



*for a living planet*

## Die Elbevertiefung von 1999

---

*Tatsächliche und prognostizierte Auswirkungen*



**Herausgeber:** WWF Deutschland, Frankfurt am Main

**Stand:** Dezember 2005, 1. Auflage, 100 Exemplare

**Autoren:** Dr. Martin Kerner und Anja Jacobi

**Redaktion:** Beatrice Claus, WWF Fachbereich Meere & Küsten, Bremen

**Produktion:** Beatrice Claus, WWF Fachbereich Meere & Küsten, Bremen

**Layout und Satz:** Astrid Ernst, WWF Fachbereich Meere & Küsten, Bremen

**Druck:** Meiners Druck OHG, Bremen

Gedruckt auf 100% Recycling-Papier

© 2005 WWF Deutschland, Frankfurt am Main

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers

# Inhalt

Zusammenfassung .....	4
1. Einleitung .....	5
2. Signifikante Änderungen aufgrund der Fahrrinnenanpassung .....	5
2.1 Sauerstoffkonzentrationen im Hauptstrom der Tideelbe .....	5
2.2 Strömung und Sedimentation in den Nebeneiben .....	9
2.3 Tidenhub, Strömungsgeschwindigkeiten und Salinität .....	11
2.4 Sedimenttransport im Hauptstrom .....	12
3. Vergleich der in der UVU prognostizierten und tatsächlich eingetretenen hydromorphologischen Veränderungen .....	14
4. Wissensdefizite und Untersuchungsbedarf .....	17
5. Referenzen .....	18

## Zusammenfassung

Ziel dieser Studie ist die Erfassung der hydrologischen und morphologischen Auswirkungen der letzten Elbevertiefung im Jahre 1999 sowie ein Vergleich der prognostizierten mit den tatsächlichen Auswirkungen. Grundlage für diese Literaturstudie sind die hydromorphologischen Daten aus der routinemäßigen Gewässerüberwachung der Tideelbe.

In dieser Studie wird belegt, dass die letzte Elbevertiefung entgegen den Ergebnissen der Beweissicherung der zuständigen Behörden zu erheblichen negativen Umweltweltauswirkungen geführt hat:

A) Auswirkungen, die in Art und Umfang im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie (UVU) prognostiziert worden sind:

- Änderung der Tidewasserstände: Absenkung des mittleren Tideniedrigwassers um 5,7 bis 8,5 cm bei Bunthaus; Erhöhung des Tidehochwassers um 5 cm bei St. Pauli.

B) Auswirkungen, die über die UVU Prognose hinausgehen:

- Dauerhafte Verschlechterung der Gewässergüte auf einer Strecke von ca. 100 km. Vertiefung und Verbreiterung des Sauerstoffdefizits in der Tideelbe.
- Erhöhter Sedimentauftrag im Bereich der Nebelben (Verschlickung).
- Erhebliche Zunahme der Unterhaltungsbaggerei im Hamburger Hafen.
- Zunahme der Feinkornfraktion im gesamten Süßwasserbereich der Tideelbe mit besonders gravierenden Auswirkungen auf die ökologische Funktion der Seitenräume.
- Nicht quantifizierbare Zunahme des Stromauftransports von Sedimenten durch Veränderung der hydrologischen Verhältnisse.

C) Auswirkungen, die nicht prognostiziert worden sind:

- Abnehmender Austrag von Feinsedimenten aus dem Süßwasserbereich der Tideelbe.

D) Auswirkungen, die aufgrund fehlender Daten bisher nicht in Art und Umfang nachgewiesen werden konnten:

- Erhöhung der Schwebstoffkonzentrationen in den Flachwasserbereichen.
- Verlagerung der Brackwasserzone stromaufwärts.
- Erhöhung der Sturmflutscheitelwasserstände.

Insgesamt weisen die Ergebnisse darauf hin, dass sich aufgrund veränderter Flut- und Ebbströmungen auch das Transportregime in der Tideelbe geändert hat. Als Ergebnis bildete sich eine Sedimentdynamik aus, die zu einem Anstieg der Feinkornfraktion ( $< 63 \mu\text{m}$ ) in den Sedimenten und im Schwebstoff des Süßwasserbereiches der Tideelbe führte. Unmittelbare Folgen davon sind erhöhte Sauerstoffdefizite, Verschlickung von strömungsarmen Bereichen (Hafen und Flachwasserzonen) und Kontamination der Sedimente. Die ökologisch wertvollen Flachwasserbereiche der Nebelben sind davon besonders betroffen, da ihre Funktionen als Rückzugsgebiete für Fische und als Wiederbelüftungszonen durch die Fahrrinnenanpassung von 1999 deutlich gestört wurden. Gleichzeitig werden die Ausgleichsmaßnahmen durch die Fahrrinnenanpassung konterkariert, da die neu geschaffenen Flachwassergebiete schnell verschlickt werden.

Mit der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass das bestehende System Tideelbe sehr stark auf geringe Vertiefungen der Fahrrinne reagiert. Bei einer geplanten weiteren Vertiefung der Außen- und Unterelbe ist es deshalb sehr wahrscheinlich, dass sich allgemeinen Trends wie die

- Verschiebung der Brackwasserzone,
- Absenkung des Tideniedrigwassers,
- verstärkte Ausbildung von Sauerstoffdefiziten und
- Zunahme der Asymmetrie zwischen Flut- und Ebbstrom und damit verbunden ein veränderter Schwebstofftransport

weiter verstärken werden, mit entsprechend negativen Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaften in der Tideelbe.

# 1. Einleitung

Ziel dieser Studie ist der Vergleich der prognostizierten mit den tatsächlichen Auswirkungen der letzten Fahrrinnenanpassung in der Elbe, die im Frühjahr 1999 durchgeführt wurde. Dabei wurden Fahrrinntiefen zwischen 14,40 Meter unter Kartennull (KN) im zentralen Abschnitt der Unterelbe (sog. Sockelbereich) und 15,30 Meter bzw. 15,20 Meter unter KN an den Enden der Ausbaustrecke sowie Verbreiterungen hergestellt. Weiterhin wurde untersucht, inwieweit sich signifikante hydromorphologische Auswirkungen nachweisen lassen, die bei der geplanten, weiteren Vertiefung der Elbe verstärkt werden und damit ein in Art und Umfang prognostizierbares Risiko darstellen könnten.

Entsprechend den Vorgaben des Planfeststellungsbeschlusses (PFB 1999) werden die Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung im Jahre 1999 im Rahmen einer Beweissicherung durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes untersucht. Die Ergebnisse wurden in den letzten Jahren regelmäßig als Zwischenberichte veröffentlicht (BSD 2005), wobei in Kürze der neueste Bericht für 2004 vorliegen wird (pers. Mitteilung Herr Neumann, WSA Hamburg). Ziel der Beweissicherung ist allerdings nur, die maßnahmebedingten Abweichungen von den in der UVU prognostizierten Umweltauswirkungen zu ermitteln, um darüber zu klären, ob die Art und der Umfang der im PFB festgelegten Kompensationsmaßnahmen ausreichen oder weitere notwendig sind. Dementsprechend wird in der Beweissicherung „eine maßnahmebedingte Änderung definiert als eine Abweichung, die über die Prognosen der UVU hinausgeht“ (zitiert aus Bericht zur Beweissicherung 2004 - Kurzfassung, BSD 2005).

Grundsätzlich lässt dieser eingeschränkte Untersuchungsansatz vermuten, dass über die Beweissicherung nicht alle relevanten Auswirkungen der Fahrrinnenvertiefung ausreichend erfasst und bewertet werden können. Eine erste Sichtung der Zwischenberichte bestätigte diese Annahme (BS 2003, BSD 2005), da im Rahmen der Beweissicherung bisher keine maßnahmebedingten Änderungen im Sinne der obigen Definition nachgewiesen wurde.

Als Datenbasis dienten in der vorliegenden Studie Zeitreihen aus routinemäßigen Messungen im Rahmen der Gewässerüberwachung durch die zuständigen Behörden. Der Betrachtungszeitraum variierte dabei für die verschiedenen Parameter, umfasste aber mindestens die Jahre 1996 bis 2005. Es wurde sich auf die Parameter Sauerstoff, Sedimentzusammensetzung, suspendiertes partikuläres Material (SPM), Tidenhub

und Leitfähigkeit beschränkt, da diese, im Gegensatz zu biologischen Parametern, meist ohne größere zeitliche Verzögerungen, Veränderungen in der Wasserqualität, dem Schwebstofftransport, seiner Sedimentation und der Lage der Brackwasserzone anzeigen. Signifikante Veränderungen, im Sinne von Unterschieden zwischen den Zeiträumen vor und nach 1999, die über den allgemeinen Trend und die natürlichen Variationen hinausgehen, wurden anschließend mit den Prognosen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung verglichen. Des Weiteren erfolgte eine Bewertung der tatsächlich erfolgten Auswirkungen auf die Funktion des Ökosystems Tide Elbe, die den Erfolg der bereits durchgeführten Ausgleichsmaßnahmen mit einschloss.

## 2. Signifikante Änderungen aufgrund der Fahrrinnenanpassung

### 2.1 Sauerstoffkonzentrationen im Hauptstrom der Tideelbe

Grundsätzlich ist die Sauerstoffkonzentration in einem Gewässer ein Maß für Verschmutzung und damit für die Wasserqualität. Gleichzeitig ist ausreichend Sauerstoff eine Bedingung für das Überleben der meisten aquatischen Organismen.

Neben der ökologischen Bedeutung des Sauerstoffs ist er im Süßwasserbereich der Tideelbe aber auch Indikator für den Schwebstofftransport. Dies aufgrund der Tatsache, dass der Sauerstoffgehalt hauptsächlich über die Menge und den Verbleib des suspendierten organischen Materials (Phytoplankton) bestimmt wird, das aus der Mittelelbe ins Ästuar eingetragen wird.

Der Sauerstoffgehalt nimmt ab, wenn viel organisches Material aus der Mittelelbe in die Unterelbe eingebracht wird oder wenn dieses dort länger verweilt und nicht abtransportiert wird. Einige Kilometer oberhalb von Hamburg beginnt die Unterelbe. Im hamburger Bereich kommt es dann zu einer drastischen Zunahme der Wassertiefe von ca. 3 auf über 10 Meter. Verbunden mit der Tiefenzunahme ist eine Verschlechterung der Lichtverhältnisse. Dadurch stirbt das eingetragene Phytoplankton ab und steht so als Substrat für einen mikrobiellen Abbau zur Verfügung, der mit einer Sauerstoffzehrung einhergeht. Diese Kausalzusammenhänge führen jedes Jahr ab Mai, wenn die Temperaturen über 15° Celsius ansteigen, im Süßwasserbereich der Tideelbe zur Ausbildung von Sauerstoffmangelsituationen (Kerner et al. 1995).

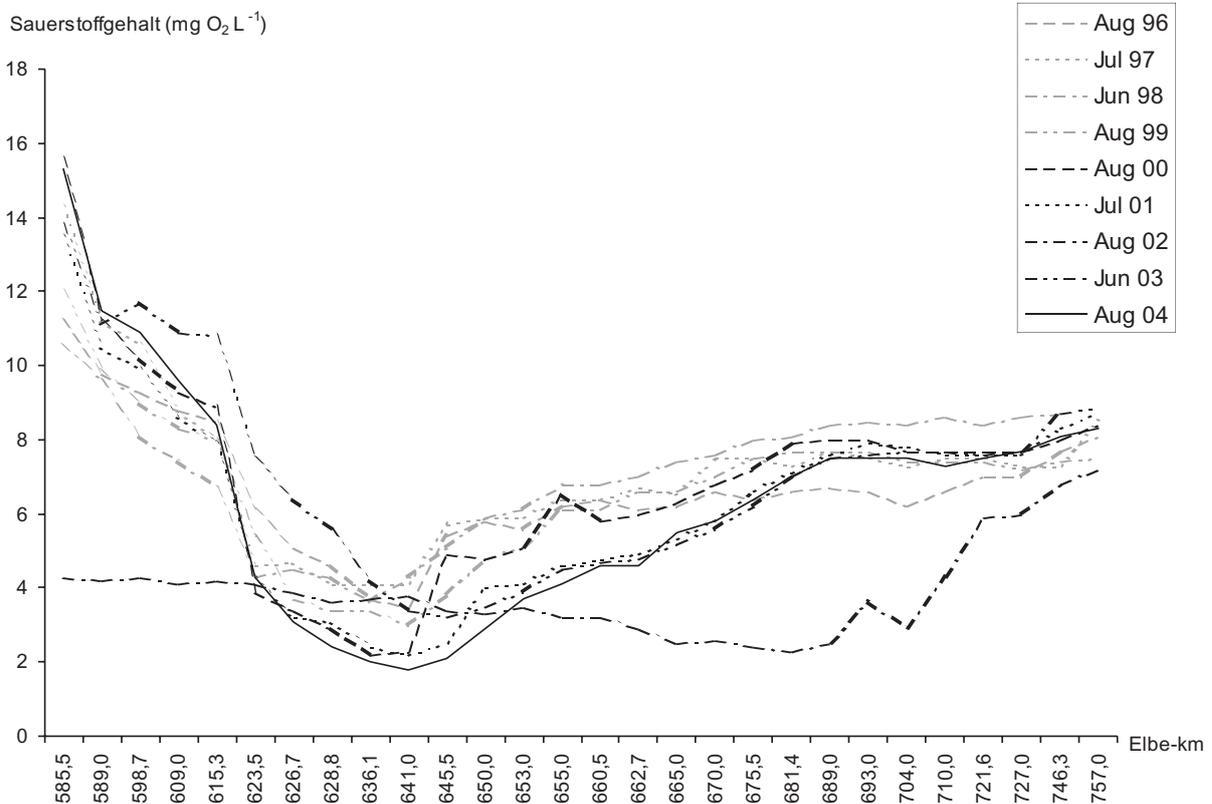
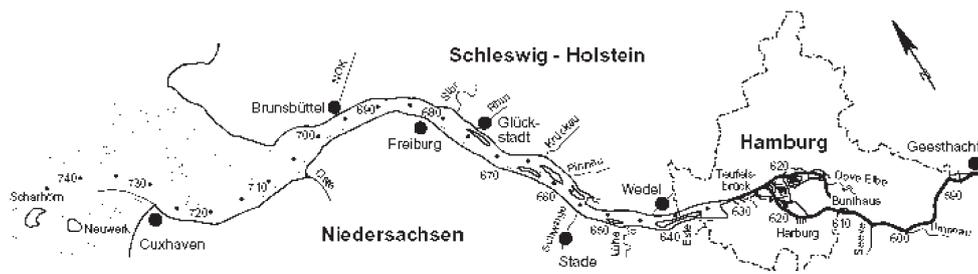


Abbildung 1: Vergleich der Sauerstofflängsprofile in der Tide Elbe in den Jahren 1996 bis 2004 jeweils zur Zeit einer ausgeprägten Sauerstoffmangelsituation. Datengrundlage: Einzelproben aus Längsprofilen der ARGE Elbe 1996 bis 2004 (Hubschrauberbefliegungen), aktualisiert mit freundlicher Unterstützung von Herrn Bergemann (Wassergütestelle Elbe).

Wie der Vergleich der Sauerstofflängsprofile in den Jahren 1996 bis 2005 zeigt, hat sich nach 1999 das Sauerstoffdefizit verstärkt, mit ausgeprägteren Minima und breiter ausgezogenen Längsverläufen (Abb. 1). So stellte sich vor 1999 eine Sauerstoffmangelsituation noch grafisch als Sauerstoffloch unterhalb des Hamburger Hafens dar. Nach 1999 war es eher ein breites Tal, wobei der Sauerstoffdefizitbereich bis weit in die Trübungszone (~ km 670) hineinreicht. Da die Tiefe des Sauerstoffminimums und der Sauerstoffverlauf im Längsprofil durch die Menge an leicht abbaubaren organischen Substanzen bestimmt wird, deuten die Veränderungen nach 1999 auf ein erhöhtes Angebot an leicht abbaubaren Stoffen im Süßwasserbereich der Tideelbe hin.

Wie Abbildung 2 zeigt, war dieses erhöhte Substratangebot (gemessen als Sauerstoffzehrungspotential

= BSB7) nicht auf einen erhöhten Eintrag aus der Mittelelbe zurückzuführen. So blieben die BSB7-Werte für die Station Zollenspieker zwischen 1997 bis 2004 annähernd konstant, mit Maximalwerten zu Zeiten des Auftretens von Sauerstoffdefiziten um die  $14 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  und Jahresmittelwerten von  $8,1 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  den Zeitraum 1996 bis 1998 und  $8,9 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  für 1999 bis 2004. Dennoch wurden an der weiter stromabwärts gelegenen Station Seemannshöft nach 1999 signifikant höhere Zehrungsraten gemessen und der Mittelwert für die Monate Mai bis August (Abb. 2) stieg um 38% (von  $5,0 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  für den Zeitraum 1992 bis 1998 auf  $6,9 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  für 1999 bis 2004). An der Station Grauerort, der außerhalb des Sauerstofftals liegt, nahmen im Beobachtungszeitraum die entsprechenden BSB7-Mittelwerte sogar tendenziell ab ( $2,3$  bzw.  $1,9 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  für 1996 bis 1998 und 1999 bis 2004).

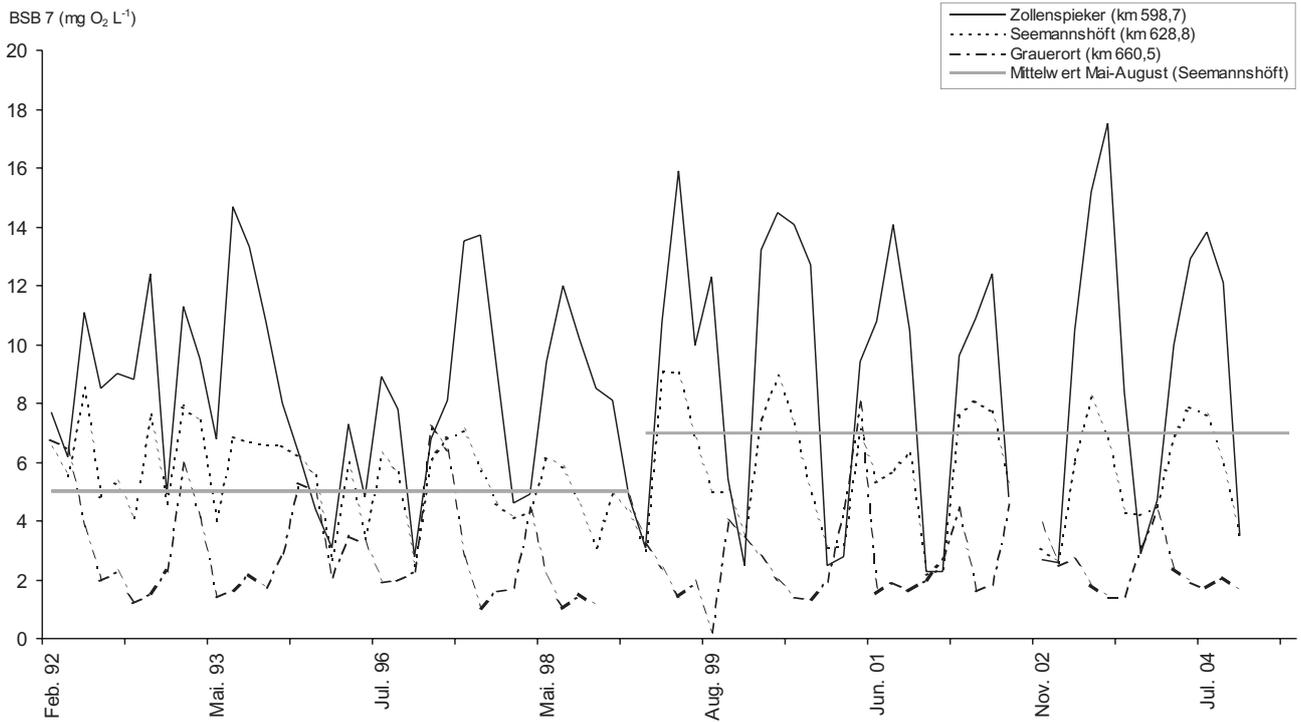


Abbildung 2: Zeitreihen des Biologischen Sauerstoffbedarfs (BSB7) an drei Stationen im Längsprofil der Süßwasser-Tideelbe in den Jahren 1992 bis 2004, sowie die Mittelwerte zu Zeiten des Auftretens von Sauerstoffdefiziten (Mai bis August) für die Jahre 1992 bis 1998 und 1999 bis 2004 an der Station Seemannshöft. Datengrundlage: Einzelproben aus Längsprofilen der ARGE Elbe 1992 bis 2004, aktualisiert mit freundlicher Unterstützung von Herrn Bergemann (Wassergütestelle Elbe).

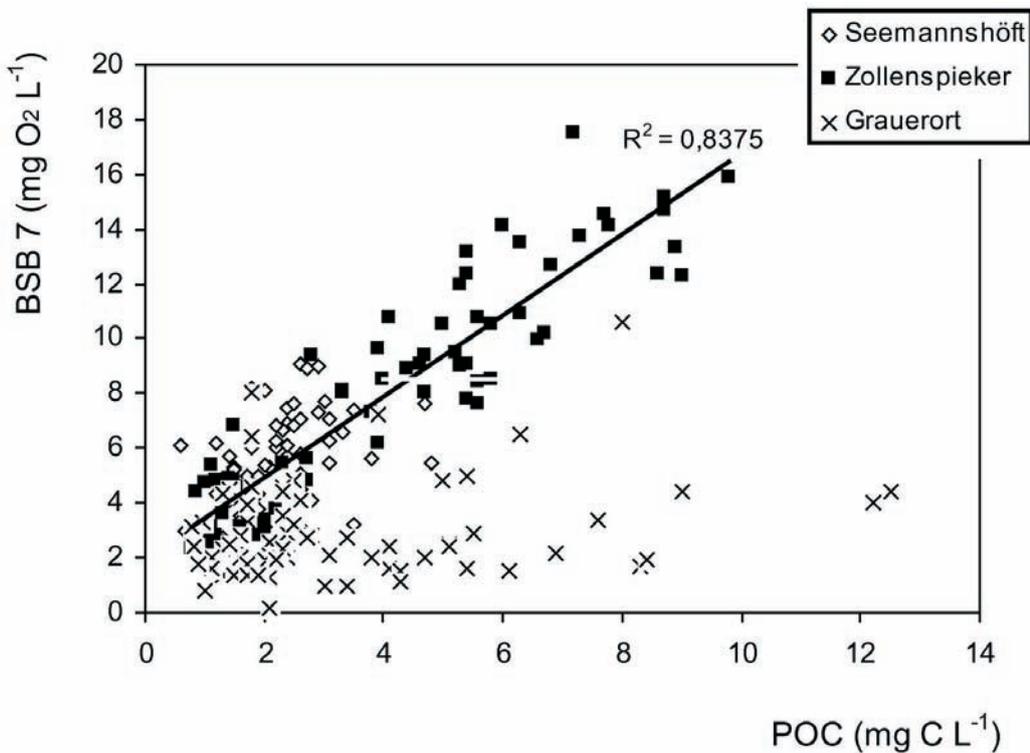


Abbildung 3: Beziehung zwischen dem Biologischen Sauerstoffbedarf (BSB 7) und dem Gehalt an partikulärem organischem Material (POC) im Süßwasserbereich der Tideelbe in den Monaten Mai bis August der Jahre 1992 bis 2004. Die Korrelationsgerade wurde für die Station Zollenspieker berechnet, da sich über diese Station der Eintrag an leicht abbaubarem organischen Material in die Tideelbe verfolgen lässt. Während die Messpunkte an der Station Seemannshöft auf dieser Geraden liegen, besteht für Grauerort keine Beziehung mehr zwischen Eintrag an frischem Material (POC) und Sauerstoffzehrung. Datengrundlage: ARGE Elbe 1992 bis 2004 (Längsprofilmessungen), aktualisiert mit freundlicher Unterstützung von Herrn Bergemann (Wassergütestelle Elbe).

Wie Abbildung 3 zeigt, waren die Zehrungsraten im Bereich des Sauerstoffdefizits (hier die Stationen Zollenspieker und Seemannshöft) nach 1999, wie auch schon in den Jahren zuvor, direkt abhängig von dem Gehalt an frischem partikulären organischen Material (POC), das heißt vom abgestorbenen Phytoplankton. Dementsprechend besteht eine direkte statistisch signifikante Beziehung zwischen BSB7 und POC für die Stationen im Sauerstoffdefizitbereich (Abb 3., Stationen Zollenspieker und Seemannshöft). Für die Station Grauerort besteht diese Korrelation jedoch nicht.

Dieser Unterschied ist damit zu erklären, dass das aus der Mittelelbe eingetragene leicht abbaubare Material während seines Stromabtransports bis Grauerort fast vollständig abgebaut wird. Dementsprechend kann auch alles Material, das stromauf transportiert wird, nicht das Sauerstoffdefizit verstärken. Als Ursache für zu beobachtende Vertiefung und Verbreiterung des Sauerstoffdefizitbereichs nach 1999 muss deshalb angenommen werden, dass nach 1999 das sauerstoffzehrende Material langsamer aus dem Süßwasserbereich der Tideelbe ausgetragen wird, sich vermehrt akkumuliert und deshalb, bei gleicher Zufuhr an organischem Material (POC), ausgeprägtere und weiter stromabwärts reichende Sauerstoffdefizite auftreten. Wie aus früheren Untersuchungen belegt, weist in der Elbe vor allem das langsam sinkende suspendierte partikuläre Material (SPM) Sinkgeschwindigkeiten von  $< 0,33 \text{ cm/sec}^{-1}$  den höchsten Anteil an sauerstoffzehrendem Material auf (Wolfstein & Kies 1995). Dass die Feinkornfraktion des SPM ( $< 63 \mu\text{m}$ ) nach 1999 einem veränderten Transportgeschehen im Süßwasserbereich der Tideelbe unterliegt, wird durch die Ergebnisse der Sedimentuntersuchungen direkt und durch die Modellrechnungen der BAW indirekt unterstützt (siehe auch Kapitel 2.1).

Es ist deshalb zu prognostizieren, dass in Zukunft das Problem des Sauerstoffmangels verschärft auftreten wird, bei

- geringem Oberwasserabfluss,
- hoher Primärproduktion in der Mittelelbe,
- zunehmender Asymmetrie von Flut- und Ebbstrom.

Die nach 1999 zu diagnostizierende signifikante Verschlechterung der Sauerstoffsituation und damit der Wasserqualität hat unmittelbar Einfluss auf die Lebensbedingungen der Organismen im Süßwasserbereich der Tideelbe. Dabei sind die auftretenden Sauerstoffkonzentrationen von unter  $4 \text{ mg L}^{-1}$  unmittelbar lebensbedrohlich für höhere Organismen, vor allem Fische. Aber auch bereits jede Absenkung der Sauerstoffgehalte unter die Sauerstoffsättigung bedeutet für die Zooplanktonorganismen einen Stress, auf den sie unmittelbar mit einer verringerten Sauerstoffatmung antworten bzw. versuchen, diesen über eine Zunahme des Hämoglobins unter erhöhtem Energieaufwand auszugleichen (Pirow et al. 2001). Gleichzeitig nimmt durch jede Abnahme des Sauerstoffgehalts die Dicke der aeroben Sedimentschicht ab und so auch der Lebensraum für Benthosorganismen. Die dabei entstehenden anaeroben Bereiche im Sediment, stehen dann nur noch Bakterien zur Besiedelung zur Verfügung.

Darüber hinaus führt die zu beobachtende longitudinale Ausweitung der extremen Sauerstoffdefizite in den Monaten Mai bis August im Hauptstrom zu einem erhöhten Bedarf an Rückzugsgebieten für die Fische. Während in der Vergangenheit die Nebelnelben als Rückzugsgebiete genutzt werden konnten, haben diese nach der Fahrrinnenanpassung 1999 deutlich an Wert verloren. Die Ergebnisse dazu werden im folgenden Kapitel eingehender vorgestellt und diskutiert.

## 2.2 Strömung und Sedimentation in den Nebelnelben

Die Bedeutung der Nebelnelben liegt in ihrer unterschiedlichen ökologischen und physikalischen Funktion. Ihre ökologische Funktion besteht darin, dass sie bevorzugte Aufenthalts- und Entwicklungsgebiete der Fische sind, die höhere Strömungsgeschwindigkeiten meiden müssen, außerdem der schwimmenden Krebse wie Copepoden und Mysidaceen, der Phytoplankter, der bodenlebenden wirbellosen Tiere und sie spielen als Artenarchiv zur Wiederbesiedelung eine wichtige Rolle (Lozán et al., 1996). Ihre physikalische Funktion haben sie als Belüftungsorgan (Lunge), Sedimentationsraum und Wasserspeicher. Im Süßwasserbereich der Tideelbe werden diese Funktionen vornehmlich durch die Hahnöfer Nebelnelbe, das Mühlenberger Loch und die Lühesander Seitenelbe übernommen.

Grundsätzlich ist anzunehmen, dass diese Funktionen nachhaltig gestört werden, wenn sich das Strömungsregime in den Nebelnelben ändert. So bestimmt das Strömungsregime neben dem Sedimentationsgeschehen auch direkt den Eintrag von atmosphärischem Sauer-

stoff und damit eine physikalische Belüftung des Wasserkörpers. Um Änderungen in der Belüftungsfunktion der Nebelnelben infolge der Fahrrinnenanpassung von 1999 im Rahmen dieser Studie zu prüfen, wurde als Parameter die Sauerstoffdifferenz zwischen Hauptstrom und Nebelnelben herangezogen.

Wie aus der Abbildung 4 zu ersehen, nahm in der Hahnöfer Nebelnelbe (km 641) nach 1999 die Differenz der Sauerstoffgehalte zwischen Hauptstrom und Nebelnelbe signifikant, im Mittel um 76%, ab. Während vor 1999 diese Differenz zur Zeit der Sauerstoffmangelsituationen im Mittel (Mai bis August) noch 2,3 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> betrug, so lag sie nach 1999 nur noch bei etwa 1,3 mg. Diese Abnahme wird eindeutig nicht auf eine erhöhte Sauerstoffzehrung in den Nebelnelben bestimmt, was aus einer fehlenden Beziehung zwischen dem BSB7 und der Differenz der Sauerstoffkonzentrationen hervorgeht (Abb. 4). Auch eine Abnahme der biologischen Sauerstoffproduktion (Photosynthese) kann als Ursache ausgeschlossen werden, da sich seit 1999 die Schwebstoffgehalte in den Nebelnelben tendenziell eher verringert haben und damit das Lichtklima gleich blieb

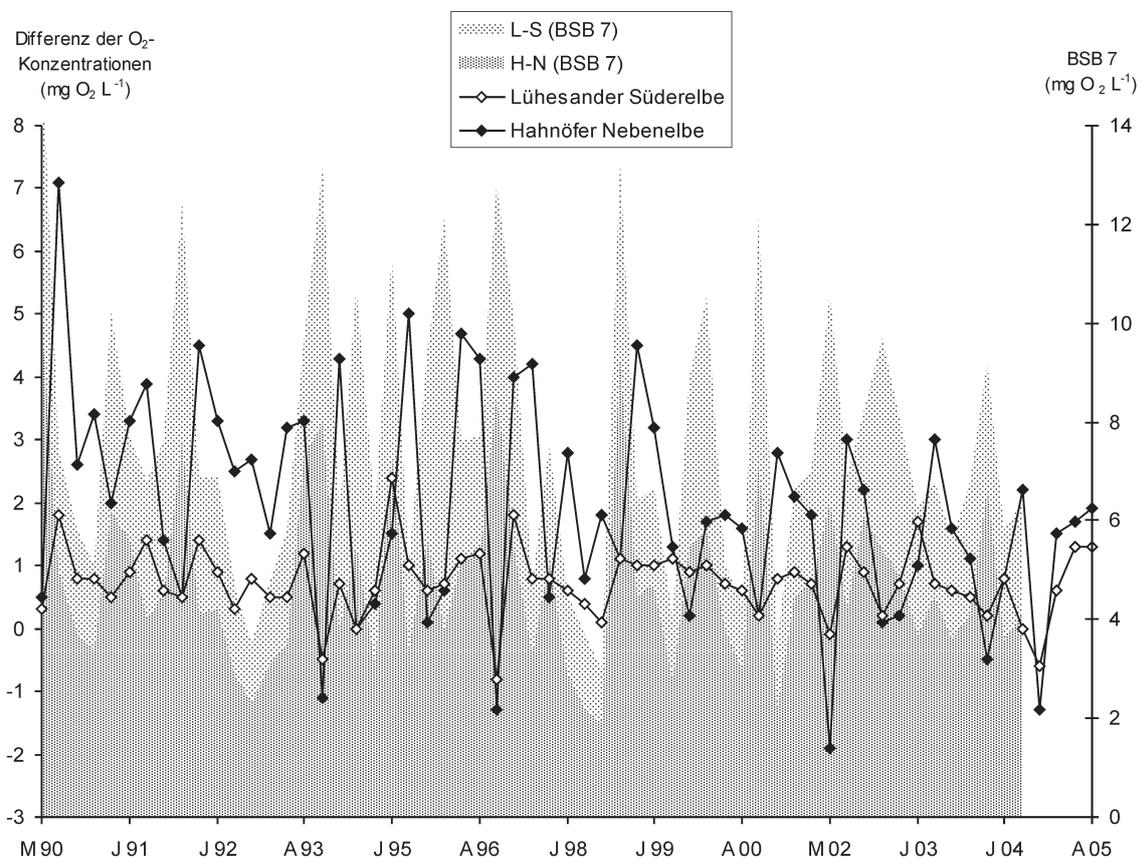


Abbildung 4: Differenz der Sauerstoffgehalte zwischen Nebelnelben und Hauptstrom sowie des BSB 7 in den Nebelnelben als Zeitreihe 1990 bis 2005 für die Monate Mai bis August. Datengrundlage: Einzelproben aus Längsprofilen der ARGE Elbe 1990 bis 2005 aktualisiert mit freundlicher Unterstützung von Herrn Bergemann (Wassergütestelle Elbe).

oder sich sogar verbessert hat. Damit können biologische Prozesse als Ursache für den Verlust der Funktion der Nebelnelben zur Wiederbelüftung ausgeschlossen werden (Wiederbelüftung im Sinne einer Sauerstoffanreicherung des Wassers, das aus dem Hauptstrom in die Nebelnelben einströmt).

Einzig der physikalische Prozess des Sauerstoffeintrags über die Atmosphäre kommt deshalb als Ursache in Frage. Da dieser Eintrag bei ansonsten weitgehend gleich bleibenden Randbedingungen (Tiefe und Oberfläche) empirisch nur von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt, ist zu folgern, dass diese nach 1999 in der Hahnöfer Nebelnelbe signifikant abgenommen haben muss.

Für die Lühesander Seitenelbe (km 651) ist nach 1999 keine signifikante Verringerung der Sauerstoffdifferenz zu erkennen, die gegenüber dem Hauptstrom weiterhin bei maximal  $\sim 1 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  liegt. Dennoch ist anzunehmen, dass auch hier die Fähigkeit zur Wiederbelüftung geringer geworden ist. So lag in den Jahren ab 1999 die Sauerstoffkonzentration im Hauptstrom bei km 650 um ca.  $2 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  niedriger als in den Jahren zuvor (Abb. 1). Bei ansonsten gleichen Bedingungen für die Wiederbelüftung in der Lühesander Nebelnelbe hätte es also aufgrund des erhöhten Konzentrationsgefälles zwischen Wasser und Atmosphäre zu einem vermehrten physikalischen Sauerstoffeintrag kommen müssen, mit einem entsprechenden Anstieg der Sauerstoffdifferenz gegenüber dem Hauptstrom. Da dies nicht der Fall war (Abb. 4), muss davon ausgegangen werden, dass sich auch in diesem Gebiet nach 1999 die Strömungsgeschwindigkeiten verringert haben.

Einen direkten Nachweis, dass sich das Strömungsregime in den Nebelnelben nach 1999 signifikant verschlechtert hat, konnte aufgrund unzureichender bzw. fehlender Strömungsdaten im Rahmen dieser Studie nicht erbracht werden. So stehen für den Untersuchungszeitraum 1995 bis 2004 nur Strömungsdaten aus Querprofilmessungen zur Verfügung. Diese sind nur bedingt miteinander vergleichbar, da sie nicht immer zu definierten Zeitpunkten (z.B. zu Zeiten von Spring- und Nipptiden), nur einmal im Jahr und über kurze und unregelmäßig lange Zeiträume (z.T. nur wenige Tiden) aufgenommen wurden (WSA Hamburg 1995 bis 2005 B). Deshalb konnte auch nicht überprüft werden, inwieweit sich nach 1999 ein Trend fortgesetzt hat, der schon in der Beweissicherung zur Elbevertiefung auf 13,5 Meter beschrieben wurde: Abnahme der Schwankungsbreiten und der Geschwindigkeiten der Strömung in

den Nebelnelben aufgrund der Vertiefung (Bund Länder Arbeitsgruppe Beweissicherung 1995).

Um dennoch die aus dem Sauerstoffhaushalt der Nebelnelben abgeleitete Annahme untermauern zu können, dass sich das Strömungsregime nach 1999 in den Flachwasserbereichen der Süßwasser-Tideelbe signifikant verändert hat, wurde im Rahmen dieser Studie das an die Strömung gekoppelte Sedimentationsgeschehen in ausgewählten Gebieten untersucht. Konkret wurde der Frage nachgegangen, ob und wie sich der Sedimentauftrag in den Referenzgebieten Hahnöfer Nebelnelbe, Wedeler Au und Nordufer Hanksalbsand ab 1999 verändert hat. Eine signifikante Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten ab 1999 müsste unzweifelhaft zu einer Zunahme des Sedimentauftrags geführt haben.

Allerdings standen für den relevanten Zeitraum 1995 bis 2004 nur Peildaten aus den routinemäßigen Jahrespeilungen der WSA Hamburg zur Verfügung (WSA Hamburg 1995 bis 2004 A). Diese haben den Nachteil, dass sie nur in Bereichen durchgeführt werden können, die über Peilschiffe oder zu Fuß zugänglich sind. Das Sedimentationsgeschehen in ufernahen Flachwasserbereichen ist somit nicht oder nur beschränkt erfassbar. Deshalb ist anzunehmen, dass über die Ergebnisse der Peildaten aus den Referenzgebieten eher Untergrenzen für die Sedimentation bestimmt wurden, da die in Bezug auf die Sedimentation besonders dynamischen Flachwasserbereiche mit geringer Tiefe nicht erfasst wurden.

Wie Abbildung 5 zeigt, konnte trotz dieser Einschränkungen nach 1999 an allen drei Referenzstationen ein deutlicher Anstieg der Sedimentation festgestellt werden, der in den weiteren Jahren dann wieder kontinuierlich abnahm. Wie der sprunghafte Anstieg des Sedimentauftrags jeweils nach einer Baggerung zeigte, war diese Abnahme eine Folge der Sedimenterhöhung in den Referenzgebieten. Der dem zugrunde liegende Zusammenhang ist eine Abnahme der Überflutungshöhe bei steigender Sedimenthöhe und damit verbunden eine Abnahme des potenziell sedimentierbaren Materials. Baggerungen, die im Bereich der Wedeler Au ständig durchgeführt werden, würden auch den hohen Sedimentauftrag zwischen 1995 bis 1997 erklären, was aber nicht verifiziert werden konnte. Bis zum Jahre 2003 erreichte der ursächlich mit der Fahrrinnenanpassung in 1999 in Beziehung stehende Sedimentauftrag im Mittel eine Höhe zwischen 0,7 bis 1,5 Meter (Abb. 5). Wie weiter oben schon angesprochen, lag der Sedimentauftrag in den strömungsarmen Flachwasserbereichen, die nicht gepeilt wurden und zu denen auch die Ausgleich-

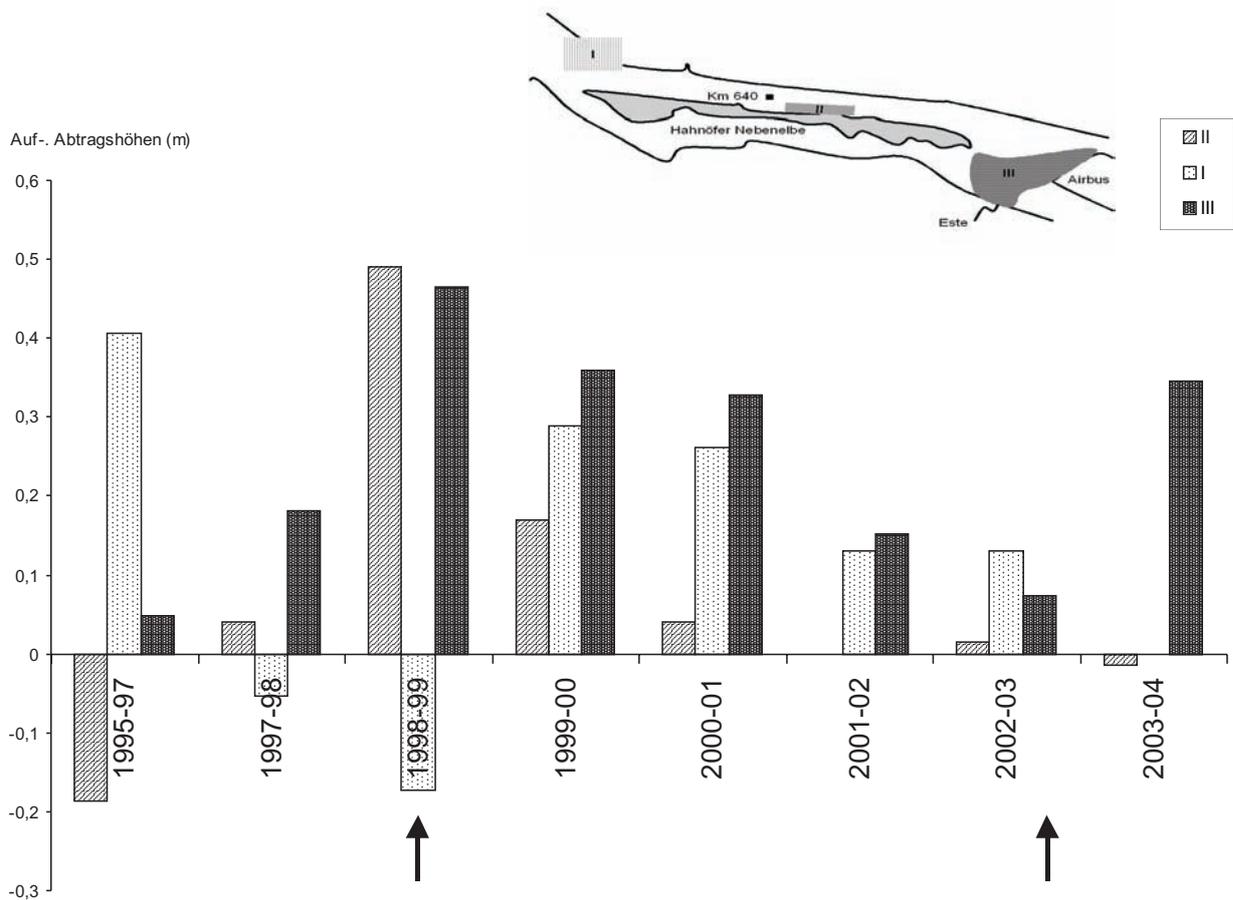


Abbildung 5: Sedimentation in der Wedeler Au (I), Hahnöfer Nebeneibe (III) und dem Nordufer Hanskalbsand (II) als gemittelte Auf- (positive Werte) bzw. Abtragshöhen (negative Werte) im Vergleich zum Vorjahr. Pfeile zeigen größere Baggeraktivitäten im jeweiligen Gebiet an. Die Ergebnisse für 1995 bis 1997 umfassen einen Zweijahreszeitraum; die Sedimentation in der Wedeler Au erscheint deshalb überproportional groß. Datengrundlage: WSA Hamburg 1995 bis 2004 a. Datenbereitstellung erfolgte mit freundlicher Unterstützung von Frau Kaiser (Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg).

maßnahmen in der Hahnöfer Nebeneibe gehören, sicherlich noch höher. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass die ökologisch besonders wertvollen Flachwasserbereiche innerhalb weniger Jahre verlanden, wenn sie nicht durch aufwändige Baggerungen in kurzen Abständen (ca. alle 5 Jahre) immer wieder ausgeräumt werden.

### 2.3 Tidenhub, Strömungsgeschwindigkeiten und Salinität

Änderungen im Strömungsregime des Hauptstroms konnten anhand der Strömungsdaten nicht nachgewiesen werden. Allerdings war dies auch nicht zu erwarten, da die in der UVU prognostizierten maximalen Änderungen von einigen cm/sec über Naturdaten nicht nachweisbar sind (Tabelle 1).

Um beurteilen zu können, inwieweit die Fahrrinnenanpassung, wie in der UVU prognostiziert, eine Verschiebung der Brackwasserzone stromauf bewirkt hat, bedarf es einer zeitlich und räumlich hoch aufgelösten Erfassung der Chloridgehalte (Bergemann 1995). Diese wurde im Rahmen der Beweissicherung nicht durchgeführt und es stehen deshalb aus den Routineuntersuchungen nur Datensätze zur Verfügung, die für eine abschlie-

ßende Beurteilung nicht ausreichen. Es konnte deshalb im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden, ob eine ausbaubedingte Verschiebung der Brackwasserzone stattgefunden hat und ob diese über die UVU Prognose hinausgeht. Allerdings konnten deutliche Änderungen des Tidehubs aufgrund der Fahrrinnenanpassung nachgewiesen werden.

Wie aus Abbildung 6 zu ersehen, ist seit mehr als 13 Jahren eine kontinuierlich fortschreitende Niedrigwasserabsenkung zu verzeichnen. Diese Niedrigwasserabsenkung hat sich nach 1999 deutlich verstärkt. Eine der bedeutendsten Folgewirkungen der Niedrigwasserabsenkung ist der immer steiler werdende Anstieg des Wasserstandes nach Niedrigwasser. Dieser löst starke Flutströmungen aus, die viel Sediment stromauf befördern. Da der Ebbstrom im hamburger Bereich strömungsschwächer ist, wird ein Teil des Sediments bei Ebbe nicht wieder flußabwärts transportiert, so dass sich ein Nettotransport von Sediment nach Hamburg ergibt. Dieser bereitet für die Unterhaltung der Fahrrinne und der Hafenbecken zunehmende Probleme. Wie weiter unten gezeigt, führt dieser aber auch zu einem abnehmenden Stromabtransport von Schwebstoffen.

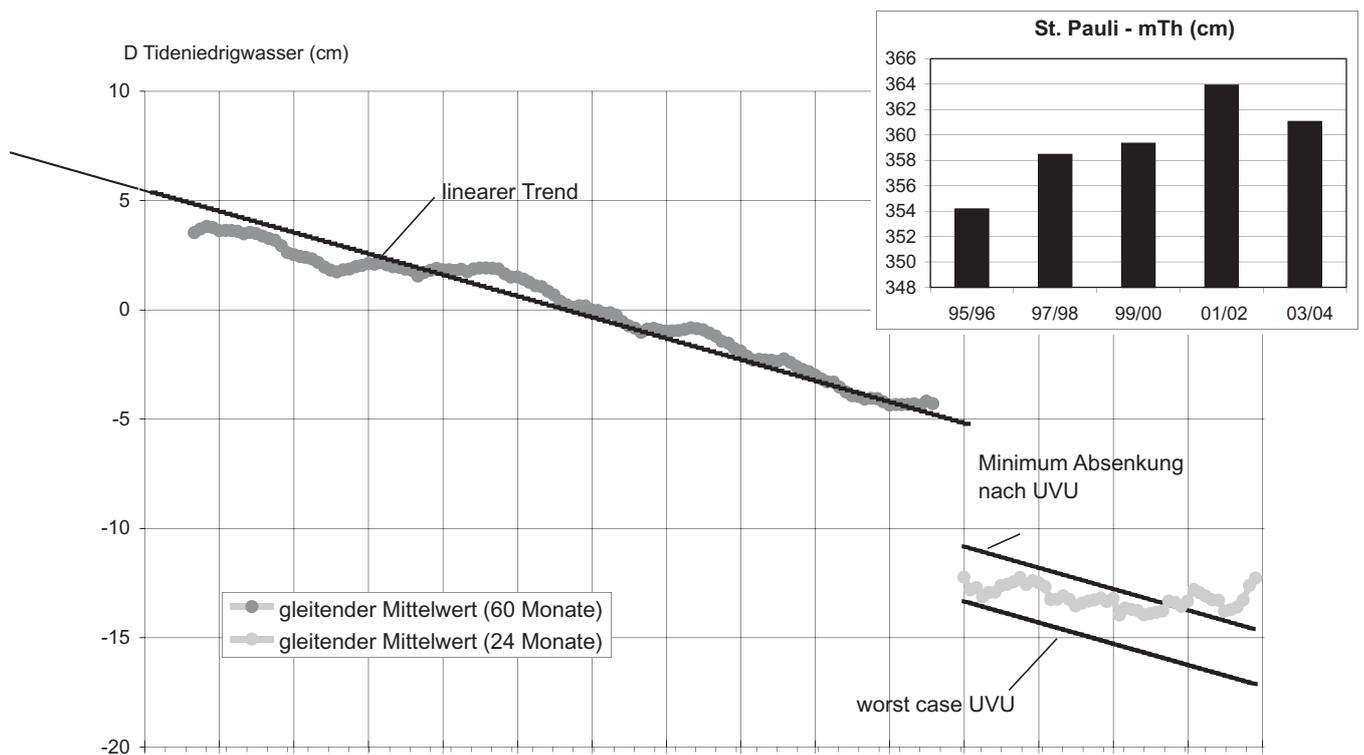


Abbildung 6: Ganglinie der Differenzen zwischen den berechneten und gemessenen TnW-Monatsmittelwerten für die Zeiträume vor und nach der Fahrrinnenanpassung am Pegel Bunthaus. Die Fahrrinnenanpassung im Jahre 1999 bewirkte eine Absenkung des TnW, die innerhalb der UVU Prognose liegt. Aus: Eichweber 2005 (mit freundlicher Genehmigung). Minigrafik zeigt zweijährige Mittelwerte für den mittleren Tidehub am Pegel St. Pauli (1995 bis 2004); Daten aus BSD 2005.

## 2.4 Sedimenttransport im Hauptstrom

Um Auswirkungen der Änderungen im Strömungsregime des Hauptstroms auf den Sedimenttransport zu untersuchen, wurden Datensätze zu den Korngrößen in den Sedimenten des Hamburger Hafens sowie in schwebstoffbürtigen Sedimenten ausgewertet. Der Auswertung lag die Annahme zugrunde, dass sich bei einer Änderung des Strömungsregimes auch das Transportgeschehen und damit die Verhältnisse der Korngrößen in den Sedimenten zueinander ändern. In der vorliegenden Studie wurde bewusst darauf verzichtet, die Zunahme der Unterhaltsbaggerung im Bereich des Hamburger Hafens als Indiz für einen vermehrten Stromauftransport (tidal pumping) heranzuziehen, da neuere Ergebnisse der BAW gezeigt haben, dass diese Zunahme im Wesentlichen mit dem Rücktransport des in der Elbe bei Wedel verklappten Baggerguts zu erklären ist. Daher ist nicht quantifizierbar, wie groß der Eintrag von Sedimenten aus der Unterelbe ist, der durch veränderte hydrologische Bedingungen eingebracht wird.

Wie aus Abbildung 7 zu ersehen, nahm nach der Fahrrinnenanpassung von 1999 der Anteil der Feinkornfraktionen  $< 63 \mu\text{m}$  gegenüber der Fraktion  $63 \text{ bis } 200 \mu\text{m}$  im Süßwasserbereich der Tideelbe deutlich zu. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen zum Sauerstoff-

haushalt und bestätigt die Annahme, dass nach 1999 vermehrt feines Schwebstoffmaterial im sauerstoffkritischen Bereich der Tideelbe länger verbleibt und weniger stark als in den Jahren zuvor ausgetragen wird. Da im feinen Material vermehrt toxische Substanzen angereichert sind (Kerner & Krogmann 1994), steigt vermutlich die Giftigkeit von Hafensedimenten, mit den entsprechenden negativen Auswirkungen auf die Benthosorganismen und die Probleme bei der Entsorgung von Baggergut. Auf die damit ebenfalls verbundenen Auswirkungen auf die Wasserqualität (Sauerstoffdefizite) wurde bereits in Kapitel 2.1 hingewiesen.

Dass vermehrt feines Schwebstoffmaterial im Süßwasserbereich der Tideelbe verbleibt, legen auch die Modellrechnungen der BAW nahe. Der Grund dafür ist die Asymmetrie zwischen Flut- und Ebbstrom, die dazu führt, dass der Flutstrom deutlich stärker ist als der Ebbstrom (Abb. 8). Betroffen ist davon insbesondere der Bereich, in dem die Sauerstoffdefizite auftauchen. Diese Asymmetrie wird grundsätzlich durch jede weitere Vertiefung der Fahrrinne verstärkt. Wie sensibel das Transportsystem auf Vertiefungen reagiert, zeigen die Änderungen der Korngrößenzusammensetzungen nach der letzten Fahrrinnenanpassung (Abb. 7). Es ist deshalb anzunehmen, dass bei einer weiteren Vertiefung

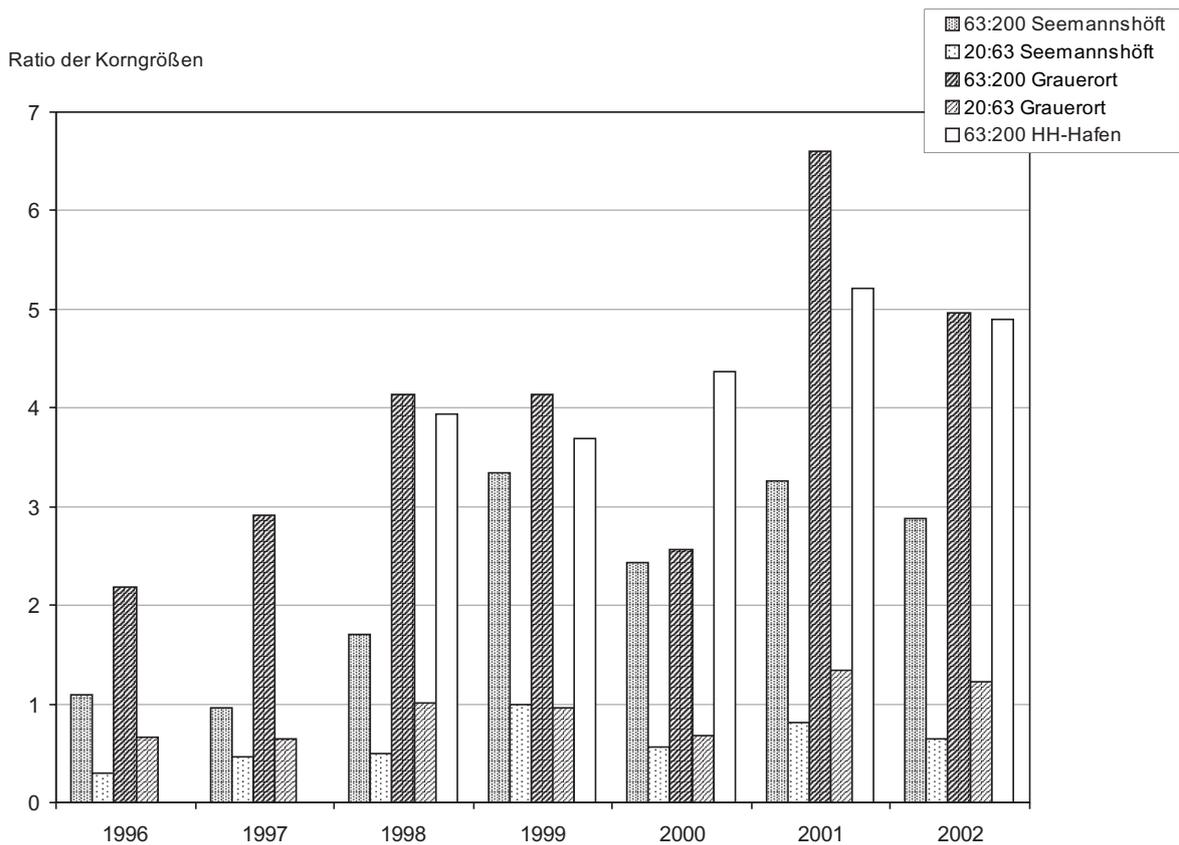


Abbildung 7: Änderung der Verhältnisse in den Korngrößenfraktionen < 20 zu 20 bis 63 µm und < 63 zu 63 bis 200 µm in schwebstoffbürtigen Sedimenten an den Stationen Grauerort und Seemannshöft und in Sedimenten des Hamburger Hafens. Angaben als Jahresmittelwerte für den Zeitraum 1996 bis 2002. Datengrundlage: Schwebstoffbürtige Sedimente = ARGE Elbe 1996 bis 2002; Hafensedimente = Sedimentkataster 1997 bis 2002.

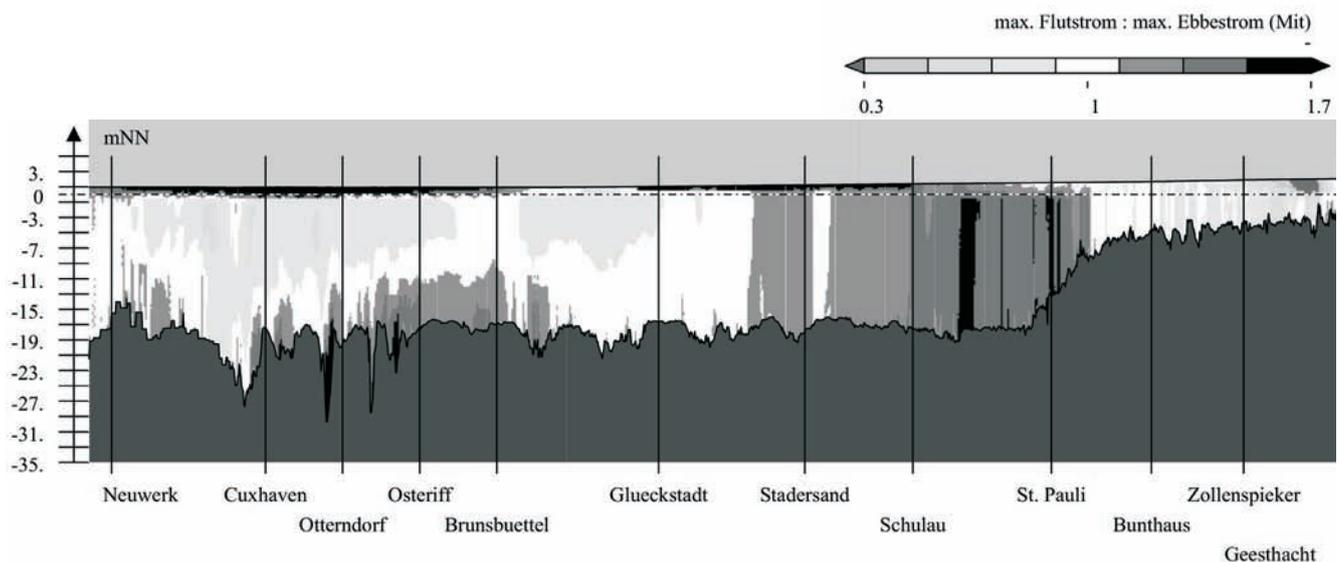


Abbildung 8: Flächenhafte Darstellung der Verhältniszerte aus den Mittelwerten der maximalen Ebb- bzw. Flutstromgeschwindigkeiten im Elbe-Ästuar die für die Situation nach dem Ausbau 1999 über einen 14-tägigen Validierungszeitraum berechnet wurden. Werte größer als 1 kennzeichnen einen flutstromdominanten und Werte kleiner als 1 einen ebbestromdominanten Bereich. Auffällig ist die in großen Bereichen fehlende oder nur geringe Variation über die Vertikale. Aus: Weilbeer 2004 (mit freundlicher Genehmigung).

die negativen Auswirkungen auf die Schwebstoffdynamik weiter verstärkt werden. Abbildung 8 zeigt, dass dies nicht nur den Stromauftransport von Sedimenten aus der Untereibe (tidal pumping) sondern auch den

Verbleib der über die Mittelreibe in die Tideelbe eingebrachten Schwebstoffe bzw. die im Rahmen der Unterhaltsbaggerung mobilisierten Sedimente betreffen wird.

### 3. Vergleich der in der UVU prognostizierten und tatsächlich eingetretenen hydromorphologischen Veränderungen

Tabelle 1: Zusammenfassung der Prognosen der UVU 1999 und Angaben inwieweit diese nach der Planfeststellung Gegenstand der Beweissicherung sind

Zusammenfassung der Prognosen der UVU 1999 und Angaben inwieweit diese nach der Planfeststellung Gegenstand der Beweissicherung sind	Reale Änderungen im Vergleich zur UVU Prognose (Worst Case)
<b>Schwebstoffkonzentration (&gt; 5% in 0 bis 2 Meter Tiefe)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nicht quantifizierbare Erhöhung in Flachwasserbereichen und Watten (-)</li> </ul>	Keine Daten aus der Gewässerüberwachung verfügbar
<b>Gewässergüte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verschlechterung während der Bauphase durch Nähr- und Schadstofffreisetzung unter Sauerstoffverbrauch (-)</li> </ul>	<u>Worst Case wird überschritten:</u> Generelle Zunahme des BSB7 im Sauerstoffdefizitbereich.
<b>Sauerstoff (Gewässergüte)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Keine erheblichen und nachhaltigen Beeinträchtigungen</li> <li>Nur kurzzeitig bei Verklappung von Baggergut messbare Sauerstoffzehrung, die beim Vorhandensein eines ausgeprägten Sauerstoffdefizits zu gravierenden Auswirkungen führen (+; aber Mängel bei der Datenerhebung)</li> <li>Langfristige Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt im Hamburger Bereich durch Lichtlimitierung des Phytoplankton (*)</li> </ul>	<u>Worst case wird überschritten:</u> Dauerhafte Verschlechterung der Gewässergüte auf einer Strecke von ca. 100 km. Vertiefung und Verbreiterung des Sauerstoffdefizits aufgrund eines verbesserten Substratangebots (Akkumulation von Schwebstoffen mit hohem Sauerstoffzehrungspotenzial)
<b>Bodenbelegung von mehr als 5 %</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>In strömungsberuhigten Flachwasserbereichen (+)</li> <li>Von bis zu 40% in den Bereichen Hahnöfer Nebelbe, Nordufer von Hanskalbsand (200 Meter breiter Streifen) und Wedeler Au (+)</li> </ul>	<u>Worst case wird überschritten:</u> Sedimentauftrag (1999 bis 2003) im Mittel um 0,7 Meter bei Hanskalbsand Ost, um 1,5 Meter Hahnöfer Nebelbe, um 0,8 Meter Wedeler Au.
<b>Sedimente</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ausbaubagger- und Verbringungsstellen: Zunahme der Schadstoffbelastung der Sedimente für die Baggergutablagerungsflächen Twielenfleht, Krautsand, Hollerwettern-Scheelenkuhlen, Klappstellen bei km 690 und km 714 (gesamt 306 ha) (-)</li> <li>In Bereichen mit Fahrrinnenverbreiterungen tendenziell vorübergehend Sedimenteintreibungen aus den Seitenbereichen in die Fahrrinne. Im Außenelbebereich abnehmender, in Untereibe leicht erhöhter Unterhaltungsaufwand (+)</li> </ul>	<u>Worst case wird überschritten:</u> Erhebliche Zunahme der Unterhaltungsbaggerei im Hamburger Hafen. Zunahme der Feinkornanteile (< 63 µm) in den Sedimenten des Hamburger Hafens.  <u>Nicht prognostiziert:</u> Sedimentfallen-Ergebnisse lassen auf eine Zunahme der Feinkornfraktion im gesamten Süßwasserbereich der Tideelbe schließen, mit besonders gravierenden Auswirkungen auf die Funktion der Seitenräume.
nein (-) ; ja (+); nicht beweissicherungsfähig (*)	

Zusammenfassung der Prognosen der UVU 1999 und Angaben inwieweit diese nach der Planfeststellung Gegenstand der Beweissicherung sind	Reale Änderungen im Vergleich zur UVU Prognose (Worst Case)
<p><b>Tidewasserstände</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oberhalb von Brokdorf Anstieg der Werte mit Maximum im Hamburger Hafen: Maximal bei St. Pauli: MTnw- sinkt &lt; 7 cm, mThW &lt; 4 cm steigen = Tidehub steigt &lt; 11 cm. Oberhalb von Hamburg wieder abnehmend (+)</li> <li>• Elbenebenflüsse: Anstieg 1 bis 5 cm (+)</li> </ul>	<p><u>Worst case wird nicht überschritten:</u> Tidehub steigt bei St. Pauli um ca. 5 cm. Maximum bei Bunthaus: mTnW sinkt 5,7 bis 8,5 cm</p>
<p><b>Dauer Flut und Ebbe</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu- bzw. Abnahmen der Überflutungsdauer von wenigen Minuten (+)</li> <li>• Zu- oder Abnahmen der Flut- und Ebbedauer von 1 bis maximal 5 Minuten (+)</li> <li>• Flut- und Ebbestromdauer (Zeit zwischen zwei Umkehrungen der Wasserfließrichtung) in nicht messbarem Maße (+)</li> </ul>	<p>Anhand von Naturdaten nicht nachweisbar (Tidekalender)</p>
<p><b>Flut- und Ebbestromungsgeschwindigkeiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in der Fahrrinne Zunahme um 0 cm/s bis 3 cm/s (+)</li> <li>• in den Randbereichen vereinzelt auch größere Strömungsänderungen (+)</li> <li>• neben der Fahrrinne leichte Abnahme (+)</li> </ul>	<p><u>Nicht vergleichbar mit Prognose, da nur indirekt nachweisbar:</u> Im Hauptstrom über Sedimenttransport. In den Nebenelben als Abnahme der Wiederbelüftungskapazität und Zunahme des Sedimentauftrags.</p>
<p><b>Transportkapazität der Tidenströmungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zunahme des Sedimenttransports im Hauptstrom um 0% bis 3%, vereinzelt bis zu 5% (-)</li> </ul>	<p><u>Worst case wird überschritten:</u> Nicht quantifizierbare Zunahme des Stromauftrags von Sedimenten durch veränderte hydrologische Verhältnisse.</p> <p><u>Nicht prognostiziert:</u> Abnehmender Austrag von Feinsedimenten (&lt; 63 µm) aus dem Süßwasserbereich der Tideelbe.</p>
<p><b>Salzgehalte</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringfügige Änderung (&lt; 1‰) (+)</li> <li>• Verlagerung der Brackwassergrenze um etwa 500 Meter stromauf (+)</li> <li>• Elbenebenflüsse 0 – 0,1‰ (+)</li> </ul>	<p><u>Beurteilung nicht möglich:</u> Keine ausreichenden Datensätze vorhanden.</p>
<p><b>Sturmfluten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung um 1 cm bei schweren und bis 2,5 cm bei mittleren Sturmfluten (+)</li> </ul>	<p>Keine Daten verfügbar</p>
<p><b>Sturmflutscheitelwasserstände</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung: Elbmündung bis Brunsbüttel maximal um 1 cm, zwischen Brunsbüttel und Hamburg um bis zu 2,5 cm (+)</li> </ul>	<p>Keine Daten verfügbar</p>
<p>nein (-) ; ja (+); nicht beweissicherungsfähig (*)</p>	

Grundsätzlich ist festzustellen, dass ein Großteil der in der UVU prognostizierten hydromorphologischen Veränderungen sowohl in Art als auch Umfang tatsächlich eintrafen (Tabelle 1). Die damit verbundenen Auswirkungen auf die aquatischen Organismen sollen hier nicht weiter angeführt werden, da sie bereits in der UVU ausführlich behandelt wurden.

Unterschätzt wurden in der UVU die Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung auf den Sedimenttransport und Sauerstoffhaushalt. So führten die im Hauptstrom nachweisbaren und so auch prognostizierten Änderungen im Tidehub und die nicht messbaren Strömungsänderungen offensichtlich zu einem deutlich veränderten Transportgeschehen. Nachweisbar negativ war dies in Bezug auf den Verbleib der Feinkornfraktion (< 63 µm) im Süßwasserbereich der Tideelbe, die hier zu einer vermehrten Sauerstoffzehrung führten. Daran gekoppelt ist seit 1999 eine weitere Absenkung der Sauerstoffkonzentrationen in den Monaten Mai bis August und einer Verbreiterung des Sauerstofftals. Dass sich der Stromauftransport von Sedimenten seit 1999 verändert hat, ist aufgrund der Zunahme des Tidehubs sehr wahrscheinlich, kann aber nicht quantifiziert werden. Die Erhöhung des Baggergutaufkommens kann hierfür nicht herangezogen werden, da aufgrund der Modellrechnungen der BAW anzunehmen ist, dass der Großteil der Baggermengen mehrfach zwischen der Klappstelle Wedel und dem Hamburger Hafen recycelt wurde. Offen bleibt, wie oft das gleiche Sediment immer wieder gebaggert und verklappt wurde. Dieser Zyklus wird seit August 2005 unterbrochen, indem die Klappstelle Wedel z.T. aufgegeben wurde und ein Teil des Materials (800.000 Kubikmeter) nunmehr in der Nordsee bei Scharhörn verklappt wird. Inwieweit dadurch das Problem der zunehmenden Unterhaltsbaggerung behoben ist, bleibt abzuwarten. Sehr wahrscheinlich ist, dass auch in Zukunft große Mengen an vornehmlich feinen Sedimenten (Schlick) und damit hoch belastetes Material im Hamburger Hafen sedimentieren wird. Für eine grundsätzliche Behandlung dieses Problems ist es unerlässlich, über gezielte Untersuchungen Aufklärung über

den Ursprung und den Verbleib von Schwebstoffen in der Tideelbe zu erhalten. Dies ist auch notwendig im Hinblick auf eine erneute Anpassung der Fahrrinne, wie sie bereits in Planung ist. Entsprechende Forderungen wurden bereits auch von Seiten der BAW erhoben, die Naturdaten für die Validierung ihrer Modellrechnungen benötigen (Weilbeer 2004). Diese wiederum stellen eine Voraussetzung dar, um gezielt wasserbauliche Maßnahmen entwickeln zu können, mit denen die negativen Entwicklungen in der Sedimentdynamik gestoppt oder sogar rückgängig gemacht werden können.

In der UVU unterschätzt wurden weiterhin die Auswirkungen auf die Nebelben. Die größten Änderungen betrafen die Strömungsgeschwindigkeiten und davon abhängig, die Sedimentationsraten und Wiederbelüftungsraten. Hier setzte sich der bereits in der Beweissicherung 1995 zur Elbevertiefung auf 13,5 m diagnostizierte Trend fort, dass die Strömungsgeschwindigkeit in den Nebelben und deren Schwankungsbreite abnimmt (Bund-Länder-Arbeitsgruppe Beweissicherung 1995). Dieser Trend hat sich in der Hahnöfer Nebelbe, nach 1999 soweit verstärkt, dass damit zu rechnen ist, dass in absehbarer Zeit hier die Flachwassergebiete völlig verschlickten und damit als aquatische Lebensräume wegfallen. Bereits jetzt ist die Funktion der Nebelben als Rückzugsgebiete für Fische und als Sauerstoffdonator (Lunge) für den Hauptstrom stark gestört, weil sie nicht mehr deutlich bessere Sauerstoffbedingungen als im Hauptstrom aufweisen.

Dass die einzige aquatische Ausgleichsmaßnahme für die Fahrrinnenanpassung direkt in die Hahnöfer Nebelbe gelegt wurde, zeigt eine völlige Fehleinschätzung der Verantwortlichen in Bezug auf die zu erwartenden Veränderungen. Es wurden zwei instabile Flachwasserbereiche geschaffen, die durch die Maßnahme der Fahrrinnenanpassung eindeutig konterkariert werden und deshalb ökologisch von geringem Nutzen sind.

## 4. Wissensdefizite und Untersuchungsbedarf

Die Tatsache, dass mit der gleichen Datenbasis im Rahmen der Beweissicherung keinerlei, aber in der vorliegenden Studie deutliche ausbaubedingte Änderungen festgestellt werden konnten, zeigt zumindest, dass die Vorgaben des Planfeststellungsbeschlusses zu eng gefasst waren. So wurden, wie Tabelle 1 belegt, einige der Prognosen der UVU nach dem Planfeststellungsbeschluss überhaupt erst gar nicht in die Beweissicherung aufgenommen. Weiterhin beschränkte der Planfeststellungsbeschluss die Beweissicherung auf Daten aus Routinemessungen zur Gewässerüberwachung und definierte, außer zum Makrozoobenthos, den Fischen und terrestrischen Pflanzen, kein zusätzliches Untersuchungsprogramm (Bioconsult 2003). Die Folge davon ist, dass es keine gesicherten Daten zur Sedimentdynamik und der Struktur und Funktion der Nebelben gibt, die eine Zeitreihenanalyse und damit genauere Prognosen ermöglichen würden.

Des Weiteren lassen sich auch eine Reihe von Mängeln bei der Datenerfassung zur Baggerproblematik und dem Sedimentkataster feststellen. Diese Mängel trugen unseres Erachtens mit dazu bei, dass keine signifikanten Auswirkungen während der Bauphase festgestellt werden konnten.

So wurde gemäß PFB im Juni 2000 eine Untersuchung zur Schwebstoffausbreitung und Sauerstoffzehrung während der Baggerung und Verklappung im Rahmen der Neubaggerung durchgeführt. Eine abschließende Bewertung konnte mit der einmaligen Messkampagne nicht vorgenommen werden. Da während der gesamten Messkampagne im November 1999 vornehmlich sandige Sedimente gebaggert und verklappt wurden, ist es nicht verwunderlich, dass die Effekte der Sauerstoffzehrung im Gewässer insgesamt als sehr gering eingestuft wurden. Eine abschließende Beurteilung der Sauerstoffmessungen aus dem vorliegenden relativ geringen Datenmaterial war für die Beantwortung ökologischer Belange nicht möglich. Hierzu sollten die ursprünglich geplanten Messungen im Sommer 2000 abgewartet werden, mit einer veränderten Probenahme-strategie sowie verbesserten messtechnischen Rahmenbedingungen. Zur weiteren Verifizierung der Sauerstoffproblematik wurde angestrebt, die Untersuchung bei Gewässertemperaturen um 20°C, nach Möglichkeit im limnischen Bereich der Tideelbe, sowie in Baggerungsgebieten mit vornehmlich schlickigen Sedimenten vorzunehmen. Diese Untersuchung wurde jedoch nicht durchgeführt, obwohl Effekte der Baggerei auf den Sauerstoffhaushalt im Baggerungsgebiet nicht ausgeschlossen werden konnten (Bornholdt et al. 2000).

Weiterhin war die geplante spiralförmige Erfassung der räumlichen Schwebstoffverteilung an der Baggerstelle durch die anhaltenden Bewegungen des Baggers nicht durchführbar. Als Notprogramm wurde versucht, zumindest die durch die Baggeraktivitäten ausgelöste Schwebstoffwolke zu verfolgen. Die Schwebstoffkonzentrationen in der unmittelbaren Umgebung der Baggerung waren aber so hoch, dass der Maximalwert der messbaren Rückstreuintensität erreicht wurde. Ein weiterer schwerwiegender Mangel für die abschließende Beurteilung der Auswirkungen der Baggerung war das Fehlen der Aufzeichnung des vom Bagger gefahrenen Kurses, der sich auch aus den wenigen Protokollnotizen kaum rekonstruieren ließ. Genauere Angaben über die Verteilung der Schwebstofffahne als im Gutachten angegeben, wären nur möglich, wenn die Position des Baggers kontinuierlich aufgezeichnet wird.

Um mögliche Veränderungen in der Sedimentzusammensetzung zu erfassen, wurde im PFB 1999 der Aufbau eines Sedimentkatasters beschlossen. Daten für dieses Kataster wurden jedoch einzig auf die aus Routineuntersuchungen der Korngrößenzusammensetzung bei der Unterhaltsbaggerung beschränkt. Demzufolge stammte das zu untersuchende Material nicht aus definierten Tiefenstufen, war nicht immer von der gleichen Position und wurde in unregelmäßigen Abständen entnommen. Damit stehen über das Sedimentkataster z.Zt. keine aussagekräftigen Zeitreihen zu Verfügung, um, wie im PFB projiziert, Veränderungen über längere Zeiträume verfolgen zu können. Es ist deshalb zu fordern, dass im Rahmen der Unterhaltsbaggerung regelmäßig zusätzlich Sedimentproben entnommen und analysiert werden, die auch wissenschaftliche Anforderungen erfüllen. Darüber hinaus bedarf es eines eigenen, gezielten Untersuchungsprogramms, das sich schwerpunktmäßig auf den Sedimenttransport konzentrieren sollte, da dieser ein sensibler Indikator für das Strömungsgeschehen im System Tideelbe darstellt. Damit verbunden wäre auch die Klärung der Herkunft und des Verbleibs von Schwebstoffen mit neuen Tracermethoden (Olley et al. 2001). Solche Daten sind notwendig, um fundierte Prognosen zu den ökologischen Veränderungen bei einer weiteren Fahrrinnenanpassung erstellen und Lösungen für die Baggergutproblematik erarbeiten zu können.

## 5. Referenzen

- ARGE 1990 bis 2005. Arbeitsgemeinschaft zur Reinhaltung der Elbe. Wassergütedaten der Elbe, Zahlentafeln.
- BERGEMANN, M. 1995. Die Lage der oberen Brackwassergrenze in Elbe-Ästuar. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, 39, H 4/5, S. 134-137.
- BIOCONSULT 2003. Beweissicherung zur Fahrrienenanpassung Makrozoobenthos in der Außen- und Unterelbe, Klappstelle, Fahrrinne und Transekt Außenelbe, Ergebnisse Frühjahr 2002 und Vergleich 1999 bis 2002.
- BORNHOLDT, J., HAGGE, A., KAPPENBERG, J., RIETHMÜLLER, R., WITTE, G. 2000. Untersuchungen zur Schwebstoffausbreitung und Sauerstoffzehrung während der Baggerung und Verklappung im Rahmen der Neubaubaggerungen zur Fahrrienenanpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Gutachten für das Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg
- BS 2003. Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Bericht zur Beweissicherung 2003. Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg.
- BSD 2005. Beweissicherungsdatenbank online der WSA Cuxhaven, Stand September 2005: Wasserstände/Abflussdaten, Strömungsdaten, Gewässerdaten, Darstellung der Ergebnisse der Beweissicherung.
- BUND-LÄNDER ARBEITSGRUPPE BEWEISSICHERUNG 1995. Ausbau der Unter- und Außenelbe zur Herstellung der Fahrwassertiefe von 13,5 m unter Kartenull. Volker Neemann: Strömungsmessungen. WSA Nord.
- EICHWEBER, G. 2005. Integration von wasserbaulichen und ökologischen Zielsetzungen. Vortrag (online) zur BUND Veranstaltung „Tide-Elbe: Naturraum oder Wasserstraße?“ vom 11.3.2005 in Hamburg.
- KERNER, M., AND D. KROCKMANN. 1994. Partitioning of trace metals in suspended matter from the Elbe Estuary fractionated by a sedimentation method. *Neth. J. Sea Res.* 33: 19-27.
- KERNER, M., KAPPENBERG, J., BROCKMANN, U. & EDELKRAUT, F. 1995. The effect of changes in the physico-chemical conditions on the oxygen consumption. In: A case study on the oxygen budget in the freshwater part of the Elbe Estuary. *Archiv für Hydrobiologie Suppl.* 110 (1): 1-25.
- LOZÁN J.L. ET AL. 1996. Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. Parey Buchverlag Berlin. S. 43-51, 162-167.
- OLLEY, J.M., CAITCHEON, G.G., HANCOCK, G. AND WALLBRINK, P.J. 2001. Tracing and Dating Techniques for Sediment and Associated Substances A Consultancy report for the Sydney Catchment Authority. CSIRO Land and Water, Canberra.
- PFB 1999. Planfeststellungsbeschluss für die Fahrrienenanpassung von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt von km 638,9 bis km 747,9, Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord Planfeststellungsbehörde A4-143.3/1.
- PIROW, R., C. BÄUMER AND R. J. PAUL. 2001. Benefits of haemoglobin in the cladoceran crustacean *Daphnia magna*. *The Journal of Experimental Biology* 204, 3425-3441.
- SEDIMENTKATASTER 1997 bis 2002. Projektgruppe Beweissicherung - Datensammelstelle, Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg.
- UVU 1999. Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Anpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Datenbank - Online.
- WSA HAMBURG 1995 bis 2004A. Peildaten, Differenz- und Geländemodelle der Elbesohle. Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg.
- WSA HAMBURG 1995 bis 2004B. Strömungsdaten der Nebenelben aus Querprofilmessungen. Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg.
- WEILBEER, H. 2004. Untersuchungen zur Sedimentdynamik im Elbe-Ästuar. Vortrag zum Kolloquium der BAW (2004-11 K3).
- WOLFSTEIN, K & KIES, L. 1995. Variations in phytoplankton pigments in the Elbe Estuary before and during the oxygen minima in 1992 and 1993. In: A case study on the oxygen budget in the freshwater part of the Elbe Estuary. *Archiv für Hydrobiologie, Suppl.* 110 (1): 39-54.





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 über 100 Ländern aktiv. Weltweit unterstützen uns fast 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](mailto:info@wwf.de)

#### **WWF Fachbereich Meere und Küsten**

Am Gütphohl 11  
28757 Bremen

Tel.: 0421 / 6 58 46 10  
Fax: 0421 / 6 58 46 12  
E-Mail: [bremen@wwf.de](mailto:bremen@wwf.de)

