b>

Tabelle 35: BSB<sub>5</sub>-Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar).

Betriebe u. KA´s P ges. in kg/a	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	*	*	*	6.929	*
Bremer Wollkämmerei	7.292	4.047	6.339	9.577	7.044
Omni Pac Elsfleth	-	231	183	-	123
Fettraffinerie Brake	-	9.677	7.342	4.914	10.568
Metaleurop Ndh	-	-	-	8	8
Kronos Titan	-	-	*	*	*
KA Seehausen	34.497	34.811	28.939	25.041	18.905
KA OHZ	6.439	3.856	2.360	1.348	1.326
KA Farge	33.242	6.532	3.783	4.638	3.661
KA Delmenhorst	4.526	2.436	3.366	2.735	2.460
KA Lemwerder	2.300	1.800	1.500	500	463
KA Ganspe	500	400	500	300	410
KA Ranzenbüttel	1.100	1.100	300	300	185
KA Oldenburg	38.317	18.364	24.384	22.957	6.652
KA Elsfleth	1.000	1.100	300	300	357
KA Brake	1.500	2.400	2.600	1.100	1.483
KA Rodenkirchen	2.700	1.100	400	200	242
KA Nordenham	2.900	1.100	1.700	3.800	2.858
ZKA Brhv	7.173	2.870	5.734	3.123	2.374
Summe ges. bis Brhv	<b>143.486</b>	<b>91.824</b>	<b>89.730</b>	<b>58.091</b>	<b>59.119</b>

Tabelle 36: P ges.-Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar).

Betriebe u. KA´s N ges. in kg	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	*	206.292	94.018	107.456	*
Bremer Wollkämmerei	130.414	167.356	129.936	93.688	85.264
Omni Pac Elsfleth	-	-	-	-	-
Fettraffinerie Brake	-	*	*	*	*
Metaleurop Ndh	-	-	-	7.936	27.365
DA Einswarden	-	-	13.420	-	-
Kronos Titan	-	-	*	*	*
KA Seehausen	1.628.554	2.137.381	1.765.194	1.480.801	1.563.045
KA OHZ	77.282	78.367	73.059	63.240	65.735
KA Farge	203.744	170.026	216.009	171.903	198.307
KA Delmenhorst	152.979	174.279	141.624	61.126	38.602
KA Lemwerder	12.600	12.600	13.500	13.500	-
KA Ganspe	5.100	5.000	5.400	4.300	-
KA Ranzenbüttel	5.200	5.600	800	200	-
KA Oldenburg	-	-	-	-	62.653
KA Elsfleth	5.400	7.400	4.700	7.100	-
KA Brake	2.700	6.800	2.600	2.500	8.100
KA Rodenkirchen	5.800	2.200	3.900	2.400	-
KA Nordenham	47.100	32.300	33.900	46.500	57.000
ZKA Brhv	738.166	583.477	559.436	508.204	531.707
Summe ges. bis Brhv	3.015.039	3.589.078	3.057.496	2.570.854	2.637.778

Tabelle 37: N ges.-Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar).

Betriebe u. KA´s NH <sub>4</sub> -N in kg/a	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	*	70.876	37.111	31.011	*
Bremer Wollkämmerei	88	76	447	6.086	371
Omni Pac Elsfleth	-	343	213	-	< 55
Fettraffinerie Brake	-	*	*	*	*
Metaleurop Ndh	-	-	-	7.866	26.910
Kronos Titan	-	-	*	*	*
KA Seehausen	1.268.705	1.712.051	1.709.519	1.361.571	1.505.324
KA OHZ	68.947	68.090	63.001	44.584	62.757
KA Farge	167.900	142.670	138.512	84.441	117.796
KA Delmenhorst	108.346	88.660	84.766	19.936	18.338
KA Oldenburg	412.309	318.510	497.840	303.212	14.021
KA Brake	-	-	-	-	330
KA Nordenham	-	-	-	-	38.500
ZKA Brhv	-	-	478.562	406.733	524.950
Summe ges. bis Brhv	2.026.295	2.401.276	3.009.971	2.265.440	2.309.297

Tabelle 38: Ammonium (NH<sub>4</sub>-N) -Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar).

Betriebe u. KA´s NO <sub>3</sub> -N in kg/a	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	*	67.859	58.799	62.585	*
Bremer Wollkämmerei	129.569	164.783	127.991	83.349	82.248
Omni Pac Elsfleth	-	24	19	-	< 25
Fettraffinerie Brake	-	*	*	*	*
Metaleurop Ndh	-	-	-	29	455
Kronos Titan	-	-	*	*	*
KA Seehausen	345.378	410.689	170.414	232.324	55.043
KA OHZ	7.807	9.463	8.555	14.525	2.605
KA Farge	30.874	25.499	63.940	86.005	76.647
KA Delmenhorst	41.014	14.474	96.924	40.039	18.601
KA Oldenburg	92.750	114.270	71.120	64.974	46.053
KA Brake	-	-	-	-	3.800
KA Nordenham	-	-	-	-	18.400
ZKA Brhv	-	-	67.970	93.125	1.643
Summe ges. bis Brhv	647.392	807.061	665.732	676.955	305.495

Tabelle 39: Nitrat (NO<sub>3</sub>-N) -Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar).

Betriebe u. KA´s Cd ges. in kg/a	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	*	*	15,6	35,2	6,6
Bremer Wollkämmerei	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2
Omni Pac Elsfleth	-	0,1	0,1	-	0,1
Metaleurop Ndh	1,6	0,3	0,2	0,3	0,2
Kronos Titan	-	*	*	1	1
KA Seehausen	11,0	11,0	8,4	11,5	8,3
KA OHZ	0,5	0,5	0,7	0,3	0,3
KA Farge	3,3	1,3	1,3	1,5	1,4
KA Delmenhorst	2,7	1,9	1,4	1,2	1,2
ZKA Brhv	5,6	3,7	2,4	2,3	2,6
Summe ges. bis Brhv	25,2	19,0	30,3	53,5	21,8

Tabelle 40: Cadmium (Cd) ges. -Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar).

Betriebe u. KA´s Cr ges. in kg	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	4932	26715	7430	386	238
Bremer Wollkämmerei	*	6	7	6	
Omni Pac Elsfleth	-	0,4	1	-	3
Metaleurop Ndh	9	2	1,5	6	12
Kronos Titan	-	2687	2118	1809	2056
KA Seehausen	164	172	95	93	67
KA OHZ	9	9	10	4	2
KA Farge	23	24	17	11	5
KA Delmenhorst	18	23	15	12	7
ZKA Brhv	48	25	31	20	18
Summe ges. bis Brhv	5202	29663	9725	2346	2408

Tabelle 41: Chrom (Cr) ges. -Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre

(\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar). Zum Chrom Wert der Klöckner Stahl 1990 siehe Kapitel 7.5.2.

Betriebe u. KA´s Cu ges. in kg/a	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	*	861	798	148	322
Bremer Wollkämmerei	31	36	46	36	31
Omni Pac Elsfleth	-	0,7	0,7	-	3
Metaleurop Ndh	2	1	6	6	12
Kronos Titan	-	690	338	250	*
KA Seehausen	188	279	423	326	214
KA OHZ	17	13	17	13	8
KA Farge	64	32	36	37	24
KA Delmenhorst	58	53	54	45	41
ZKA Brhv	263	44	62	84	61
<b>Summe ges. bis Brhv</b>	<b>623</b>	<b>2010</b>	<b>1781</b>	<b>945</b>	<b>716</b>

Tabelle 42: Kupfer (Cu) ges. -Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar).

Betriebe u. KA´s Hg ges. in kg/a	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	*	*	*	*	*
Bremer Wollkämmerei	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
Omni Pac Elsfleth	-	0,10	0,05	-	0,05
Metaleurop Ndh	1,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Kronos Titan	-	*	2,0	*	*
KA Seehausen	7,6	9,8	6,7	8,1	8,3
KA OHZ	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
KA Farge	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0
KA Delmenhorst	1,7	1,0	0,9	1,1	1,2
ZKA Brhv	2,5	2,3	2,3	2,3	2,3
<b>Summe ges. bis Brhv</b>	<b>14,5</b>	<b>14,9</b>	<b>13,5</b>	<b>13,2</b>	<b>13,5</b>

Tabelle 43: Quecksilber (Hg) ges. -Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar).

Betriebe u. KA´s Ni ges. in kg/a	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	4658	27582	9211	975	350
Bremer Wollkämmerei	19	13	12	11	3
Omni Pac Elsfleth	-	0,8	1	-	3
Metaleurop Ndh	5	3	4	8	12
Kronos Titan	-	213	148	129	71
KA Seehausen	480	625	512	430	558
KA OHZ	13	19	30	17	17
KA Farge	21	43	40	41	47
KA Delmenhorst	64	79	59	62	58
ZKA Brhv	109	102	113	128	102
<b>Summe ges. bis Brhv</b>	<b>5369</b>	<b>28679</b>	<b>10130</b>	<b>1801</b>	<b>1220</b>

Tabelle 44: Nickel (Ni) ges. -Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar). Zum Nickelwert der Klöckner Stahl 1990 siehe Kap. 7.5.2.

Betriebe u. KA´s Pb ges. in kg	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	1901	3680	1041	1171	795
Bremer Wollkämmerei	2	3	2	3	1
Omni Pac Elsfleth	-	1	1	-	1
Metaleurop Ndh	3	7	6	5	4
Kronos Titan	-	*	*	302	*
KA Seehausen	117	91	75	50	54
KA OHZ	3	4	5	2	2
KA Farge	48	25	13	16	9
KA Delmenhorst	12	82	9	9	10
ZKA Brhv	23	22	32	26	26
Summe ges. bis Brhv	2108	3914	1184	1584	901

Tabelle 45: Blei (Pb) ges. -Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre. Der Pb-Wert 1992 von Kronos Titan errechnet sich aus stark streuenden Einzelmeßwerten. (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar).

Betriebe u. KA´s Zn ges. in kg/a	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	11591	436	4390	4074	4105
Bremer Wollkämmerei	183	-	-	-	23
Metaleurop Ndh	20	8	13	9	4
KA Seehausen	2214	6895	2773	2404	883
KA OHZ	97	88	63	47	28
KA Farge	354	646	382	328	85
KA Delmenhorst	502	498	361	369	172
ZKA Brhv	660	582	543	467	560
Summe ges. bis Brhv	15621	9153	8525	7698	5859

Tabelle 46: Zink (Zn) ges. -Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar)

Betriebe u. KA´s AOX in kg/a	1989	1990	1991	1992	1993
Klöckner Stahl	*	349	727	336	*
Bremer Wollkämmerei	144	201	198	235	138
Omni Pac Elsfleth	-	16	10	-	9
Metaleurop Ndh	-	93	48	76	43
Kronos Titan	-	*	-	*	*
KA Seehausen	3159	5287	3402	2628	2394
KA OHZ	93	138	126	78	73
KA Farge	266	426	360	277	196
KA Delmenhorst	371	497	420	284	283
ZKA Brhv	937	1018	861	722	632
Summe ges. bis Brhv	4970	8025	6152	4636	3768

Tabelle 47: AOX -Jahresfrachten relevanter Direkteinleiter in kg der letzten fünf Jahre (\* = Vorbelastung höher als Output, - = kein Meßwert verfügbar).