



for a living planet

Ausbau der Unterems

*Eine Chronik der Maßnahmen seit 1984 mit einer
Bewertung der Umweltfolgen*



Herausgeber: WWF Deutschland, Frankfurt am Main
Stand: Dezember 2006
Autor: Dipl.-Biol. Jürgen Lange
Redaktion: Beatrice Claus, WWF Deutschland -
Int. WWF Zentrum für Meeresschutz, Hamburg
Layout: Astrid Ernst, Text- und Bildgestaltung, Bremen

© 2006 WWF Deutschland, Frankfurt am Main
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers

Titelfoto: Ems zwischen Herbrum und Papenburg bei Brahe: Verlust von Uferlebensraum durch steile Steinschüttungen. Foto: J. Lange.

Inhalt

Zusammenfassung	4
1 Einleitung	5
2 Chronologie der Eingriffe	6
2.1 Der 5,70 m - Ausbau	6
2.2 Der 6,30 m / 6,80 m – Ausbau	6
2.3 Der 7,30 m – Ausbau	7
3 Baggermengen	8
4 Hydrologie und Morphologie	12
5 Schwebstoffmengen im Wasser	13
6 Sauerstoffhaushalt	14
7 Gewässergüte	16
8 Biologie	18
9 Fazit	21
10 Literatur	22

Zusammenfassung

Zwischen 1984 und 1995 wurde die Unterems von Papenburg bis Emden in vier kurz aufeinanderfolgenden Schritten für die Überführung von Kreuzfahrtschiffen der Meyerwerft vertieft. Innerhalb eines Jahrzehnts wurde aus einer ökologisch intakten Flussmündung, die im Vergleich zu den anderen deutschen Flussmündungen aus ökologischer Sicht als besonders wertvoll galt, ein „Sanierungsfall“ gemacht. Ziel dieser Studie ist die Dokumentation und Bewertung der mit den Ausbauten verbundenen Veränderungen im Flussökosystem.

Durch die Vertiefungsmaßnahmen und insbesondere durch die nachfolgenden Unterhaltungsmaßnahmen haben sich die Sedimententnahmen aus dem Fluss (Baggermengen) um das 15- bis 30-fache erhöht. Auch nach in Betriebnahme des Emssperrwerks haben sich die Baggermengen nicht reduziert.

Folgen dieser Eingriffe sind:

- Katastrophale Verschlechterungen des Sauerstoffhaushaltes. Auf einer Gewässerstrecke von mindestens 15 Kilometern kommt es jedes Jahr über Monate zu dramatischen Sauerstoffmangelsituationen.
- Die Gewässergüte der Unterems wurde seitens der Behörden im Zeitraum von 1984 bis 2000 um drei Güteklassen heruntergestuft.
- Die Schwebstoffgehalte im Wasser der Unterems liegen um das 120-fache höher als in den Flussmündungen der Weser und Elbe. Wasserfiltrierende Lebewesen und Fische bekommen Sauerstoffprobleme, weil die Kiemen verstopfen. Die Seitenbereiche verschlickten und verlanden.
- Extreme Zunahme der Strömung im Strom. Zur Ufersicherung mussten deshalb 100% der Ufer mit Steinschüttungen befestigt werden. An der Unterems gibt es keine natürlichen Übergangsbereiche (Uferlebensräume) zwischen Wasser und Land.
- In den Seitenbereichen wurde die Strömung sehr reduziert, mit der Folge extremer Sedimentationsraten und Verlandung wertvoller Flachwasserzonen.
- Bei Ebbe sinken heute die Wasserstände 80 cm niedriger als vor 1984. Die Folge ist ein weiterer großer Verlust von wertvoller Flachwasserzonen und damit u.a. von Laich-, Ruhe- und Aufwuchsgebieten für Fische.
- Die Artenzahl der Wirbellosen-Lebensgemeinschaft hat sich stark reduziert. Der Bestand gilt als stark verarmt.
- Während die in Dezember und Januar aufsteigenden Meer- und Flussneunaugen den katastrophalen Zuständen Sauerstoffverhältnissen entgehen können, liegen jedoch die Laich- und Aufwuchsgebiete von Stint, Maifisch, Finte und auch von Zandern, Barschen und Weißfischen sowohl zeitlich als auch räumlich in der „toten Zone“. Ein erfolgreiches Durchwandern der Ems von Glasaal, Lachs, Meerforelle etc. oder ein Abwandern von Blankaalen ist angesichts des Gewässerzustandes nur schwer vorstellbar.

Die Unterems ist in großen Teilen ein europäisches Naturschutzgebiet. Ohne Maßnahmen zur Lösung der Schwebstoff- und Sauerstoffproblematik können die nationalen und europäischen Erhaltungsziele zum Beispiel als Lebensraum und Wanderweg für Fische auf Dauer nicht erreicht werden.

1 Einleitung

Zwischen 1984 und 1995 wurde die Unterems von Papenburg bis Emden in vier kurz aufeinanderfolgenden Schritten für die Überführung von Kreuzfahrtschiffen der Meyer-Werft vertieft. Bis zu diesem Zeitpunkt galt sie im Vergleich zu den bereits seit Jahrzehnten vertieften und für die Belange der Schifffahrt umgestalteten Flussmündungen (Ästuaren) von Weser und Elbe als das natürlichste Ästuar in Deutschland.

Mit den Emsvertiefungen seit 1984 gingen Veränderungen der Hydrologie und Morphologie einher, die zu massiven Verschlechterungen des Sauerstoffhaushaltes und der Biologie im gesamten tidebeeinflussten Bereich der Ems oberhalb Emdens führten. Ausmaß und Umfang dieser Verschlechterungen sind ein Indiz dafür, dass die ökologische Belastbarkeit und die Pufferkapazität des Ökosystems Unterems überschritten ist und die Funktionen im Naturhaushalt erheblich eingeschränkt sind.

Ziel dieser Studie ist, die mit den Ausbauten verbundenen ökologischen Veränderungen im Flussökosystem zu dokumentieren. Anhand der Parameter Hydrologie, Morphologie, Schwebstoffgehalte im Wasser, Sauerstoffhaushalt/Gewässergüte und Biologie werden die Veränderungen beschrieben und bewertet.



Abb. 0: Uferbefestigung und Bunnen an der Ems. Foto: B. Claus.

2 Chronologie der Eingriffe seit 1984

Tabelle 1: Übersicht über die wichtigsten Eingriffe an der Unterems seit 1984

Jahr	Eingriff
1984/1985	5,70m-Ausbau für die Meyer-Werft Papenburg („Homeric“-Vertiefung)
1991	6,30m-Ausbau für die Meyer-Werft („Zenith“-Vertiefung)
1993	6,80m-Ausbau für die Meyer-Werft
1994/1995	7,30m-Ausbau für die Meyer-Werft („Oriana“-Vertiefung)
2001	Inbetriebnahme des Emssperrwerkes mit Staufunktion für die Meyer-Werft

2.1 Der 5,70 m - Ausbau

Im Jahr 1984 begannen Vertiefungsbaggerungen an dem bis dahin vergleichsweise wenig angetasteten Flussabschnitt. Der Kreuzfahrtschiffsneubau „Homeric“ (5,70 m Tiefgang) der Papenburger Meyer-Werft war konkreter Anlass zu diesem Schritt. Die Fahrwassersohle zwischen Papenburg (km 0) und Weener (km 7) wurde um 1,90 m vertieft und dann bis Gandersum (km 32) leicht abschüssig auf 7,30 m unter MThw abgesenkt (s. Abb. 1, Sollsohle 5,70).

Mit Ausnahme punktueller Übertiefen wurde die Sohle dabei vollflächig abgebaggert. Darüber hinaus wurden einige Kurvenradien durch Baggerungen entschärft, am drastischsten bei Stapelmoor (km 4) und an der Weekborger Bucht (km 11), wo eine Emsschleife durchstochen und ein Leitdamm errichtet wurde. Abbildung 11 zeigt den dabei abgetrennten Altarm. Begleitet wurde diese Maßnahme durch verstärkte Befestigung der Ufer durch Steinschüttungen zum Schutz vor Erosion durch die verstärkten Strömungsgeschwindigkeiten (siehe Titelbild).

2.2 Der 6,30 m / 6,80 m – Ausbau

Ein weiterer Neubau der Meyer-Werft, die „Zenith“, erreichte einen Tiefgang von 6,80 m und erforderte eine weitere Vertiefung der Fahrrinne um 1,1 m bei Papenburg und um 0,90 m bei Gandersum (s. Abb. 1, Sollsohle 6,80m). Dieser Ausbau wird 6,30 m – Ausbau genannt, weil die Sollsohllage auf diese für die „Zenith“ nicht ausreichende Tiefe planfestgestellt wurde. Für die Überführung des Schiffes wurde die Option der einmaligen Herstellung der ausreichenden Tiefe für das 6,80 m tiefgehende Bemessungsschiff gleich mit planfestgestellt, anschließend sollte die Sohle per Unterhaltung auf 6,30 m gehalten werden. Mit Planänderungsbeschluss wurde dann im März 1993 die wiederholte Ausbaggerung für 6,80 m tiefgehende Schiffe nach Bedarf erlaubt.



Die „Norwegian Jewel“ vor den Hallen der Meyer Werft GmbH, Papenburg. Foto: Christian Brinkmann.

2.3 Der 7,30 m – Ausbau

Im Frühjahr 1994 beabsichtigt die Meyer-Werft die Überführung des 7,30 m tiefgehenden Kreuzfahrtschiffneubaus „Oriana“. Hierfür wurde die Ems mit entsprechendem Planfeststellungsbeschluss abermals vertieft. Die Sohllage berücksichtigt dabei erstmals eine Schiffsüberführung über zwei Tiden mit Zwischenstopp

bei Leer (s. Abb. 1, Bedarfstiefe ohne Stau 7,30m). Die Tiefe für das 7,30 m –Bemessungsschiff wird seitdem bedarfsweise für weitere Überführungen wiederhergestellt, ansonsten wird eine Basistiefe für 6,80 m tiefgehende Schiffe dauerhaft unterhalten.

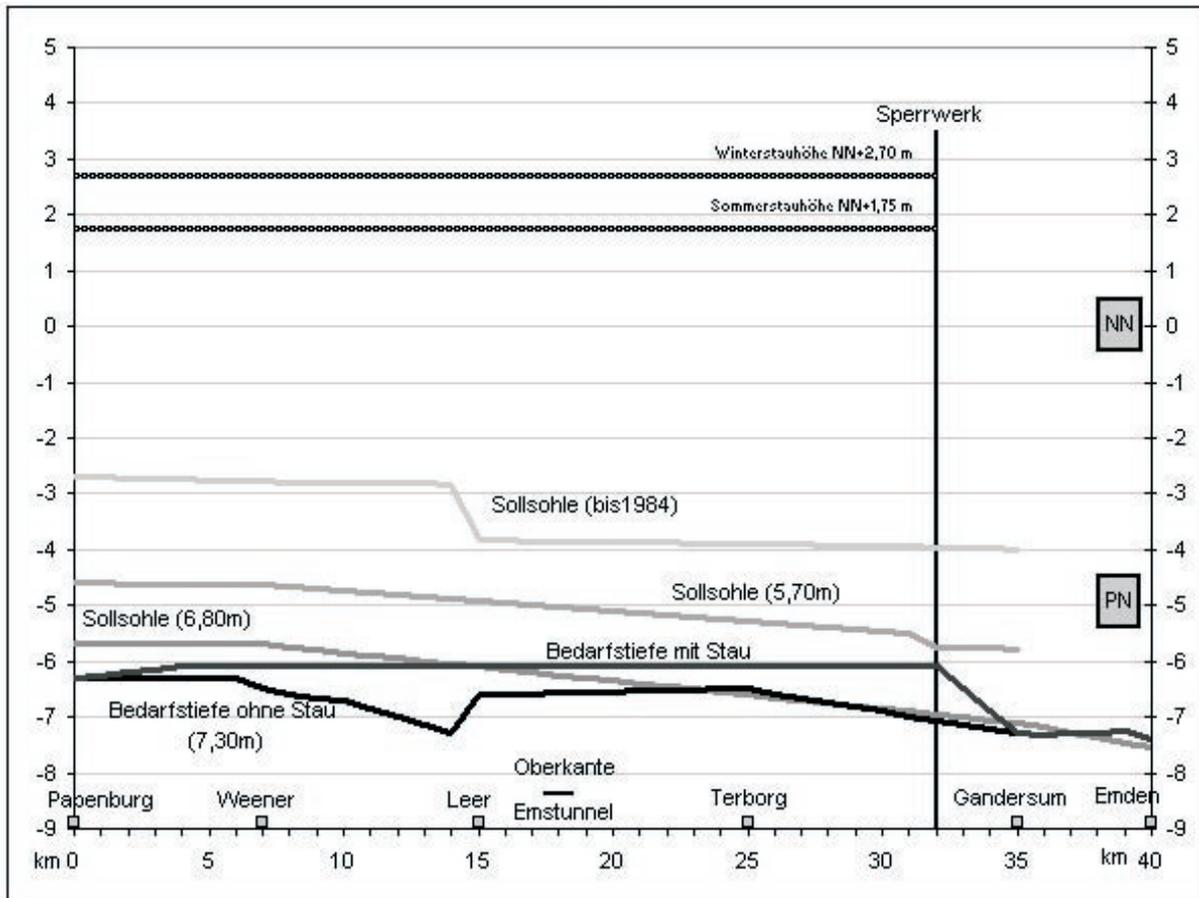


Abb. 1: Darstellung der Sohllagen an der Ems 1950 – 2006. Höhenlagen bezogen auf Normal Null (NN). PN: Pegelnull (NN – 5 m); Nach Angaben in IBL (1994), LEICHTWEISS-INSTITUT (1994), BAW (1994) und IBL (1997)

3 Baggermengen

Im frühen 20. Jahrhundert begann man mit Hilfe von Deckwerken und Bühnen entlang der Unterems das Strömungsmanagement. Durch die Verengung des Fließquerschnittes wurde die Strömung so beschleunigt, dass **ohne nennenswerte Baggerungen** bis in die 1980er Jahre eine Wassertiefe von 5,50 m unter dem mittleren Tidehochwasser (MThw) bis zur Ledamündung und weiter flussauf bis Papenburg von 4,50 m unter MThw gehalten werden konnte (Abb. 1, Sollsohle bis 1984).

Die typische Unterhaltungsbaggerung der 50er, 60er und auch der 70er Jahre bestand in **punktuellen Entnahmen** an Problemstellen, etwa zwischen Mark und Weener, an der Ledamündung oder auch direkt unterhalb der Schleuse Herbrum, wo regelmäßig zwischen 20.000 und 30.000 m³ sandige Sedimente entfernt wurden. Die insgesamt bewegte Sedimentmenge lag bei etwa 0,1 Mio m³ pro Jahr. Heute wird das Volumen jährlich um das 15- bis 30-fache übertroffen (Abb. 2).

In den 1970er Jahren fanden zusätzliche Sandentnahmen für den Deichbau statt, so dass die Baggermenge in diesem Jahrzehnt auf knapp 2,2 Mio. m³ anwuchs.

Im Rahmen der 5,70 m-„**Homeric**“-**Vertiefung** wurden dann 1985 etwa 1,36 Mio. m³ Sediment (LEICHTWEISS-INSTITUT 1994) entnommen. Die Unterhaltungsbaggerungen lassen sich fortan mit verschiedenen Schiffsüberführungen der Meyer-Werft korrelieren (Abb. 3 und 4). Tabelle 2 gibt einen Überblick über die bisher von der Meyer-Werft überführten Kreuzfahrtschiffsneubauten.

Für die „Crown Odyssey“, die 1988 flussabwärts fuhr, wurden zur Wiederherstellung der neuen Sollsohle knapp 390.000 m³ gebaggert (IBL 1994). Im Winter dieses Jahres begannen langanhaltende Baggerungen für diverse Schiffsüberführungen und zur Vorbereitung der „**Zenith**“-**Vertiefung**.

Tabelle 2: Die Kreuzfahrtschiffsneubauten der Meyer-Werft Papenburg

Jahr	Schiffsüberführung
April 1986	„Homeric“ (47.000 BRZ)
Juni 1988	„Crown Odyssey“ (40.000 BRZ)
Herbst 1989	„Homeric“ (Rücküberführung flussauf)
März/April 1990	„Horizon“ (46.811 BRZ) und „Westerdam“ (ex „Homeric“ mit nun 54.000 BRZ)
November 1991	„Zenith“ (47.255 BRZ)
Ende 1992	„Gemini“ (? BRZ)
Ende 1993	„Silja Europa“ (? BRZ)
Februar 1995??	„Oriana“ (66.153 BRZ)
November 1995	„Century“ (70.606 BRZ)
Ende 1996	„Mercury“ (77.700 BRZ)
August 1997	„Galaxy“ (77.700 BRZ)
August 1998	„SuperStar Leo“ (76.800 BRZ)
August 1999	„SuperStar Virgo“ (76.800 BRZ)
Februar 2000	„Aurora“ (77.700 BRZ)
Februar 2001	„Radiance of the Seas“ (90.090 BRZ)
Oktober 2001	„Norwegian Star“ (92.000 BRZ)
März 2002	„Brilliance of the Seas“ (90.090 BRZ)
November 2002	„Norwegian Dawn“ (92.000 BRZ)
Juli 2003	„Serenade of the Seas“ (90.090 BRZ)
April 2004	„Jewel of the Seas“ (90.090 BRZ)
Juni 2005	„Norwegian Jewel“ (93.500 BRZ)
März 2006	„Pride of Hawaii“ (93.500 BRZ)
November 2006	„Norwegian Pearl“ (93.500 BRZ)

Die nun zu baggernden Sedimente waren mit Ausnahme der Frühjahrsbaggerungen 1989 deutlich schlückiger geprägt als zuvor. Gleichzeitig **explodierte der Unterhaltungsbedarf** direkt unterhalb Herbrums, wo statt der bis dahin in etwa jährlich üblichen 30.000 m³ ab dem Jahr 1989 plötzlich etwa 200.000 m³ jährlich anfielen (schriftl. Mtl. WSA EMDEN, nach IBL 1994). Aus heutiger Sicht ist das sicherlich als ein erster Hinweis auf die sich anbahnenden Veränderungen des hydrologischen Gleichgewichtes der Unterems zu werten. Für die Überführung der „Zenith“ und die dafür erforderliche 6,30 m / 6,80 m-Vertiefung wurden zum Jahreswechsel 1991/92 insgesamt über 1,57 Mio. m³ gebaggert. Die Meyer-Werft lieferte in der Folgezeit die Neubauten „Gemini“ und „Silja Europa“ ab, wofür 1993 unter Entnahme von 780.000 m³ erneut die erforderliche Tiefe für 6,80 m hergestellt wurde.

Für die 7,30 m-„**Oriana**“-Vertiefung wurden 1994 insgesamt 2,2 Mio. m³ Sediment gebaggert, um im April 1995 die „Oriana“ und am Ende des Jahres die „Century“ abzuliefern. In diesem Jahr summierten sich die Vertiefungs- und Unterhaltungsbaggerungen auf 1,3 Mio. m³. Fortan lieferte die Meyer-Werft jährlich einen Neubau ab, für die quasi dauerhaft die Fahrrinntiefe von 7,30 m hergestellt blieb (Tabelle 2 und Abb. 4). Jährlich wurden dabei zwischen 1,3 und 1,5 Mio. m³ Sediment dem Fluss entnommen.

Ab 1999 erhöht sich die jährliche Baggermenge (Abb. 2). Die im Februar 2001 überführte „Radiance of the Seas“ stellt einen weiteren Quantensprung dar und hat einen Tiefgang von 7,50 m bei einer Verdrängung von 90.090 BRZ.

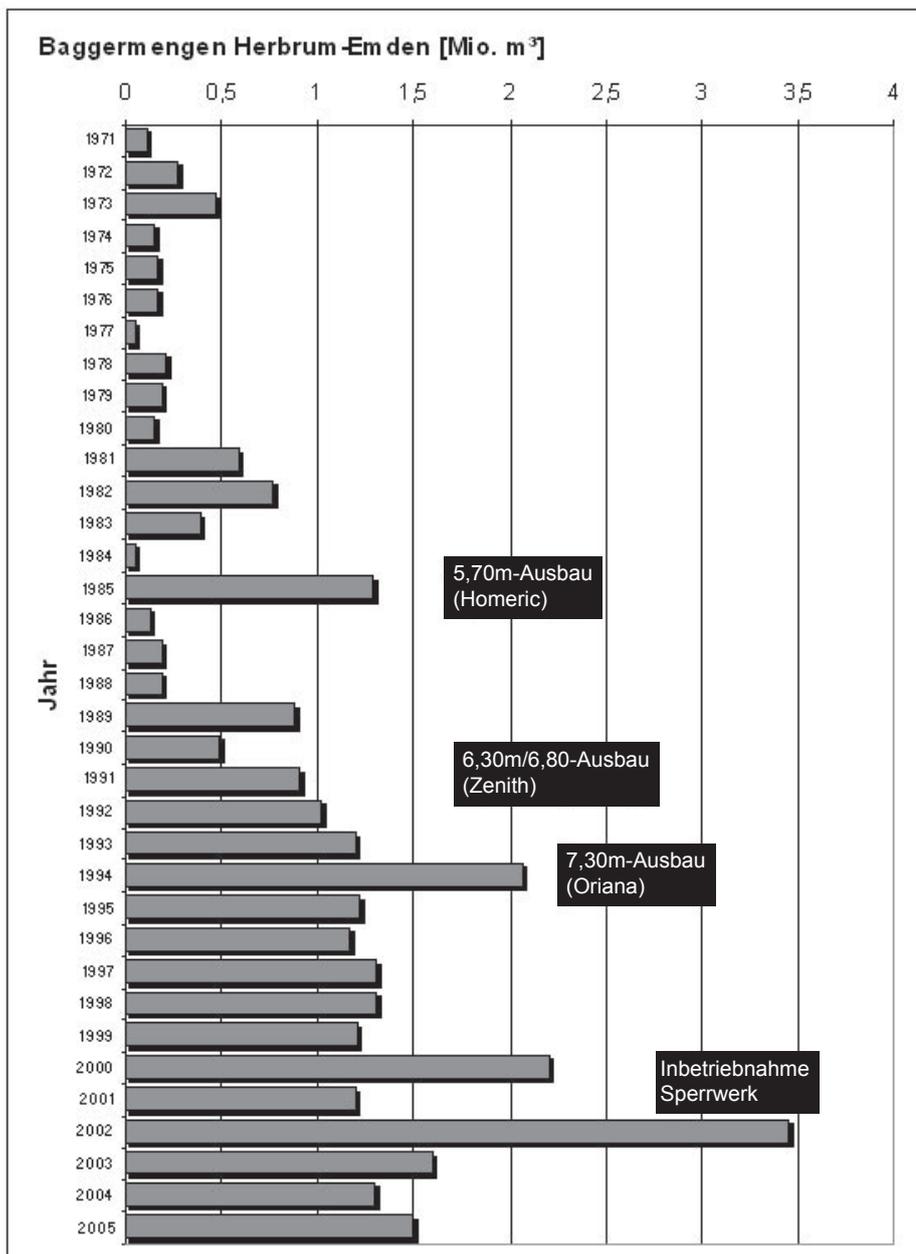


Abb. 2: Jahressummen der Baggervolumina aus der Ems zwischen Herbrum und Emden. Daten aus IBL (1994), WSA Emden (schriftl. Mitt. 2006), WSA Emden (fernmündl. Mitt. 2006)

Oktober 2001 wurde das Emssperrwerk mit Staufunktion in Betrieb genommen. Seit dem wird für die Überführung der Kreuzfahrtschiffe die Ems zur Herstellung der notwendigen Wassertiefen aufgestaut und ausgebaggert. Abb. 2 zeigt, dass es entgegen der Prognosen und Aussagen der Sperrwerksbetreiber nicht zu einer Reduzierung der Baggermengen durch die Nutzung des Staufalls gekommen ist.

Trotz des Sperrwerkes müssen seit 2003 jährlich weiterhin zwischen 1,2 und 1,6 Mio. m³ gebaggert werden (WSA EMDEN 2006, mdl. Mitt.). Einen Überblick über Baggermengen und Schiffsüberführungen geben die Abb. 3 und 4.

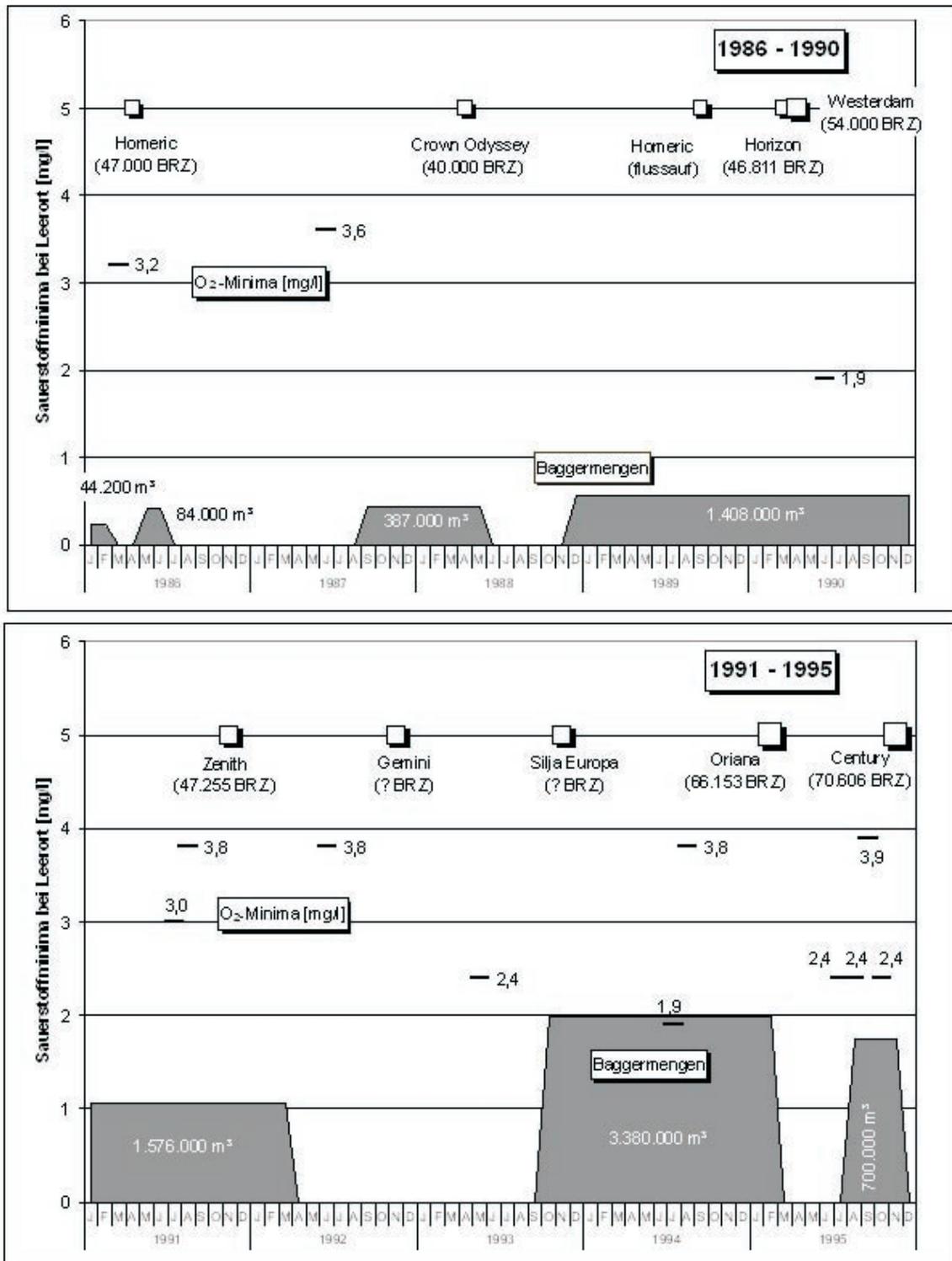


Abb. 3: Schiffsüberführungen, Baggermengen und Sauerstoffminima 1986-1995. Dargestellt sind monatliche Sauerstoffminima, sofern sie unter 4 mg/l liegen (grafische Auswertung: Fehler +/- 0,1 mg). Mangels präziserer Daten sind Gesamtbaggermengen einer Baggerperiode gleichmäßig auf die betreffenden Monate verteilt.

Die Vertiefungen haben zu weitreichenden Veränderungen der hydrologischen (z.B. Strömungen, Wasserstände) und morphologischen (z.B. Strukturen, Umlagerungsprozesse) Charakteristika der Unterems geführt, die durch Unterhaltung manifestiert werden,.

Die folgenden Kapitel umreißen Umfang und Bedeutung dieser Veränderungen für die Gewässergüte und die Ökologie der Unterems.

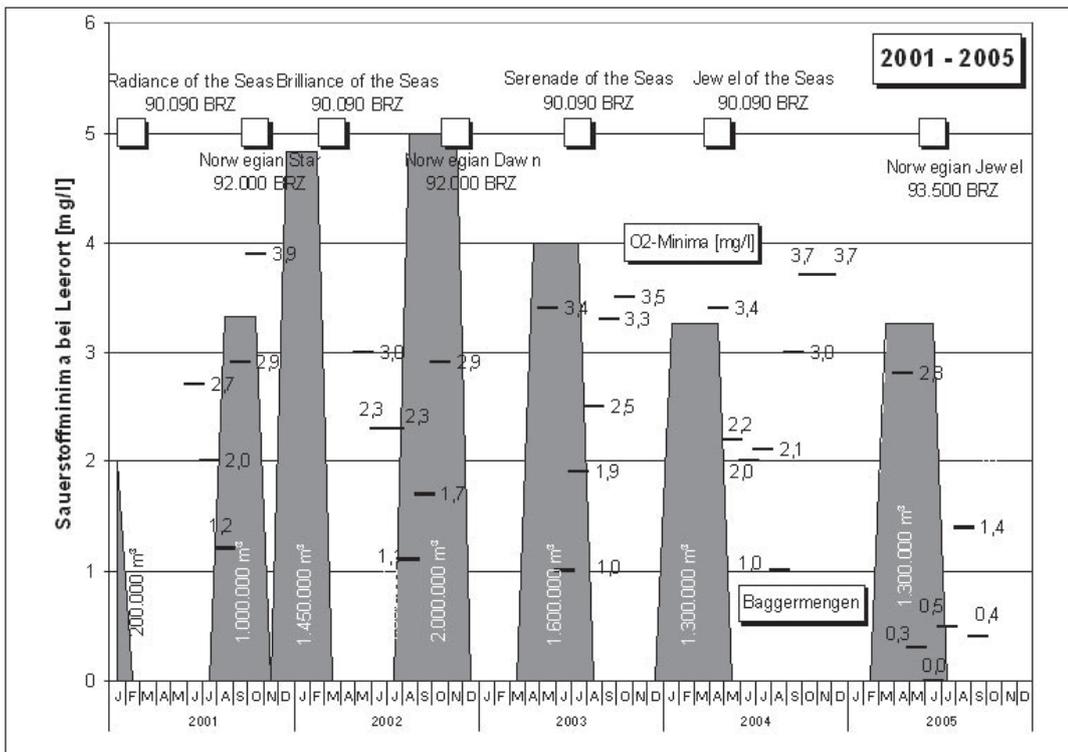
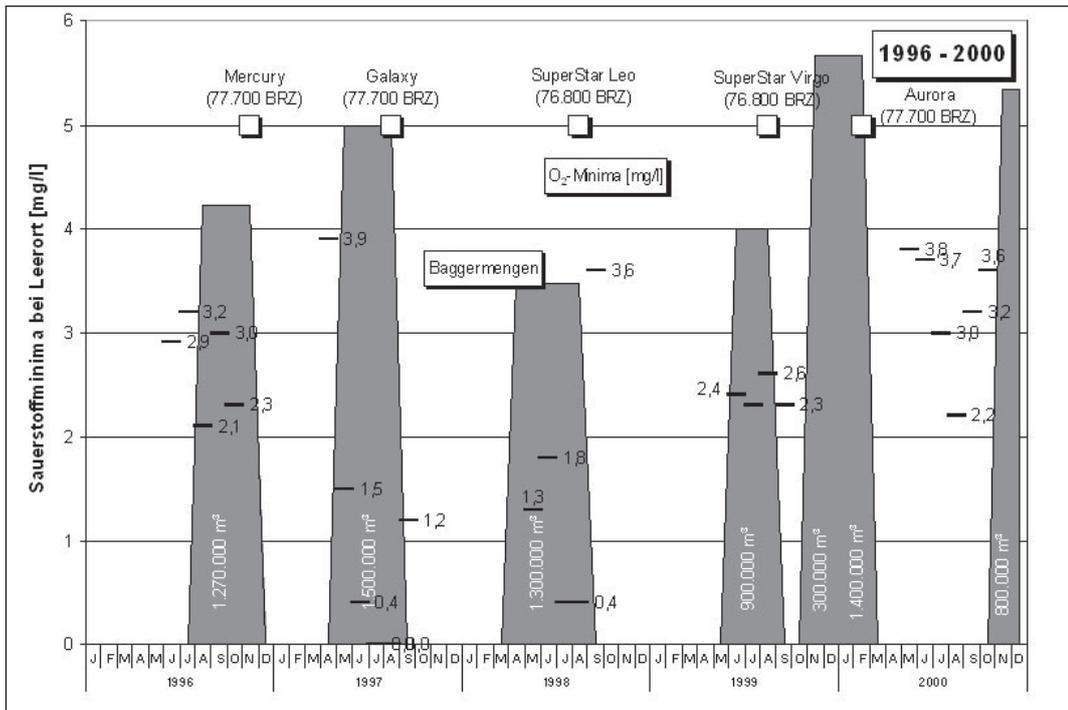


Abb. 4: Schiffsüberführungen, Baggermengen und Sauerstoffminima 1996-2005. Dargestellt sind monatliche Sauerstoffminima, sofern sie unter 4 mg/l liegen (grafische Auswertung: Fehler +/- 0,1 mg). Mangels präziserer Daten sind Gesamtbaggermengen einer Baggerperiode gleichmäßig auf die betreffenden Monate verteilt.

4 Hydrologie und Morphologie

Am direktesten und kausalsten sind die Eingriffe in die Morphologie ablesbar. Mäanderdurchstiche und Abflachungen von Kurvenradien führten zu einer **Verkürzung des Gewässers**, die Entnahme von Sohlsubstrat beseitigte Strömungshindernisse und vergrößerte den Fließquerschnitt. Das führte zu lokalen Verstärkungen und Beschleunigungen der Strömungen und einer Vergrößerung des insgesamt pro Tide ein- und ausschwindenden Wasserkörpers. Letzteres verstärkt wiederum die Tendenz zu **erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten**.

Das wird seitens des Strombaus nicht nur in Kauf genommen, sondern sogar bewusst herbeigeführt, da dies durch die verstärkte Mobilisation von Sedimenten und deren Abtransport aus dem System das Wiederauflanden eingrenzen und damit Unterhaltungsbaggeraufwand einsparen soll. Ein Konzept, dass insbesondere an der Weser recht gut funktioniert, an der Ems jedoch bislang als gescheitert anzusehen ist (s. u.). Eine stärkere Strömung mit erhöhter Schleppkraft geht jedoch zwangsläufig mit ebenso erhöhten Erosionskräften einher, so dass **begleitende Uferschutzmaßnahmen** (in der Regel Steinschüttungen, s. Titelfoto und Abb. 0) und Stromleitbauwerke erforderlich werden. Mittlerweile sind die Ufer der Unterems nahezu vollflächig mit Steinschüttungen gepanzert, was einem Totalverlust naturnaher Uferlebensräume entspricht.

Während in der Fahrrinne der Ems inzwischen extreme Strömungsgeschwindigkeiten vorkommen, haben sich parallel dazu die Strömungsgeschwindigkeiten in den Seitenbereichen verlangsamt. Dort kommt es zu sehr hohen Ablagerungsraten von Schwebstoffen und Sedimenten, die zur Verlandung von Seitengewässern und Flachwasserzonen führen.

Als Flussmündung ist die Ems tidebeeinflusst, d.h. es gibt Ebbe und Flut. Die Wasserstände bei Ebbe und Flut sind durch die Vertiefungen erheblich verändert worden. Der Tideniedrigwasserstand (MTnw, Ebbe) hat sich deutlich abgesenkt (Abb. 5), der Tidehochwasserstand (MThw) leicht erhöht (LEICHTWEISS-INSTITUT 1994). Der Absenk des MTnw übersetzt sich daher nahezu direkt in die verursachte **Erhöhung des Tidehubs**, die entsprechend dem Absenk des MTnw bei Papenburg und Herbrum am heftigsten ausfällt. Der Tidehub ist der Unterschied in den Wasserständen zwischen Ebbe und Flut und hat sich durch die Ausbaumaßnahmen seit 1984 um über 80 cm erhöht (IBL 1994). Für die Biologie der Unterems bedeuten diese Veränderungen einen umfangreichen qualitativen und quantitativen Verlust an wertvollen Lebensräumen, wie er in Kap. 8 aufgezeigt wird.

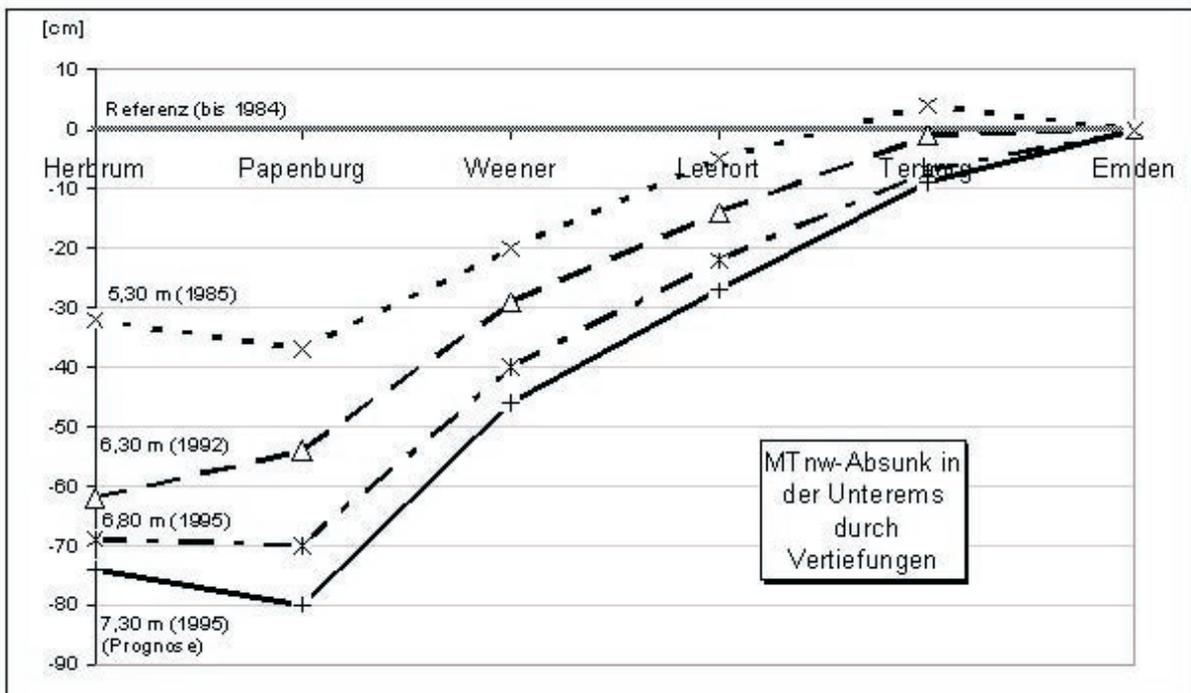


Abb. 5: Durch die Strombaumaßnahmen verursachter Absenk des Mittleren Tideniedrigwassers in der Unterems (verändert nach LEICHTWEISS-INSTITUT 1994). Es handelt sich um rechnerisch plausibilisierte Werte für die durch die Vertiefungen verursachten Veränderungen ohne Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren (Wiederaufsedimentation, Oberwasserzufluss, marine, säkulare und klimatische Faktoren etc.).

5 Schwebstoffmengen im Wasser

Die beschriebenen hydromorphologischen Veränderungen gehen einher mit drastisch erhöhten Schwebstoffmengen im Wasser und einer **veränderten Sedimentologie**, insbesondere im Bereich von Herbrum bis Leer. Nordseebürtige feinkörnige Trübstoffe akkumulieren sich hier bei niedrigen Oberwasserzuflüssen. Die Trübstoffgehalte erreichen dabei Werte, die bis dahin aus deutschen Flussmündungen unbekannt waren. Oberflächennah gemessene 1.000 mg/l Trübstoffe im Bereich von Papenburg bis Herbrum sind seit den 1990er Jahren keine Ausnahme mehr, auch **4.000 bis 6.000 mg/l** werden regelmäßig erreicht (STAWA AURICH 1997, BEZ.-REG. WESER-EMS 1998a). An Elbe und Weser verzeichnet man Maximalwerte um 1.000 mg/l ausschließlich nahe der Sohle, wo die Trübung in der Wechselzone zwischen Schwebstoffen und Gewässersohle erhöht sind. In der Wassersäule sind dagegen Werte um die 50 mg/l üblich (Tabelle 3).

In der ehemals sandigen Ems entstand jedoch sohnah ein „Teppich“ aus flüssigem Schlick von ungeahnten Ausmaßen, der mit den Gezeitenströmungen hin- und herschwappt. Dabei werden mobilisierbare Sedimente aufgewirbelt mittransportiert und andernorts wieder abgelagert. Dabei entsteht mit Flut und Ebbe ein typischer Zickzack-Transport, das „**Tidal Pumping**“.

An Weser und Elbe entsteht wegen der oberwasserbedingten Dominanz des Ebbstromes ein Nettotransport der Sedimente in Richtung Meer. In der Tideems jedoch kippt unter den derzeitigen Bedingungen dieses Tidal Pumping um und die entsprechenden feinkörnigen

Trübstoffe akkumulieren sich oberhalb der eigentlichen natürlichen Trübungszone im Süßwasserbereich (GEOSEA CONSULTING 1992). Dort sorgen sie für die **enormen Schwebstoffmengen** und die Ausbildung des „**fluid mud**“-Teppiches. Ursächlich verantwortlich hierfür ist der 5,70 m - Ausbau (GEOSEA CONSULTING 1992). In diesem „fluid mud“ werden Schwebstoffkonzentrationen bis weit über 100.000 mg/l gemessen. Das entspricht über 100 Gramm Trockengewicht (!) an festen, abfiltrierbaren, feinstkörnigen Stoffen aus jedem Liter Emswasser.

Dass der gesamte Wasserkörper der Unterems übermäßig stark getrübt ist, weisen die Messungen des durchlichteten Wassers an der Oberfläche nach, die in der Sichttiefe angegeben werden. Nur in durchlichtetem Wasser können Algen Photosynthese betreiben und so Sauerstoff im Wasser anreichern. Diese sogenannte photische Zone ist in der gesamten Unterems über lange Zeiträume mittlerweile nur noch ein bis zwei cm dünn, während beispielsweise in der Unterweser im Schnitt 30 cm Sichttiefe messbar sind. Diese Trübung des Emswassers ist so auffällig, dass man sie sogar vom Weltall aus sieht, wie ein Screenshot des Satellitenfoto-Browsers Google Earth nachweist (Abb. 10). Die Ems macht den Eindruck eines „gelben Flusses“.

Tabelle 3: Schwebstoffgehalte und Sichttiefen an limnischen Tideabschnitten von Elbe, Weser und Ems

	Elbe*	Weser**	Ems
Schwebstoffgehalt oberflächennah	50 mg/l	50 mg/l	bis 6.000 mg/l
Schwebstoffgehalt sohnah	bis 1.000 mg/l	bis 1.000 mg/l	bis über 100.000 mg/l
Sichttiefe	ca. 30 cm	ca. 30 cm	1 bis 2 cm

Quellen: * Planungsgruppe Umwelt & Ökologie Nord 1997, **BFG 1994

6 Sauerstoffhaushalt

Der organische Anteil der Schwebstoffmassen wird von Mikroorganismen, die für ihren Stoffwechsel große Mengen Sauerstoff verbrauchen (Biologischer Sauerstoffbedarf), abgebaut. Dadurch kommt es zu einem sehr hohen Sauerstoffverbrauch in der Unterems, der durch die schlechten Lichtverhältnisse und dadurch eingeschränkte Sauerstoffproduktion von Algen nicht ausgeglichen werden kann. Als Folge davon kommt es in der Unterems auf einer Gewässerstrecke von mindestens 15 Kilometern über Monate jedes Jahr zu **dramatischen Sauerstoffmangelsituationen**. Im Sommer 1991 trat zum ersten Mal auf nahezu der gesamten Lauflänge oberhalb von Leer eine ausgeprägte Sauerstoffmangelsituation auf (IBL 1994), die sich seitdem jährlich wiederholt. Abbildung 7 gibt einen Überblick über die Entwicklung von gemessenen Sauerstoffgehalten in verschiedenen Abschnitten der Unterems. Dabei wachsen räumliche und zeitliche Ausdehnung und die gemessenen Minimalkonzentrationen werden immer geringer (vergl. Abb. 3 und 4).

In jüngerer Zeit dehnen sich diese Mangelzeiten auf das Frühjahr und den Herbst aus. Abbildung 6 gibt für drei Dauermessstellen an der Ems einen Überblick über die allmähliche Zunahme von Tagen im Jahr, an denen Sauerstoffminima unterhalb 4 mg/l gemessen werden. Das ist eine Konzentration, bei der Fische physiologische Probleme bekommen und Ausweichwanderungen beginnen, während bei Fischlaich, Fischlarven und auch bei Jungfischen mit großen Sterberaten zu rechnen ist. Oberhalb Gandersum herrschen solch dramatische Zustände mittlerweile an über hundert Tagen im Jahr.

Auch in den Abb. 3 und 4 lässt sich deren Zunahme und jahreszeitliche Ausdehnung verfolgen. Wie die Jahre 2004, 2005 und 2006 zeigen, ist mittlerweile **von April bis November mit Sauerstofflöchern** zu rechnen. Das sind Zustände, die man sonst nur aus stehenden, überdüngten und/oder massiv verschmutzten Gewässern kennt, und damit ist die Laich-, Schlüpf- und Abwachszeit aller relevanten Fischarten der Ems durchgängig von Sauerstoffverlust bedroht. Darunter sind die wirtschaftlich bedeutsamen und/oder bedrohten und geschützten Arten Stint, Aal, Maifisch und Finte. Alle beobachtbaren Trends sprechen dabei eher für eine weitergehende Zuspitzung der Situation.

Mit diesem **Kollaps des Sauerstoffhaushaltes** seit den 1990er Jahren widerfuhr der Unterems ein geradezu umgekehrtes Schicksal als der Weser und der Elbe. Dort konnten langjährig bestehende, durch Abwasser- und Abwärmeeinleitungen verursachte Sauerstoffprobleme vor allem durch massive Investitionen in verbesserte kommunale Klärwerke in den Griff bekommen werden. An der Unterems waren solche Probleme bis 1991 nahezu unbekannt. Kommunale und industrielle Einleitungen spielten hier offensichtlich eine untergeordnete Rolle. Im Jahr 1983 waren nach ehrgeizigen Investitionen die Kläranlagen von Papenburg, Leer und Emden mit biologischen Klärstufen ausgerüstet (AG REINHALTUNG DES EMS-DOLLART-ÄSTUARS 1984). Dennoch entwickelten sich an der Ems diese beispiellosen Sauerstoffprobleme.

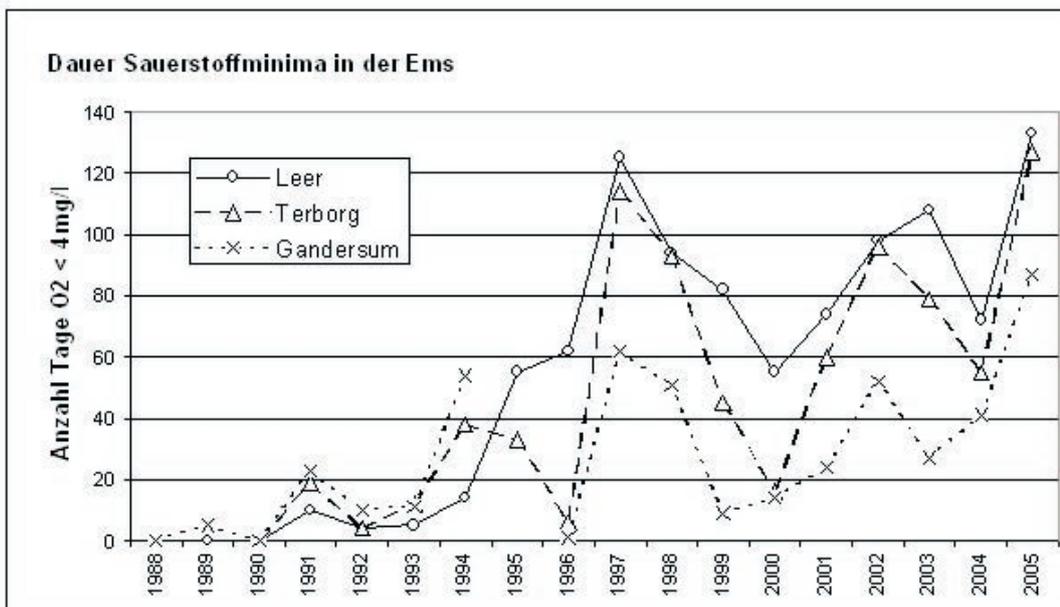


Abb. 6: Dauer der Sauerstoffminima, angegeben in den Jahressummen von Tagen, an denen 4 mg/l Sauerstoffgehalt unterschritten wird. Ausgewertet wurden die Dauermessstellen Leerort, Terborg und Gandersum (schriftl. Mitt. NLWK Aurich 2006). Aufgrund grafischer Auswertung ist mit Fehlertoleranz von +/- 2 bis 5 Tagen zu rechnen.

7 Gewässergüte

In der seit 1975 angewendeten bundeseinheitlichen Gewässergüteklassifizierung stellt sich der Ausgangszustand an der Unterems vor 1984 folgendermaßen dar: Der Emsabschnitt unterhalb der Ledamündung bis Gandersum wurde in die Gewässergüteklasse II-III eingestuft. Dies ist die mittlere von sieben Güteklassen, die „kritisch belastete“ Gewässerabschnitte beschreibt, in denen der Sauerstoffhaushalt durch zehrende Prozesse wiederkehrend belastet ist und in denen die Artenzahlen an Makroorganismen zurückgehen. Dies ist für Tidegewässer im Bereich ihrer Trübungswolke ein durchaus natürlicher Zustand, ein solcher Gewässerabschnitt kann per se nicht den Gütezustand eines Gebirgsbaches erreichen. Keine Brackwasserzone einer Flussmündung hat jemals eine bessere Gewässergüteklassifizierung als II-III erhalten.

Im Süßwasserbereich oberhalb der Ledamündung wurde die Ems allerdings noch bis 1993 in die **Güteklasse II** eingestuft (Abb. 8), und das ist außerordentlich bemerkenswert. Die Beschreibung dieser Klasse lautet „mäßig belastet“, Gewässerabschnitt mit guter Sauerstoffversorgung, sehr großer Artenvielfalt, großflächigen Wasserpflanzenbeständen und ertragreichem Fischbestand. Kein anderes tidebeeinflusstes Gewässer in Deutschland hat jemals eine so gute Gewässergüteklassifizierung erreicht. Im gesamten Dienstbezirk des NLWK Aurich bzw. des seinerzeitigen StAWA Aurich ist die Ems oberhalb der Leda das einzige Gewässer dieser Güteklasse (WWA Aurich 1987, NLWA 1991). Ein ökologisch außergewöhnlich gut intaktes Tidegewässer, das in Deutschland und den europäisch benachbarten Flussmündungen seinesgleichen sucht (vielleicht abgesehen von der dänischen Ribe Aa in Dänemark).

Im Gewässergütebericht von 1990, also nach dem 5,70 m – Ausbau, wird diese Gewässergüteeinteilung bestätigt. Erst 1993, nach dem 6,30 m – Ausbau, verändert sich das Bild (STAWA AURICH 1994). Die Unterems wird auf ganzem Lauf von Gandersum bis Herbrum in die Klasse II-III eingestuft, womit der so hervorragend beurteilte **Oberlauf um eine Güteklasse zurückgestuft** wurde (Abb. 8).

Im Jahr 2000 behält dann lediglich der Abschnitt unterhalb des Jemgumer Sandes (km 24) die Güteklasse II-III, von dort aufwärts bis Soltborg (km 19, beim Emstunnel unterhalb Leer) wird nur mehr die Klasse III erreicht („stark verschmutzt“, starke organische Verschmutzung, meist niedriger Sauerstoffgehalt, wenige, unempfindliche Makroorganismen, Möglichkeit periodischer Fischsterben). Für die gesamte restliche Unterems oberhalb des Emstunnels und auch den Unterlauf der Leda wird fortan aber die **zweitschlechtest bestehende Güteklasse III-IV** angegeben (NLWK AURICH 2001) „Gewässer sehr stark verschmutzt, weitgehend eingeschränkte Lebensbedingungen, zeitweilig totaler Sauerstoffschwund, Fische nur örtlich begrenzt und nicht auf Dauer anzutreffen“, so lautet die Umschreibung dieser Güteklasse. Im Gütebericht 2004 wird diese Beurteilung bestätigt (NLWK AURICH 2005). (s. Abb. 8).

Ein solch rapider Verlust an Gewässergüte um drei Güteklassen ist sehr selten und außergewöhnlich. Die Kriterien dafür sind eindeutig: neben dem Totalverlust submerser Makrophyten (höherer Wasserpflanzen) und einem Rückgang der Artenvielfalt der epibenthischen Makrofauna (über dem Sediment lebende, nichtplanktische Wassertiere) sind vor allem die beschriebenen schwerwiegenden Probleme im Sauerstoffhaushalt und die überaus stark gestiegenen Schwebstoffgehalte die Ursache dafür.

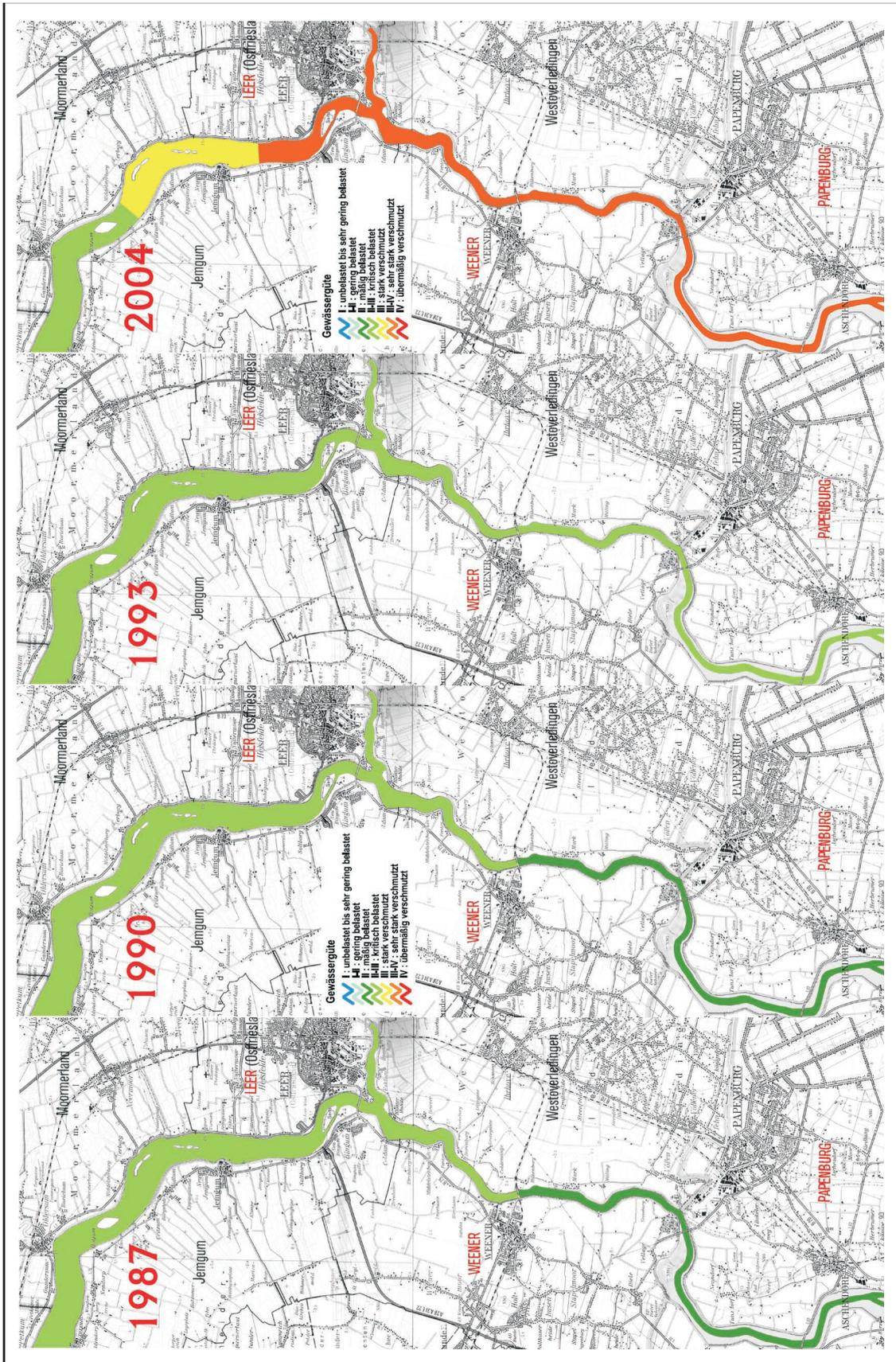
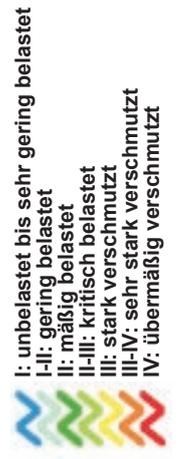


Abb. 8: Entwicklung der Gewässergüte an der Ems 1987 – 2004.



8 Biologie

Die Flora und Fauna der Unterems im Zustand vor der Vertiefung 1984 ist für ökosystemare Betrachtungen nur unzureichend bekannt. Dies gilt zwar weniger für die terrestrischen Habitate auf den Deichvorländern, für die Vegetationsaufnahmen und auch Brut- und Rastvogelkartierungen älteren Datums vorliegen. Diese sind jedoch durch die Vertiefungen vergleichsweise wenig betroffen.

Die aquatische Flora und Fauna als Hauptleidtragende sind dagegen wenig untersucht. Neben den direkten **Verlusten durch die Baggerungen** der Fahrrinnensohle und den Verlusten von Uferlebensräumen durch Steinschüttungen erfuhr die aquatische Lebenswelt der Unterems eine drastische Verschlechterung der Lebensraumqualitäten und Funktionen.

Wertvolle, für wandernde Fischarten leicht erreichbare **tidebeeinflusste Flachwasserbereiche gingen verloren** durch Abschneiden von Altarmen oder wandelten sich durch den kräftigen Absink der Wasserstände bei Ebbe (Tideniedrigwasser, MTnw) in periodisch trockenfallende Wattbereiche. Damit verlieren sie zentrale ökologische Funktionen, z. B. als Laich-, Aufwuchs-, Ruheplatz für Fische. Dem Verlust solcher Rückzugsräume stehen verschlechterte Bedingungen in der verbleibenden Stromrinne gegenüber.

Das verschärfte Strömungsregime stellt z. B. erhöhte Anforderungen an die Schwimmleistungen der Organismen und verlängert die Zeiten, in denen sie in Stein- und Sedimentlücken zu starke Strömungsgeschwindigkeiten überdauern müssen. Das Ganze bei den geschildert extremen Trübungswerten, die eine optische Orientierung unmöglich machen und die Atmung, z. B. über sich zusetzende Kiemen, erschweren. Schließlich wiederholen sich periodisch extreme Sauerstoffmangel-



situationen, die von den meisten höheren Organismen nicht toleriert werden können, so dass kilometerlange Flussabschnitte als Lebensraum nicht mehr zur Verfügung stehen.

Photosynthetisierende, planktische Algen können einen wichtigen Beitrag zum biologisch bedingten Eintrag von Sauerstoff in den Wasserkörper leisten. Sie gelangen bei Herbrum mit dem Oberwasser in die Unterems. Es gibt keine eingehende Untersuchung des Phyto- oder Zooplanktons der Unterems. Die dort aktuell herrschenden Licht- und Strömungsverhältnisse sind allerdings ungeeignet, planktischen Organismen den Aufbau von Populationen zu ermöglichen. Vielmehr beginnt ab dem Wehr Herbrum das rasche **Absterben eindriftender Plankter**, die so ihrerseits zu organischem Schwebstoff werden und unter Sauerstoffverbrauch abgebaut werden.

Auch eine nicht näher beschriebene submerse Makrophytengesellschaft (höhere **Unterwasserpflanzen**) im Flussabschnitt oberhalb Papenburgs bis Herbrum verschwand in Folge der veränderten Rahmenbedingungen nach dem 5,70 m - Ausbau (IBL 1994, Abschnitt C S.55 und 149). Ursachen hierfür dürften der erhöhte Tidehub, verschärfte Strömungen und das verschlechterte Lichtklima in dem nun stark getrübbten Wasser sein.

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde in Koblenz erfasste im Jahr 1990 im Zuge der Umweltverträglichkeitsuntersuchung zum 6,30 m - Ausbau den Zustand des **Makrozoobenthos** von Papenburg bis Emden (BFG 1990). Festgestellt wurden bei Greiferbeprobungen des Sohlsubstrates eine durchschnittliche Artenzahl von etwas mehr als 2,5 Arten, gemittelt aus allen Proben der Untersuchung.



links: Zerstörung von Uferlebensräumen durch Steinschüttung und Verschlickung. Foto: B. Claus.

oben: Kleine Schnauzenschnecke (*Bithynia Tentaculata*), wurde 1992 noch in der Unterems gefunden (IBL 1994). Extreme Schwebstofffrachten zerstören ihren Lebensraum und erschweren die Atmung.

Die Unterems wurde in drei Besiedlungszonen aufgeteilt, die sich im Wesentlichen an den durchschnittlichen Salzgehalten orientieren. Die in diesen Zonen vorgefundenen durchschnittlichen Artenzahlen sind in Abb. 9 wiedergegeben. Es zeigt sich, dass der Abschnitt von Terborg bis Gandersum die vergleichsweise höchste Artendichte aufweist.

Dieses Bild bestätigt sich in drei nachfolgenden, von Methodik und Umfang her vergleichbaren Untersuchungen aus 1992, 1994 und 1997 (ARNTZ 1992, IBL 1994, IBL 1997), allerdings fand ARNTZ im Mittelwert durch die Gesamtproben 4,3 Arten, während diese Zahl 1994 und 1997 auf nurmehr 1,25 bzw. 0,9 Arten abrutscht. Die IBL-Untersuchungen berücksichtigten eine vierte Besiedlungszone oberhalb Papenburgs, aus denen die Transekte zwischen Herbrum und Papenburg für die Darstellung in Abb. 9 herangezogen sind.

Es wird deutlich, dass mit Ausnahme der Untersuchung von 1994 eine fortschreitende Verarmung festzustellen ist, die 1990 auf einem bereits als verarmt einzustufenden Niveau ansetzt. Die Individuendichten wurden ebenfalls untersucht, sind jedoch abhängig von den Substrateigenschaften und anderen Faktoren stark schwankend und darüber hinaus weniger aussagekräftig für den ökologischen Zustand des Gewässers. Allerdings korrelieren die Verteilungsmuster des Makrozoobenthos

benthos negativ mit dem Vorkommen mobiler, instabiler Sedimente, also des „fluid muds“, der praktisch unbesiedelt bleibt (IBL 1994, Abschnitt C, S. 151).

Die **Fischfauna** der Unterems ist ähnlich lückenhaft untersucht wie das Makrozoobenthos. Eine Reihe von haupt- und nebegewerblichen Fischern betreiben entlang der Unterems Hamenfischerei, bei der ein quer zur Fließrichtung stehender Netzsack in der Strömung steht und mit den Gezeiten umschlägt. Schwerpunktmäßig verteilen sich die Hamenstellen auf den Abschnitt unterhalb Leers.

DAHL und HULLEN (1989) weisen anhand älteren Datenmaterials für die Unterems einen „naturnahen Fischbestand“, u. a. mit den Rote-Liste-Arten Arten Meer- und Flussneunauge, Stör, Finte, Alse, Lachs, Meerforelle, Schnäpel, Quappe, Schlammpeitzger und Zährte nach.

ARNTZ (1992) wertete Anlandungsmengen der gewerblichen Fischer an die zuständigen Fischereibehörden über die vergangenen Jahrzehnte aus. Dies ist leider ein eher unscharfes Bild von den jeweilig tatsächlich vorhandenen Fischpopulationen der Unterems, da sich aus den verschiedensten Gründen der Fischereiaufwand von Jahr zu Jahr geändert haben wird, allein schon aus sich wandelnden Konsumwünschen der Verbraucher.

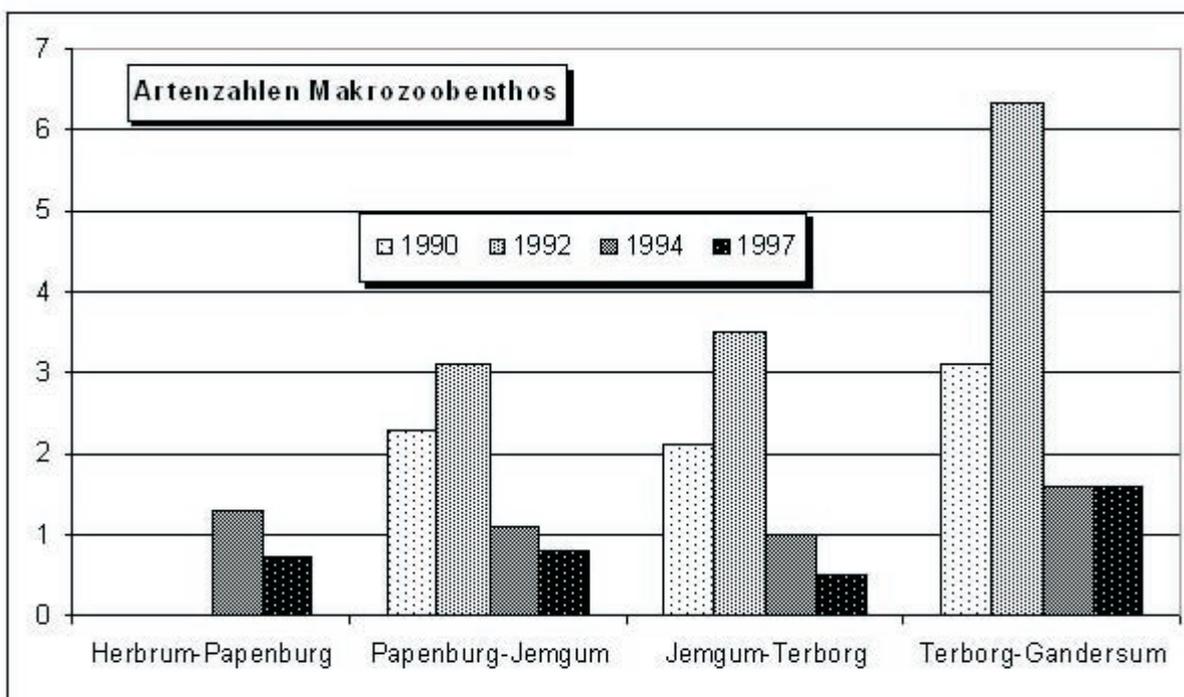


Abb. 9: Anzahl der bei Bodengreiferbeprobungen vorgefundenen Arten des Makrozoobenthos und der Endofauna 1990 bis 1997. Mittelwerte aus den jeweiligen Quertransekten in verschiedenen Emsabschnitten. Daten nach BFG (1990), ARNTZ (1992), IBL (1994 und 1997).

Deshalb werden zusätzlich insgesamt 318 Hamenfänge vollständig ausgewertet. Der Autor listet insgesamt 37 Artennachweise auf, darunter 20 marine, 10 limnische und 7 euryhaline, d. h. wechselnden Salzgehalten angepasste Arten. Schnäpel und Stör sind nicht darunter.

Kernaussage von ARNTZ ist allerdings ein in den 1980er Jahren einsetzender rückläufiger Trend der Anlandungszahlen bei den wichtigsten Konsumfischarten (Aal, Flunder, Seezunge, Stint, Hering), der sich bis zum letzten Untersuchungsjahr 1991 fortsetzt. Nach Aussagen des Staatlichen Fischereiamtes Bremerhaven fand dieser Trend auch in den Jahren 1994, 1995 und 1996 eine Fortsetzung (nach Angaben in BEZ.-REG. WESER-EMS, 1998b, S. 255). Dies ist ein deutlicher Hinweis auf zurückgehende Populationen, allerdings ist die Plausibilisierung von Ursachen hier sehr komplex. Schließlich ist an der gesamten Nordsee die Berufsfischerei allgemein rückläufig, und die Gründe für sich verschlechternde Fangerträge können vielschichtig und auch artspezifisch unterschiedlich sein. So sind die hier betrachteten Arten ausnahmslos Wanderarten, die einen beträchtlichen Teil ihres Lebens außerhalb der Unterems in Nordsee, Atlantik oder oberhalb liegenden Süßgewässern verbringen und auch dort auf mögliche Ursachen für Populationseinbrüche treffen (Verschmutzung, Überfischung etc.).

GAUMERT und KÄMMEREIT (1993) werteten Fischmeldungen aus Sport- und Berufsfischerei aus und geben für die Unterems 36 Arten (ohne einen verirrtten Bitterling und die außerhalb unseres Betrachtungsgebietes lokalisierten Rapfen und Moderlieschen) an, die sich ausschließlich aus limnischen und euryhalinen

Arten zusammensetzen, also ein insgesamt größeren Artenreichtum darstellen. Allerdings entspringen diese Daten keiner Untersuchung aus definiertem Untersuchungszeitraum, sondern akkumulieren die Meldungen aus vielen Jahren. Nach Angaben von IBL (1994 Abschnitt C, S. 53) liegen dem Niedersächsischen Landesamt für Ökologie Meldungen für Stör, Alse, Finte, Nase, Zope und Zährte aus dem Zeitraum nach 1981 vor.

Der LANDESFISCHEREIVERBAND WESER-EMS (2003) untersuchte in den Jahren 2001 bis 2002 ebenfalls den Beifang aus 11 Netzen an zwei Hamenstellen in der Nähe des Emstunnels (km 19). Es wurden bemerkenswerte 38 Arten identifiziert, darunter die Rote-Liste-Arten Fluss- und Meerneunauge, Finte, Hecht, Lachs, Quappe, Zope und Schlammpeitzger. Am erstaunlichsten ist dabei wohl der erneute Nachweis eines Atlantischen Störes (*Acipenser sturio* L.) und die Aussage des Fischers, dass auch in den Vorjahren hin und wieder junge Störe in den Netzen gefangen wurden.

Diese Untersuchungen weisen auf ein relativ reiches Arteninventar der Fischfauna in der Unterems hin und verdeutlichen, dass dieser Flussabschnitt, wenn auch bei insgesamt wahrscheinlich rückläufigen Populationen, ein immer noch gutes und bislang stabiles Potential hat. In sauerstoffreichen Zeiten (Herbst und Winter) können Fische wieder einwandern und die Ems besiedeln. Allerdings berücksichtigen die Hamenuntersuchungen nicht die am heftigsten von Gewässergüteverschlechterungen betroffenen Bereiche oberhalb Leers.



Abb. 10: Satellitenaufnahme der Unterems mit deutlicher Wassertrübung. Die Aufnahme datiert etwa aus 2002 (Google Earth, Download vom 14.11.2006).

9 Fazit

Es ist nach der dargestellten Erkenntnislage deutlich, dass die morphologischen Eingriffe in die Unterems heftige Veränderungen der hydrologischen Rahmenbedingungen herbeiführten, in deren Folge katastrophale Verschlechterungen des Sauerstoff- und Schwebstoffhaushaltes eintraten. Diese dauern bis heute an oder verschärfen sich gar noch. Insbesondere oberhalb Leer äußert sich das in ungemein hohen Schwebstofffrachten, wiederkehrendem völligen Sauerstoffschwund, Totalverlust an Wasserpflanzen und stark verarmtem Makrozoobenthosbestand.

Angesichts der räumlichen Ausdehnung der über Monate andauernden Sauerstoffmangelsituationen in der Unterems, fehlender Seitenbereiche und abgetrennter Nebengewässer ist eine Flucht und Ausweichen der Tiere nicht möglich. Die Schwebstoffmassen dürften auch filtrierenden Organismen wie Schwebegarnelen und vor allem Muscheln die Aufrechterhaltung von Populationen unmöglich machen.

Während die in Dezember und Januar aufsteigenden Meer- und Flussneunaugen die Chance haben den katastrophalen Zuständen entgehen zu können, liegen jedoch die Laich- und Aufwuchsgebiete von Stint, Maifisch, Finte und auch von Zandern, Barschen und Weißfischen sowohl zeitlich als auch räumlich in der „toten Zone“. Ein erfolgreiches Durchwandern der Ems von Glasaal, Lachs, Meerforelle etc. oder ein Abwandern von Smolts und Blankaalen ist angesichts des Gewässerzustandes nur schwer vorstellbar.

Dabei ist zu bedenken, dass eventuelle Fischsterben in der Tideems wohl unbemerkt ablaufen würden, einerseits, weil es in dem vergleichsweise großen, turbulenten und stark trüben Wasser zu keinen auffäl-

ligen Ansammlungen toter Fische kommen würde und andererseits, weil die Fische abhängig von ihrer artspezifischen Toleranz, ihrem Alter und ihrem Ernährungs- bzw. Gesundheitszustand unterschiedlich empfindlich reagieren, es also zu einem „schleichenden“ Tod kommt.

Es besteht akute Gefahr, die gerade als europäisches Naturschutzgebiet (FFH-Gebiet) gemeldete Unterems als aquatischen Lebensraum komplett zu verlieren. Und das zu einem Zeitpunkt, wo die Bundesrepublik in Folge der europäischen Wasserrahmenrichtlinie verpflichtet ist, über aktuelle Entwicklungen aller Gewässer zu berichten, Konzepte zur Verbesserung des ökologischen Zustandes vorzulegen oder, wie im Falle eines hier mittlerweile vorliegenden „heavily modified waterbodies“, wenigstens das ökologische Potential zu verbessern und keinerlei Verschlechterungen desselben zuzulassen. Es ist dringend notwendig umfassende Renaturierungsmaßnahmen für einen völlig desolaten, nicht hinnehmbaren ökologischen Zustand eines international bedeutsamen Lebensraumes mit überregionalen ökologischen Funktionen zu ergreifen.

Vier aufeinander folgende Vertiefungen und Ausbauten der Unterems innerhalb eines Jahrzehnts haben aus einer ökologisch intakten Flussmündung, die im Vergleich zu den anderen deutschen Flussmündungen aus ökologischer Sicht als besonders wertvoll galt, einen „Sanierungsfall“ gemacht. Es besteht ein dringender Handlungsbedarf für die Lösung der Schwebstoff- und Sauerstoffproblematik. Ohne diesbezügliche Maßnahmen können die nationalen und europäischen Erhaltungsziele für Unterems zum Beispiel als Lebensraum und Wanderweg für Fische nicht erreicht werden.



Abb. 11: Seitenarm Weekeborg (km 11) bei Niedrigwasser: Verlust an Flachwasserlebensraum durch tiefer auslaufendes Niedrigwasser.

10 Literatur

- AG REINHALTUNG DES EMS-DOLLART-ÄSTUARS (1984): Bericht über die deutsch-niederländischen Bemühungen zur Reinhaltung des Ems-Dollart-Ästuars im Zeitraum 1971 - 1983. Herausgegeben von: Bundesministerium des Innern, Bonn, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hannover, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag und Reijkswaterstaat Directie Groningen, Groningen.
- ARGE ELBE (1990 - 2000): Zahlentafeln (der entsprechenden Jahrgänge).
- ARNTZ, W. (1992): Fischereibiologisch/Fischereiwirtschaftliches Gutachten. Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven.
- BAW (1994): Bedarfsweise Anpassung des Emsfahrwassers für das 7,30 m tiefgehende Bemessungsschiff im Bereich von Ems-km 0,0 bis 40,45 - Auswirkungen auf die Tidedynamik. Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg.
- BEZ.-REG. WESER-EMS (1998a): Auswirkungen einer Schiffsüberführung auf Sauerstoff und Schwebstoffe in der Tideems. Bezirksregierung Weser-Ems Dezernat 502, Außenstelle Aurich.
- BEZ.-REG. WESER-EMS (1998b): Planfeststellungsbeschluss zum Emssperrwerk und Bestickfestsetzung. Bezirksregierung Weser-Ems, Oldenburg.
- BFG (1990): Umweltverträglichkeitsuntersuchung - Ökologie - Änderung des Planes für den Ausbau der Bundeswasserstraße Ems zwischen Papenburg und Emden von km 0 bis km 40,45. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (1994): Umweltverträglichkeitsuntersuchung Anpassung der Außenweser an die weltweit gültigen Anforderungen der Containerschiffahrt - SKN - 14 m - Ausbau.
- Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Bericht BfG 0664.
- DAHL, H.-J., HULLEN, M. (1989): Studie über die Möglichkeiten zur Entwicklung eines naturnahen Fließgewässerschutzsystems in Niedersachsen. Naturschutz Landschaftspf. Nieders.. 18: S. 5-120.
- GAUMERT, D., KÄMMEREIT, M. (1993): Süßwasserfische in Niedersachsen. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim.
- GEOSEA CONSULTING (1992): The sediment transport regime of the Ems river. Gutachten im Auftrag der Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.
- IBL (1994): UVS zur bedarfsweisen Anpassung des Emsfahrwassers von km 0,00 - km 40,45 für das 7,30 m tiefgehende Bemessungsschiff. IBL Beratende Biologen und Ingenieure, Oldenburg
- IBL (1997): Das Makrozoobenthos der Ems zwischen Dütthe und Ditzum. IBL Beratende Biologen und Ingenieure, Oldenburg
- LANDESFISCHEREIVERBAND WESER-EMS (2003): Fauna der Unterems. Untersuchungsbericht Oktober 2001 - Oktober 2002.
- LEICHTWEISS-INSTITUT (1994): Anpassung des Emsfahrwassers an ein 7,30 m tiefgehendes Schiff. Beurteilung der Auswirkungen aus Sicht der Hydrologie. Leichtweiss-Institut für Wasserbau Bericht Nr. 770, Braunschweig
- NLÖ (1985 - 2000): Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch Weser- und Emsgebiet (entspr. Jahrgang). Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim.
- NLWA (1991): Gewässergütebericht 1990. Niedersächsisches Landesamt für Wasser und Abfall, Hannover.
- NLWK AURICH (2006): Halbstündige Messdaten für Sauerstoff und Trübung an den Messstellen Gandersum und Terborg. Schriftliche Mitteilung vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Außenstelle Aurich.
- Planungsgruppe Ökologie & Umwelt Nord (1997): UVU zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt, Textband. Gutachten im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, WSA Hamburg.
- STAWA AURICH (1994): Gewässergütekarte der Oberflächengewässer im Dienstbezirk des StAWA Aurich. Staatliches Amt für Wasser und Abfall Aurich.
- STAWA AURICH (1997): Absetzverhalten der Schwebstoffe in der Tideems. Ergebnisse der Emslängsfahrt vom 31.10.97, Staatliches Amt für Wasser und Abfall Aurich.
- STÄWA AURICH UND MEPPEN (1997): Sauerstoffhaushalt und -anreicherung in der Tide-Ems. Messungen vom 30./31.07.1997. Gemeinsamer Bericht des StAWA Aurich und Meppen, 27.11.1997
- WSA EMDEN (2006): Jahressummen der Baggermengen in der Unterems 1993 bis 2002. Fernmündliche Mitteilung des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden.
- WWA AURICH (1987): Gewässergütekarte der Oberflächengewässer im Dienstbezirk des Wasserwirtschaftsamtes Aurich. Wasserwirtschaftsamt Aurich.



Der WWF Deutschland ist Teil des World Wide Fund For Nature (WWF) - einer der größten unabhängigen Naturschutzorganisationen der Welt. Das globale Netzwerk des WWF ist in mehr als 100 Ländern aktiv. Weltweit unterstützen uns über fünf Millionen Förderer.

Der WWF will der weltweiten Naturzerstörung Einhalt gebieten und eine Zukunft gestalten, in der Mensch und Natur in Harmonie leben. Deshalb müssen wir gemeinsam

- die biologische Vielfalt der Erde bewahren,
- erneuerbare Ressourcen naturverträglich nutzen und
- die Umweltverschmutzung verringern und verschwenderischen Konsum eindämmen.

WWF Deutschland

Rebstöcker Straße 55
60326 Frankfurt am Main

Tel.: 069 / 7 91 44 - 0

Fax: 069 / 61 72 21

E-Mail: info@wwf.de

Int. WWF Zentrum für Meeresschutz

Magdeburger Str. 17
20457 Hamburg

Tel.: 040 / 5 30 200 - 0

Fax: 040 / 5 30 200 - 112

E-Mail: hamburg@wwf.de

