

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 Hafensflächen 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. ⁽¹⁾

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-

⁽¹⁾ 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 Haupttrinnen sind Fedderwarder-Arm - Hohe-Weg-Rinne - Neue Weser (westliche Rinne) und Wurster-Arm - Tegeler Rinne - Alte Weser (östliche Rinne).

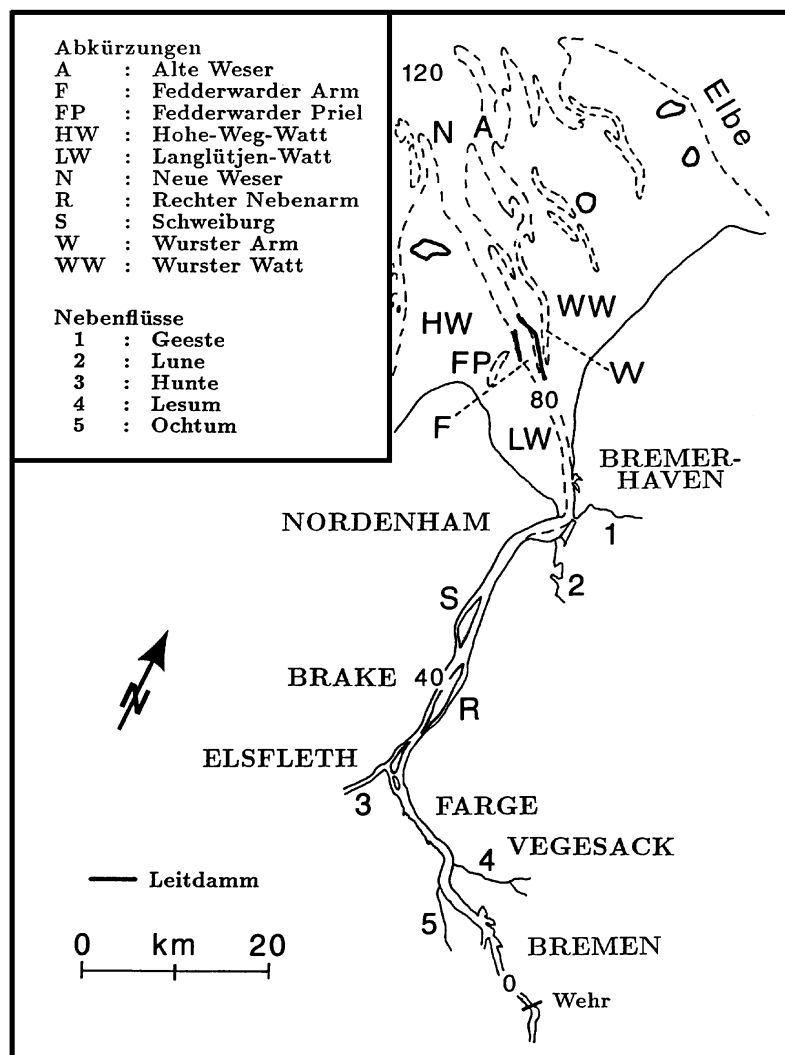


Abbildung 1: Skizze der Wesermündung. Die Zahlen im Fahrwasser geben die Unterweser-Kilometer UW-km an (UW-km 0 an der Wilhelm Kaisen Brücke in Bremen).

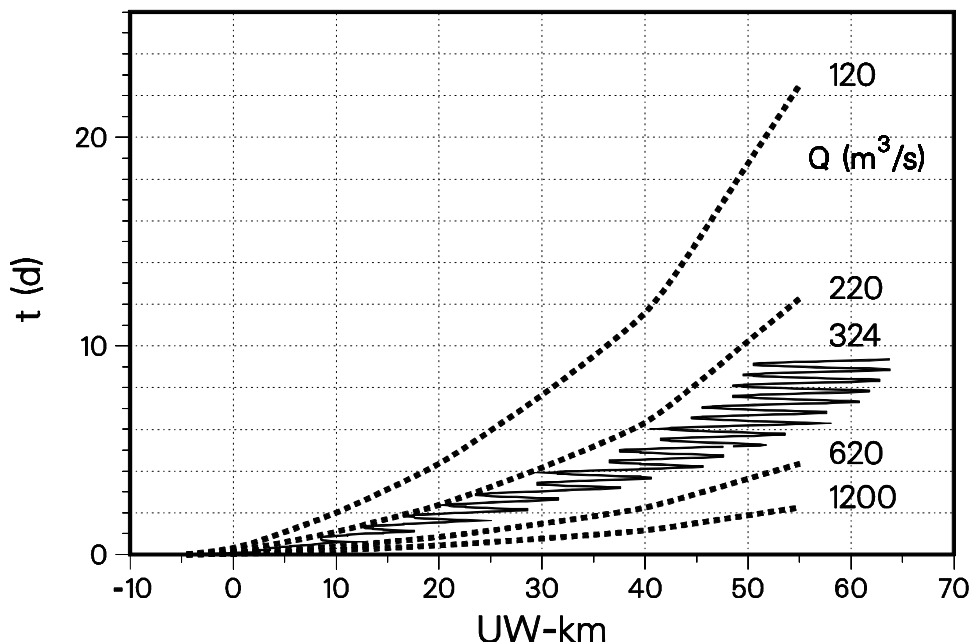
Im Mündungsgebiet überlagern sich die aus dem Binnenland abfließenden Oberwassermengen mit den Einflüssen der halbtägigen Gezeiten. Die Gezeitenwelle dringt von Nordwesten in die Weser ein. Das Oberwasser wirkt dämpfend auf die flußaufgerichtete Flutwelle, so daß die Flutdauer flußaufwärts immer kürzer 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	
Flutdauer (h:min)	Brhv	Brem	Brhv	Brem	
	5:57	2:50	5:55	4:55	
Ebbdauer (h:min)	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 ⁽²⁾. Der Oberwasserabfluß beträgt bei Intschede (etwa 30 km flußauf des Bremer Wehres) im langjährigen Mittel (Jahresreihe 41-89) etwa 327 m³/s (MQ), das langjährige Maximum (MHQ) liegt bei 1210 m³/s, der höchste gemessene Abfluß betrug 3.500 m³/s (HHQ). Das langjährige Minimum (MNQ) bei 120 m³/s bzw. der niedrigste Abfluß (NNQ) bei 59,7 m³/s ⁽³⁾. Die mittlere Oberwasserzufuhr durch die Unterweser-Nebenflüsse Ochtum, Lesum, Hunte und Geeste wird auf 60 m³/s ⁽⁴⁾ geschätzt.

In der Unterweser nimmt die Wassermenge bei mittlerem Abfluß und mittlerer Tide von 327 m³/s am Wehr auf etwa 6.600 m³/s bei Bremerhaven (UW-km 65,45) zu ⁽³⁾. 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 m³/s) braucht ein Wasserkörper etwa 24 Tage für die Strecke Bremen-Nordenham (Wehr bis UW-km 55), bei großem Oberwasser (1.200 m³/s) reduziert sich diese Zeit auf ca. 2 Tage.



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

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

⁽⁴⁾ 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^o C und im Sommer bei 18^o 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 (NH⁴-N) bei 0.2-0.8 mg/l, des Nitrat-Stickstoffgehaltes (NO³-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/m³, während in der Trübungszone Schwebstoffgehalte größer als 1,5 kg/m³ 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 ⁽¹¹⁾. In der etwa 15 km langen Trübungszone (definiert durch tidengemittelte Schwebstoffgehalte in Bodennähe größer 0,25 kg/m³) beträgt der Schwebstofftransport ca. 500 - 1.000 kg/s ⁽¹²⁾. Längerfristig ändert sich die Position der Trübungszone in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluß. Bei niedrigem Oberwasser (200 m³/s) liegt sie flüßauf von Bremerhaven, bei hohem Oberwasser (800 m³/s) flüßab bei UW-km 70 ⁽⁹⁾. 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 ⁽¹²⁾.

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 ⁽¹³⁾. Mit Beginn des 16. Jahrhunderts führte die durch Abholzungen im Wesergebirge ausgelöste Erosion zu einer Erhöhung der Sand- und Kiesfracht ^(14, 15). Die Fahrwasserverhältnisse verschlechterten sich so weit, daß Bremen erst in Vegesack (1619-1622) und ab 1827 in Bremerhaven Hafenanlagen ausbaute ^(13, 16, 17, 18). Beispielsweise hatte das Fahrwasser zwischen Bremen und Vegesack im 18. Jahrhundert streckenweise eine Tiefe von 80 cm ^(13, 14). 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 ^(16, 17).

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

⁽¹²⁾ 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).

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

⁽¹⁴⁾ 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.

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

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

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

⁽¹⁸⁾ 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⁽¹⁹⁾ 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 verzweigender Mündungstrichter. Zur Begradigung des Flußlaufes wurden Krümmungen abgeflacht, Stromspaltungen durch Abdämmung oder Einschränkung der Nebenarme beseitigt, und das Fahrwasser durch Ausbaggerungen vertieft und verbreitert (19,²⁰,16,13,15,18). 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⁽²¹⁾.

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⁽²²⁾.

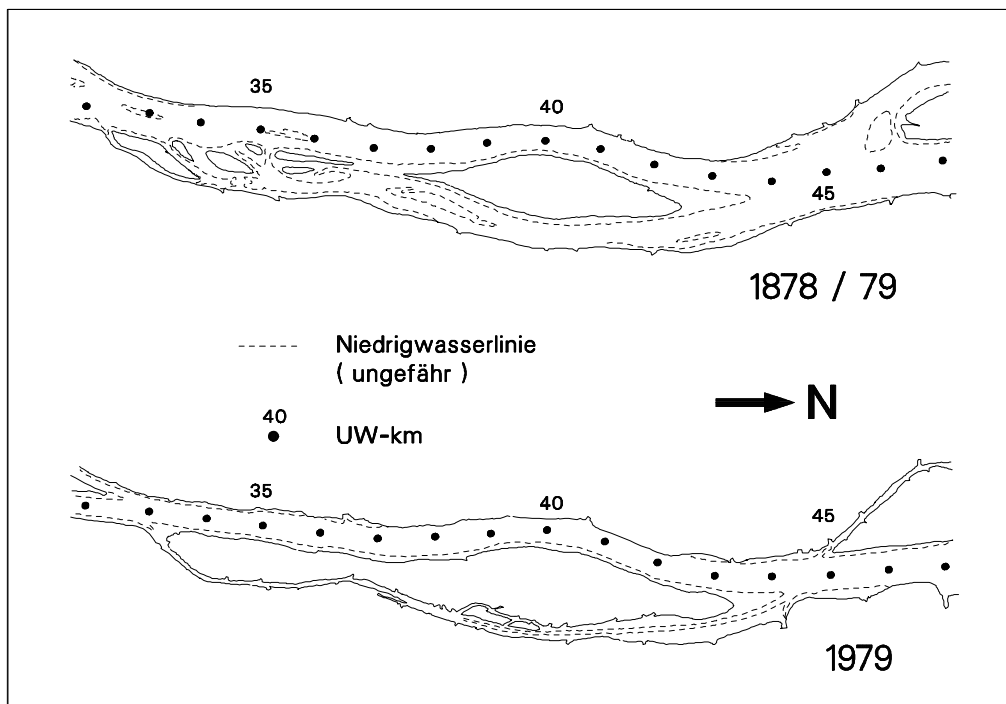


Abbildung 3: Skizzen des Unterweserabschnittes zwischen UW-km 32 und 47 (Hauptarm und Rechter Nebenarm) für 1878/1879 (nach Franzius, 1888) und 1979 (nach BSH Seekarte Nr. 5).

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

⁽¹⁹⁾ Franzius, L. (1888): Die Korrektur der Unterweser. Bremen.

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

⁽²¹⁾ 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.

⁽²²⁾ 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 (17,18,²⁵).

Ausbau	Zeitraum	Art des Ausbaus und erreichter Tiefgang für Schiffe
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

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

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

⁽²⁵⁾ 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 (14,²⁶).

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).

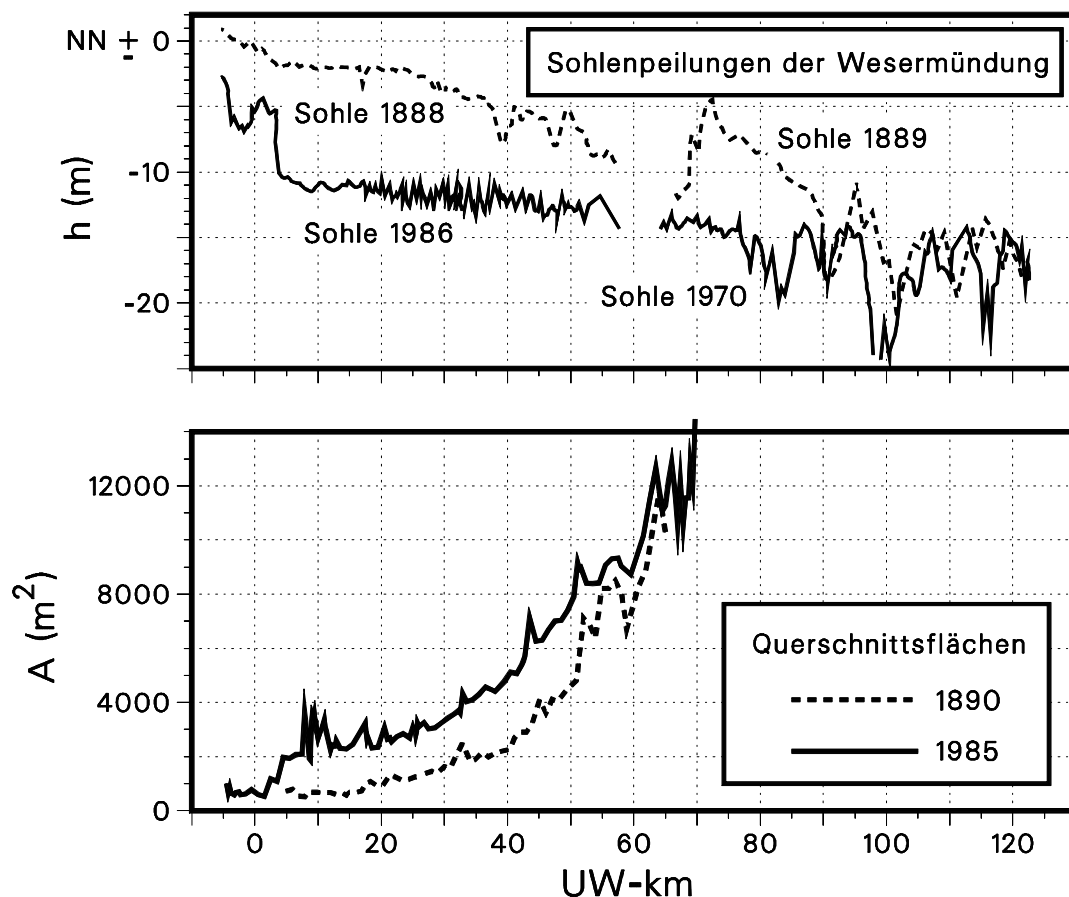


Abbildung 4: Sohlenpeilungen der Unterweser 1888 und 1986 und der Außenweser 1889 (etwa UW-km 76-100: Wurster Arm) und 1970 (etwa UW-km 76-100: Fedderwarder Arm; Daten aus Dirksen, 1986, und

⁽²⁶⁾ 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.

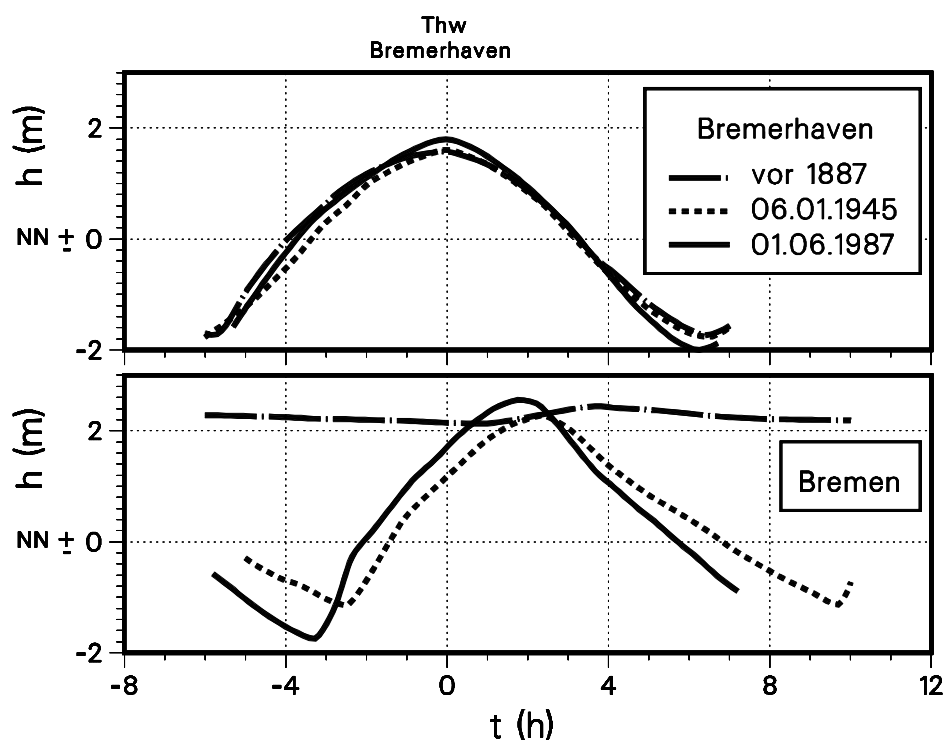


Abbildung 5: Tidekurven an den Pegeln Bremerhaven und Bremen (Daten für 1887 und 1945 aus Walther, 1954; Daten für 1987: Wasser- und Schiffsamt Bremen).

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 ^(30,31,32).

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

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

⁽³²⁾ 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.

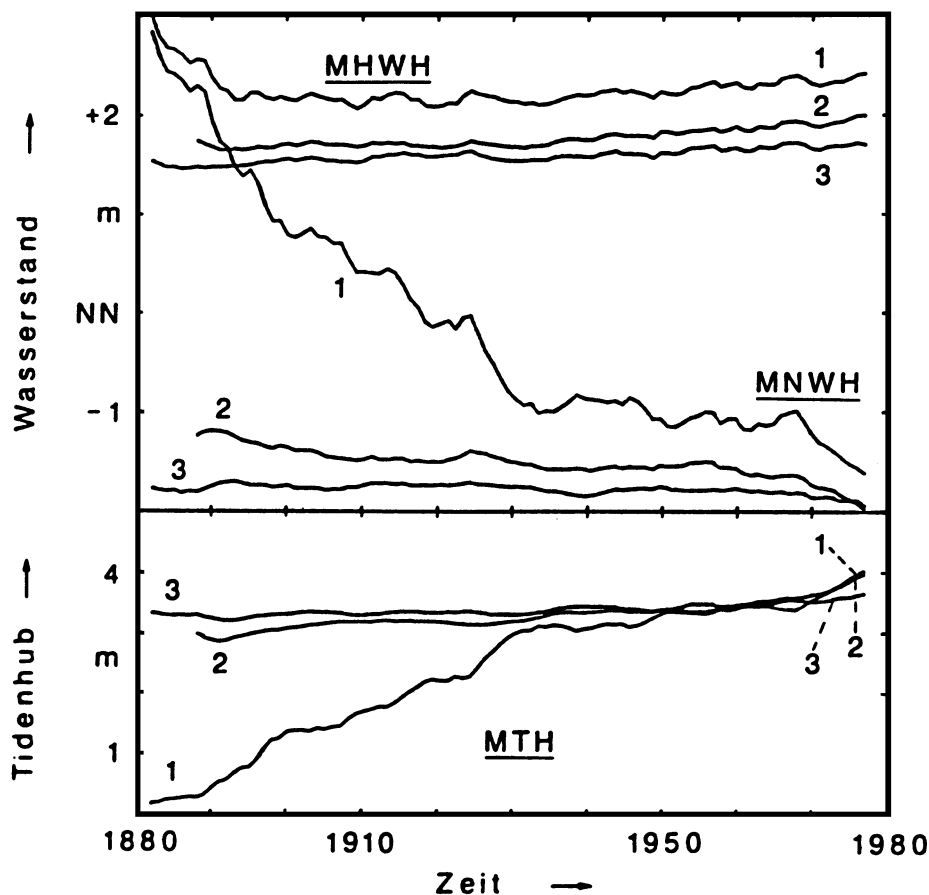


Abbildung 6: Übergreifende Fünfjahresmittel der mittleren Hochwasserhöhe (MHWH), mittleren Niedrigwasserhöhe (MNWH) und des mittleren Tidenhubes (MTH) für Bremen (1), Brake (2) und Bremerhaven (3) zwischen 1887 und 1978 (nach Daten des Wasser- und Schiffsamtes Bremen, aus 41).

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⁽³³⁾. Daher laufen Sturmfluten heute höher auf. Andererseits fließen große, aus der Mittelweser kommende Oberwassermengen heute besser ab⁽³⁴⁾.

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.

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

⁽³⁴⁾ 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 ^(35,36). 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 ^(37,38,39), 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.

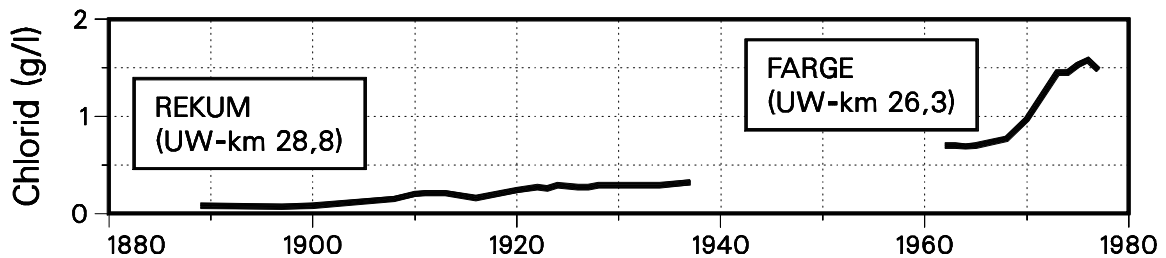


Abbildung 7: Entwicklung der Chloridkonzentration im Oberwasser (übergreifende Fünfjahresmittel, nach Grabeman et al., 1983).

Trotz des ungehinderteren Eindringens der Tidewelle wurde nach dem 5-m-Ausbau eine Verschiebung der Brackwasserzone - entgegen den Befürchtungen - flußabwärts beobachtet ^(20,22,40) 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 ^(22,40) 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 ⁽⁴¹⁾.

⁽³⁵⁾ 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.

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

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

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

⁽³⁹⁾ 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.

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

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

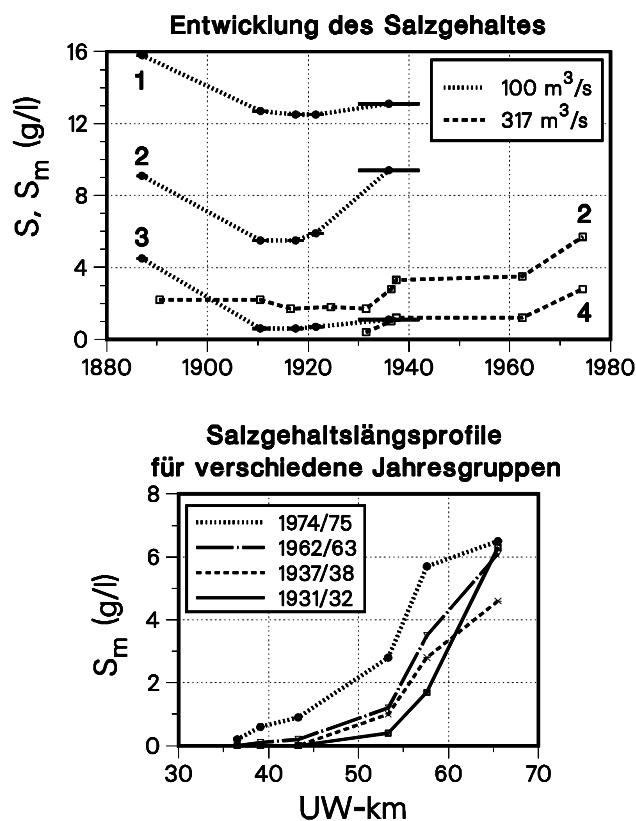


Abbildung 8: (oben) Entwicklung des Salzgehaltes zwischen 1887 und 1975 an den Meßstellen Bremerhaven (1, UW-km 65), Nordenham (2, UW-km 57,7), Eljewarden (3, UW-km 51) und Dedesdorf (4, UW-km 53,5) für 2 verschiedene Oberwasserabflüsse.

---- · ---- 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⁽⁴²⁾. 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-

⁽⁴²⁾ 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 ⁽⁴³⁾.

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 ⁻ mit 48,4° dH in der Werra und 250 mg/l Cl ⁻ mit 20° dH in Bremen nicht überschritten werden
1924	Erhöhung der Grenzwerte bei Gerstungen auf 1.781 mg/l Cl ⁻ und 63,1° dH für die Werra und in Bremen für die Weser 350 mg/l Cl ⁻ 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 ⁻ mit 50° dH, - Bremen 350 mg/l Cl ⁻ 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 ⁻ erreicht, die jährliche Durchschnittskonzentration beträgt 17.000 mg/l Cl ⁻
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 ⁽⁴⁴⁾.

⁽⁴³⁾ 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.).

⁽⁴⁴⁾ 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 ⁽⁴⁵⁾. Seit Anfang der 90er Jahre geht die Versalzung langsam zurück, jedoch schaffen kurzfristige große Schwankungen der Salzkonzentration weiterhin erhebliche Probleme für die Fauna ⁽⁴⁶⁾.

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 ^(47,48).

Biologische Abbau- und Umwandlungsprozesse hängen von der Jahreszeit und der Wassertemperatur ab ^(49,50). 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 ⁽⁵¹⁾. Im Gebiet der Trübungszone kommt es aufgrund der Partikel- und damit Bakterienanreicherung zu einer verstärkten Sauerstoffzehrung ⁽⁵³⁾.

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 ^(52, 21). 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 ^(5,47,50, 53).

⁽⁴⁵⁾ 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.

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

⁽⁴⁷⁾ 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.

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

⁽⁴⁹⁾ 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.

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

⁽⁵¹⁾ 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.

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

⁽⁵³⁾ 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.

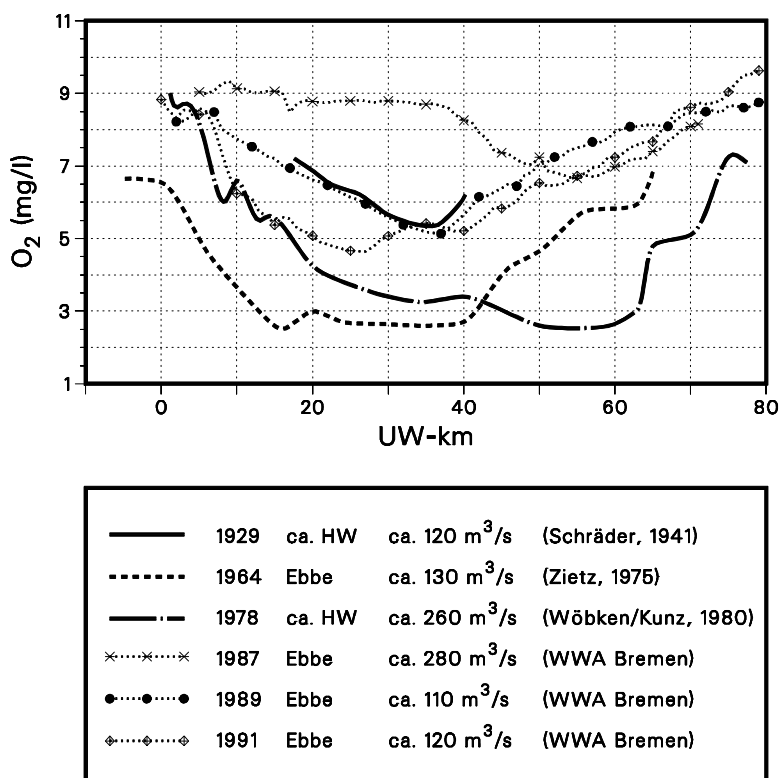


Abbildung 9: Sauerstofflängsprofile in der Unterweser im Sommer bei kleinen Oberwasserabflüssen (kleiner 180 m³/s) zwischen 1929 und 1991 (Vergleiche Kap. 7.3.3., Abb. 18 Sauerstofflängsschnitte der Unterweser 1993).

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.

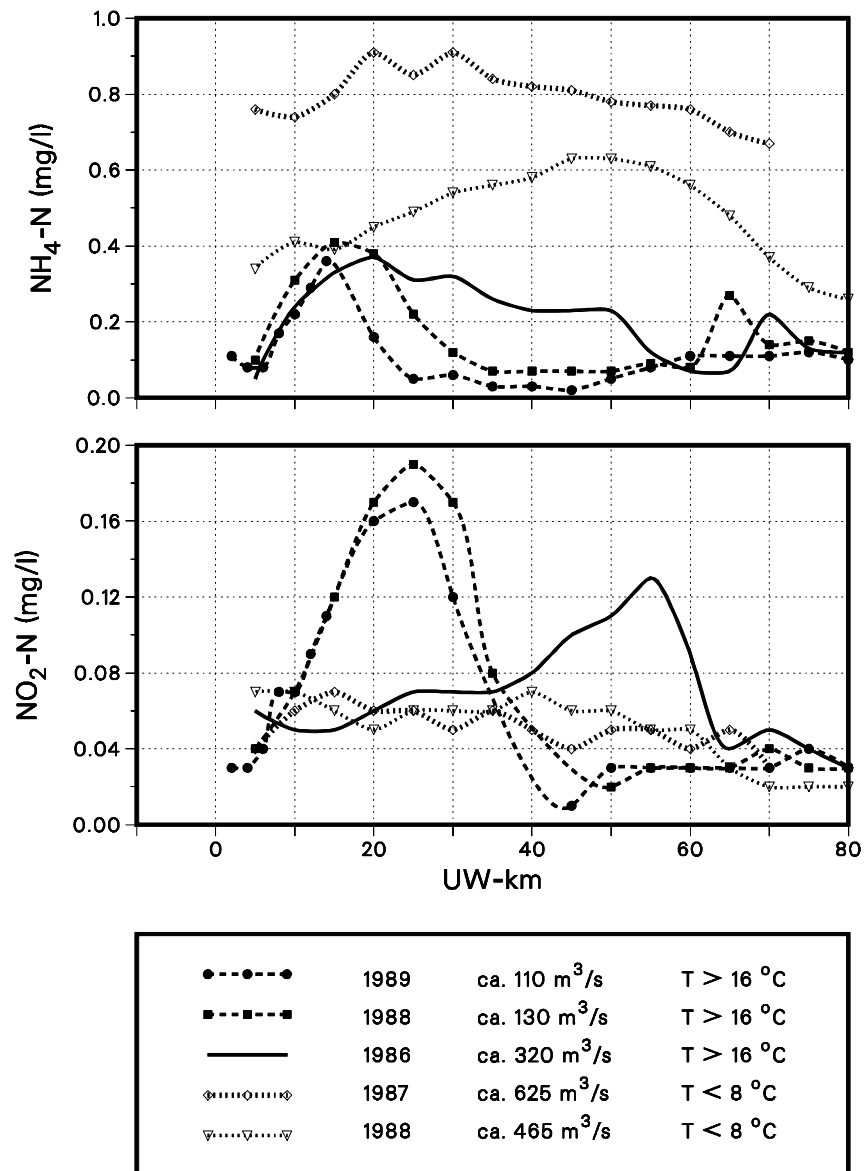


Abbildung 10: Längsprofile für Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$, oben) und Nitrit-Stickstoff ($\text{NO}_2\text{-N}$, unten) in der Unterweser im Sommer für drei verschiedene Oberwasserabflüsse und im Winter (nach Daten des Wasserwirtschaftsamtes Bremen). Zur Detailentwicklung in den letzten 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	**	**	**	**
Spalten-Summe		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.

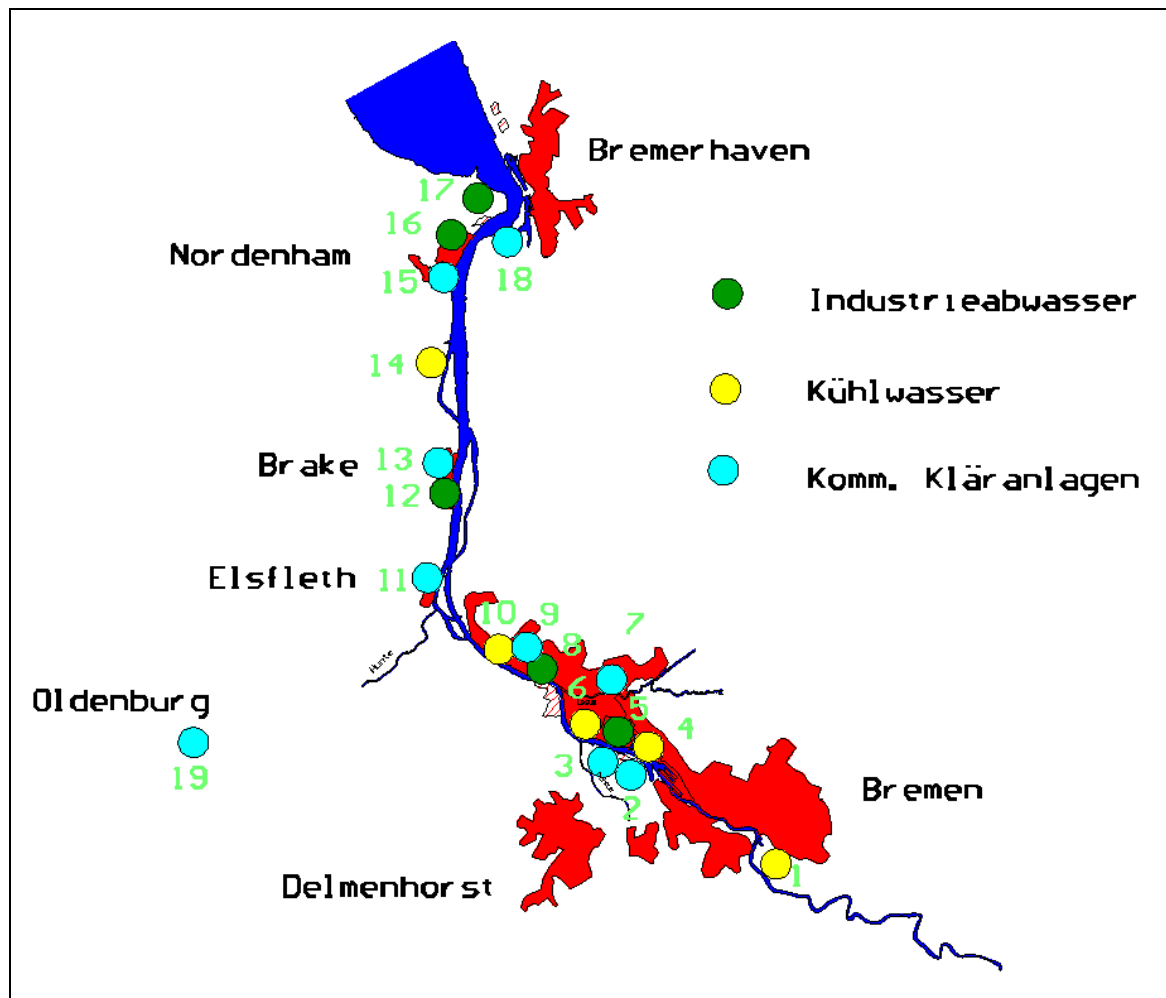


Abbildung 11: Lage der bedeutendsten Abwassereinleiter entlang der Unterweser (KW = Kraftwerk, KA = Kläranlage - 1: KW Hastedt, 2: KA Seehausen, 3: KA Delmenhorst, 4: KW Hafen, 5: Klöckner Stahl, 6: KW Mittelsbüren, 7: KA Osterholz - Scharmbeck, 8: Bremer Wollkämmerei, 9: KA Farge, 10: KW Farge, 11: KA Elsfleth, 12: Fettraffinerie, 13: KA Brake, 14: KKV, 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 ₅	kg/d	bis 60	60-300	300-1200	1200-6000	größer 6000
CSB	mg/l	150	110	90	90	75
BSB ₅	mg/l	40	25	20	20	15
NH ₄ -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 m³ 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. m³ pro Jahr Abwasser in die Hunte ein. Ein Teil dieser Schmutzfracht erreicht die Unterweser.

Kommunale Kläranlagen	Volumenstrom in Mio m ³ /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 ³ /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 m³ Kühlwasser pro Jahr ist das Kernkraftwerk Unterweser der bedeutendste Kühlwassereinleiter in die Unterweser. Ihm folgt mit 560 Mio m³ 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 ³ /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 m³ Kühlwasser und 33 Mio m³ Prozeßwasser
- (2) abhängig von Betriebszuständen wie Einlagerung, Umlagerung o.ä., Normalbetrieb: 1.000 m³/a
- (3) Anordnung noch nicht rechtskräftig; es läuft ein Widerspruchsverfahren
- (4) zusätzlich 8,9 Mio m³/a Kühlwasser
- (5) abhängig von Betriebszuständen wie Einlagerung, Umlagerung o.ä.; bei Speicherbetrieb: 18.000 m³/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 Filzfriausrüstung 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 Filzfriausrüstung 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 BSB₅, 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. Jahresfrachten in kg/ha	Mittl. Konzentration in der Weser bei Brake in mg/l
N-Gesamt	5,50	21,0	6,0 (1993)
P-Gesamt	1,00	4,3	0,50 (1982-91)
BSB₅	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

BSB₅ rd. 130 EW / km² (60 g pro EW pro Tag)

Ges. Phosphat rd. 260 EW / km² (3 g pro EW pro Tag)

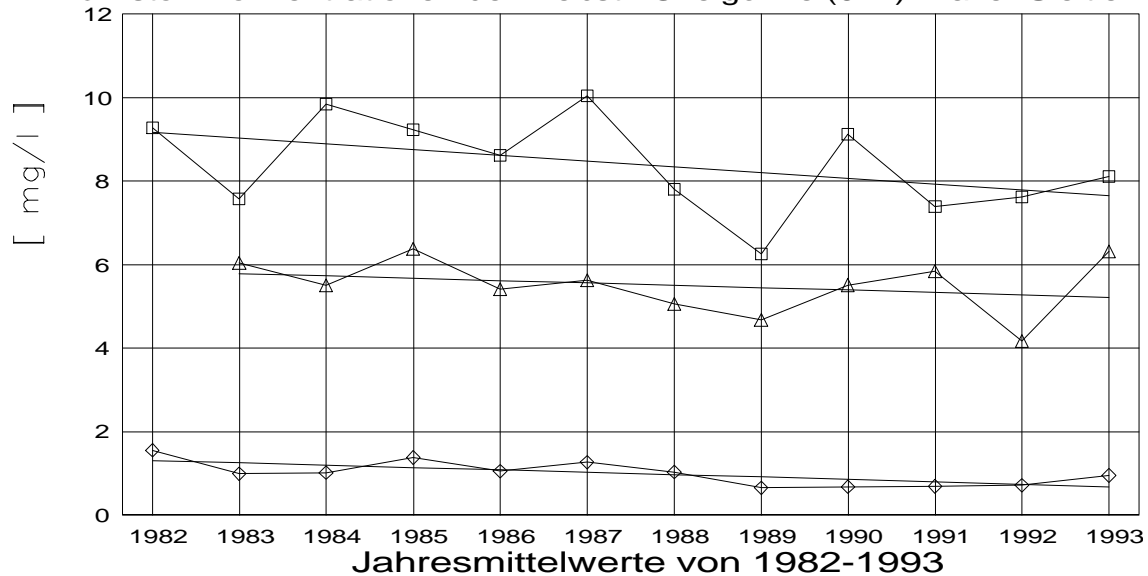
Ges. Stickstoff rd. 580 EW / km² (10 g pro EW pro Tag)

(zum Vergleich Landkreis Wesermarsch rd. 110 EW / km²)

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



□ BSB₅(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 BSB₅, 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.