

# **Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe**

1. Juni 2008

## Inhalt

Veranlassung und Zielstellung .....	1
Anstieg der Baggergutmengen.....	5
Erläuterungen zum Sedimenttransportsystem .....	5
Unterhaltungsbaggerungen .....	5
Ursachen des Mengenanstiegs .....	6
Folgen der Veränderungen .....	9
Maßnahmen zur Reduzierung der Baggermengen .....	10
Strombauliche Maßnahmen .....	11
Denkbare Strombaumaßnahmen .....	14
Maßnahmen zur Bewirtschaftung des Sedimenthaushaltes .....	18
Sandfraktionen .....	18
Feinmaterial .....	18
Ökologische Bewertung einer neuen Umlagerungsstrategie der WSV .....	19
Umlagerung von Baggergut aus dem Hamburger Bereich .....	20
Abschätzung einer Sedimentbilanz im Hamburger Bereich .....	22
Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentbelastung .....	23
Situation .....	23
Sanierung der Elbe .....	23
Schadstoffbewertung.....	26
Regelwerke .....	26
Praktische Anwendung .....	27
Alternativen zur Umlagerung .....	29
Auswirkungen / Maßnahmen der anstehenden Fahrrinnenanpassung.....	31
Monitoring, Untersuchungsbedarf und Berichte .....	33

---

**Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord  
Hamburg Port Authority**

## **Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe**

### **Überblick**

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) und die Hamburg Port Authority (HPA) unterhalten die Tideelbe für die Schifffahrt. Bisher beschränkten sich die Unterhaltungskonzepte auf die jeweiligen Gebietszuständigkeiten. Anfang des Jahrzehnts sind die Baggermengen im Hamburger Raum erheblich angestiegen. Die daraus resultierenden Anforderungen ebenso wie neue rechtliche Rahmenbedingungen machen die Entwicklung eines zuständigkeitsübergreifenden Strombau- und Sedimentmanagements erforderlich. In diesem Zusammenhang sind Antworten auf Ursachen zu finden, Handlungsalternativen abzuwägen und Umsetzungsschritte zu definieren.

#### **Vor dem Hintergrund**

- der Bedeutung des Hamburger Hafens für die Region und für Deutschland
- der Notwendigkeit ausreichender Wassertiefen für die Schifffahrt und der damit verbundenen Unterhaltung von Tideelbe und Hafengewässern
- eines anhaltenden Prozesses von künstlichen und natürlichen Veränderungen der Morphologie und der Hydrologie der Tideelbe mit den Folgen
  - eines unausgeglichene Materialhaushalts und gestiegener Sedimentmengen im oberen Bereich des Ästuars
  - von Sedimentation in Flachwasserbereichen
  - einer Erosion im Mündungsbereich
- der Notwendigkeit einer weiteren Verringerung der Schadstoffbelastung der Elbesedimente
- einer nachhaltigen und auch den Zielen des Naturschutzes und der Wasserwirtschaft entsprechenden Entwicklung der Tideelbe
- den Anforderungen des europäischen und nationalen Gewässer-, Meeres- und Naturschutzes

haben die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) und die Hamburg Port Authority (HPA) das vorliegende gemeinsame Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe erarbeitet. Das Konzept wurde mit Verwaltungen der drei Länder Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein sowie des Bundes diskutiert. Alle Beteiligten stimmen darin überein, dass den Herausforderungen nur dann wirksam begegnet werden kann, wenn die an der Elbe tätigen Institutionen auf der Basis einer übergreifenden Analyse zu einer gemeinsamen Strategie finden.

Naturgemäß bedarf das Konzept in Anpassung an aktuelle Erkenntnisse einer ständigen Fortschreibung. Es soll zukünftig in Managementpläne nach Flora-Fauna-Habitat- bzw. Wasser-rahmenrichtlinie überführt werden.

### **Zustandsbeschreibung**

- Das Elbe-Ästuar ist ein hochdynamisches System und unterliegt ständigen Veränderungen, wie zum Beispiel dem Materialverlust im Mündungsbereich in den letzten Jahrzehnten.
- Gleichzeitig erfordern menschliche Nutzungen, wie die Entwicklung des Hafens oder der Hochwasserschutz, ständige Eingriffe und Veränderungen.
- Die Ursachen für den Anstieg der Baggergutmengen im oberen Teil der Tideelbe sind vielfältig. Neben Maßnahmen im Zusammenhang der Fahrrinnenanpassung sind auch Veränderungen im Hamburger Hafen und im Mühlenberger Loch von Bedeutung.
- Diese Maßnahmen sind ohne Aufgabe der Nutzungen nicht rückgängig zu machen. Dem verstärkten Stromauftransport von Sedimenten kann nur begrenzt begegnet werden.
- Aufgrund der Vermischung großer Mengen mariner Feststoffe mit schadstoffbelasteten oberstromigen Sedimenten und der verstärkten Sedimentation im hamburgischen Bereich wird das Verbringen dieser Schlicksande in die Nordsee als Problem gesehen.
- Die Schadstoffbelastung der Elbesedimente hat sich seit der politischen Wende deutlich verbessert, liegt aber noch auf einem erhöhten Niveau. Die Schadstoffbelastung betrifft neben der Schifffahrt diverse andere Nutzungen und Schutzziele. Auch ohne Baggerungen belasten Elbesedimente Nebenelben und die Nordsee.

Um den Herausforderungen zu begegnen, beruht das Strombau- und Sedimentmanagementkonzept auf mehreren Säulen:

### **Steuerung von Sedimentationsprozessen durch strombauliche Maßnahmen**

- Strombauliche Maßnahmen dienen insbesondere der Schaffung von Tidevolumen. Wesentliches Ziel ist eine Veränderung der negativen Entwicklung der Tidecharakteristik und des Tidal Pumping und damit des Stromauftransports von marinen Sedimenten. Aufgrund des Umfangs der Maßnahmen kann sich eine sedimentationsvermindernde Wirkung erst mittel- bis langfristig entfalten.
- Diese strombaulichen Maßnahmen können auch naturschutzfachlichen Zielstellungen entsprechen.
- Mit der Einrichtung von Sedimentfängen unterhalb von Hamburg wird der Versuch unternommen, marine Sedimente gezielt ‚abzufangen‘, bevor sie sich mit schadstoffbelasteten oberstromigen Sedimenten vermischen.

### **Optimierte und koordinierte Unterhaltungsbaggerung und Umlagerung von Sedimenten im Gewässer**

- Hauptziel strombaulicher Maßnahmen ebenso wie der Unterhaltungsstrategie ist eine möglichst weitgehende Reduzierung der zu baggernden Mengen und die schnellstmögliche Beendigung des Verbringens in die Nordsee.
- Im Rahmen der Unterhaltung werden frisch anfallende Sedimente umgelagert, ein wesentliches Kriterium ist eine zeitliche Steuerung der Baggerungen, z.B. in Abhängigkeit vom Oberwasser und damit dem Abtransport der umgelagerten Sedimente.
- Das Durchbrechen von Sedimentkreisläufen führt nach heutigem Erkenntnistand zur Reduzierung der Gesamtbaggermengen. Dies erfordert die Umlagerung feinkörniger Sedimente in den ebbstromdominierten Bereich. Größere Sedimente werden primär strombaulich verwendet.

- Mit den genannten Maßnahmen wird der Verschlickung von Nebeneiben und damit auch von Sportboothäfen entgegengewirkt.

### **Reduzierung der Schadstoffbelastung der Sedimente als Aufgabe im gesamten Flussgebiet**

- Die Sanierung der Elbe ist eine Langfristaufgabe und erfordert ein Gesamtkonzept mit Prioritätensetzung im gesamten Elbegebiet. Bei dieser Aufgabe werden FGG Elbe und IKSE nachhaltig unterstützt.

### **Landentsorgung von höher belastetem Baggergut in Hamburg bis 2025**

- Die Landbehandlung von Baggergut in Hamburg wird im vorhandenen Umfang bis zum Jahr 2025 weitergeführt und trägt damit weiterhin zur Schadstoffentlastung von Elbe und Nordsee bei.
- Mit der Entnahme höher belasteter Altsedimente insbesondere im Hamburger Bereich wird das Gewässer entlastet und gleichzeitig Tidevolumen geschaffen bzw. erhalten (Unterstützung der strombaulichen Maßnahmen).

### **Weitere Untersuchungen**

- Das Systemverständnis für das Tideästuar Elbe wird zielgerichtet weiterentwickelt. Die Auswertung aller Erkenntnisse, insbesondere der langfristigen Folgen der neuen Strategie für das Gesamtsystem, wird durchgeführt und dargestellt. Untersuchungen, wie das modellbasierte Monitoring, werden systemübergreifend umgesetzt.

Mit den Handlungsgrundsätzen für ein quantitatives und qualitatives Sedimentmanagement wird ein deutlicher Fortschritt im Umgang mit Baggergut und Sedimenten an der Tideelbe erreicht:

- Das Handeln erfolgt verwaltungsgrenzenübergreifend und transparent.
- Es werden die Grundlagen für einheitliche Bewirtschaftungspläne gelegt.
- Mit der Reduzierung gebaggerter Mengen werden negative Umweltauswirkungen reduziert.
- Durch den Bezug zu noch aufzustellenden Sanierungsprogrammen im gesamten Elbegebiet wird ein qualitatives Sedimentmanagement unterstützt.
- Dieses Konzept berücksichtigt auch internationale Entwicklungen.

### **Zeitlicher Rahmen der Umsetzung**

Das Konzept sieht einen breiten Strauß von Maßnahmen vor, die unterschiedlich komplex und verschieden wirksam sind. Die Umsetzung ist in Stufen vorzusehen. Eine regelmäßige Überprüfung und Fortschreibung des Konzepts ist vorgesehen. Hier erfolgt eine Unterteilung in 3 wesentliche Etappen (kurz-, mittel-, langfristig).

#### **Bis 2011**

- Ein erster Sedimentfang wird bereits im Frühjahr 2008 unterhalb der hamburgischen Landesgrenze eingerichtet; damit wird ein hier bestehender Unterhaltungsschwerpunkt unterstützt, die Sedimentation in Hamburg vermindert.
- Weitere geeignete Stellen für Sedimentfänge werden gesucht und möglichst umgehend in Abstimmung mit den Ländern umgesetzt:

- Nach Eignung und Möglichkeit werden vorhandene Baggerstellen so gestaltet, dass sie verstärkt von Unterstrom eingetragene Sedimente ‚abfangen‘.
- Die Bewirtschaftung von Nebenelben – vorzugsweise an ihren Enden – zur Beeinflussung des Feinsedimenthaushaltes wird bis Ende 2008 weiterentwickelt.
- Die kurzfristige Umstellung auf großräumige Umlagerungen hat zum Ziel, Sedimentkreisläufe zu durchbrechen und den Sedimenthaushalt zu stabilisieren:
  - Sedimente aus flutstromdominierten Bereichen sollen generell in ebbstromdominierte Bereiche umgelagert werden.
  - Die Verbringung aus dem Bereich Hamburgs in die Nordsee zur Tonne E3 ist für einen weiteren Zeitraum (2008-2011) erforderlich.
- Die Hamburger Behörden werden in dieser Legislaturperiode entsprechende Maßnahmen auf Hamburger Gebiet umsetzen (Kreetsand/Spadenländer Busch) und weitere Maßnahmen wie Spadenländer Spitze, Spadenländer Ausschlag, Billwerder Insel und Ellerholz auf eine Realisierung prüfen.
- Der Abbau von Unterhaltungs-Nachholbedarfen erfolgt auch im nicht seeschiffstiefen Bereich des Hamburger Hafens, damit wird Flutraum geschaffen bzw. erhalten.
- Die Unterbringung und –verwertung von belastetem Baggergut an Land in Hamburg wird weiter betrieben.
- FGG Elbe und IKSE werden bei der Erarbeitung konkreter Maßnahmenprogramme zur Sedimentsanierung bzw. zum Sedimentmanagement im Flussgebiet nachhaltig unterstützt.

#### **Ab 2011**

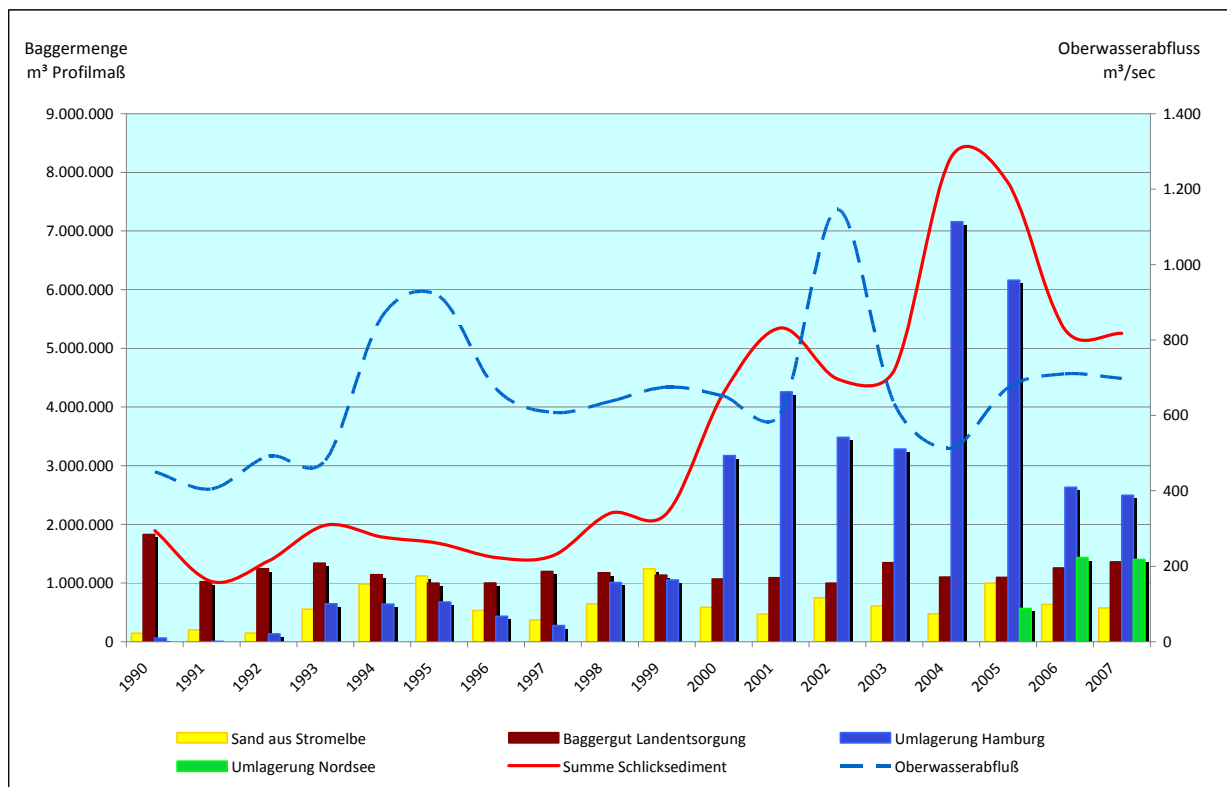
- Der erzielte Erfolg der Maßnahmen wird unter Einbeziehung von Monitoringergebnissen überprüft; andere Verbringstellen und eine Modifikation des Konzepts können erforderlich werden.
- Aus dem Strombaukonzept ist vorrangig die Umsetzung der Maßnahmen Süderelbe, Dove Elbe und die Öffnung von Nebenelben etc. geplant.
- Auf der Basis des Strombaukonzeptes werden auch unter Einbeziehung des Ziels der Sturmflutspitzenkappung die noch ausstehenden realisierbaren Maßnahmen gemeinsam mit den Nachbarländern umgesetzt.
- Vor dem Hintergrund der bis dahin im Einzugsgebiet der Elbe durch die FGG umgesetzten Maßnahmen zur Vermeidung von Schadstoffeinträgen wird die Landbehandlung beendet.
- Das Konzept wird auch unter Berücksichtigung von regionalen und internationalen Erkenntnissen fortgeschrieben und mit Schleswig-Holstein und Niedersachsen abgestimmt.

## Veranlassung und Zielstellung

Die natürliche Sedimentdynamik macht regelmäßige Unterhaltungsarbeiten im Hamburger Hafen und der Tideelbe erforderlich, um die Schifffahrt dauerhaft zu sichern. Dabei fallen große Baggergutmengen an. Vor dem Hintergrund der hohen Schadstoffbelastung der Elbe, die Ende der 1970er Jahre erkannt wurde, hat Hamburg in den 1980er Jahren ein aufwändiges Baggergutkonzept entwickelt und umgesetzt. Wesentlicher Baustein ist die umweltsichere Landbehandlung und -beseitigung des schadstoffbelasteten Sediments.

Nach der politischen Wende 1989 hat sich die Situation der Elbe deutlich verbessert. Mitte der 1990er Jahre hat auch Hamburg die sonst üblicherweise praktizierte Umlagerung im Gewässer für die geringer belasteten Sedimente eingeführt. Aus verschiedenen Gründen kam damals nur die Umlagerung im Hamburger Bereich in Frage. Die WSV hatte die Unterhaltung in ihrem Bereich schon Mitte der 1980er Jahre von der Landverbringung auf die Umlagerung umgestellt.

Seit dem Jahr 2000 sind die Baggermengen in Hamburg erheblich gestiegen; in den Jahren 2004 und 2005 fielen jeweils über 8 Mio. m<sup>3</sup> an. In dieser Situation hat das Land Schleswig-Holstein im Jahr 2005 ein bis 2008 befristetes Einvernehmen erteilt, aus der an Hamburg delegierten Bundeswasserstraße Elbe Baggergut in den Bereich der Tonne E3 in der Nordsee zu verbringen.



**Abbildung 1:** Entwicklung der Baggermengen der HPA 1990 – 2007 sowie Oberwasserabfluss

Mit Ablauf des Jahres 2007 sind 4,5 Mio. m<sup>3</sup> Laderaumvolumen dorthin verbracht worden. Wie die Grafik zeigt, hat diese Maßnahme in Verbindung mit weiteren Umstellungen dazu geführt, dass die Baggermengen insgesamt wieder deutlich gesunken sind.

Das Einvernehmen war verbunden mit der Zielstellung, ein Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe zu erarbeiten. Ziele des Sedimentmanagementkonzeptes sind

- Reduzierung der anfallenden Baggermengen (Strombau, Hydrologie)

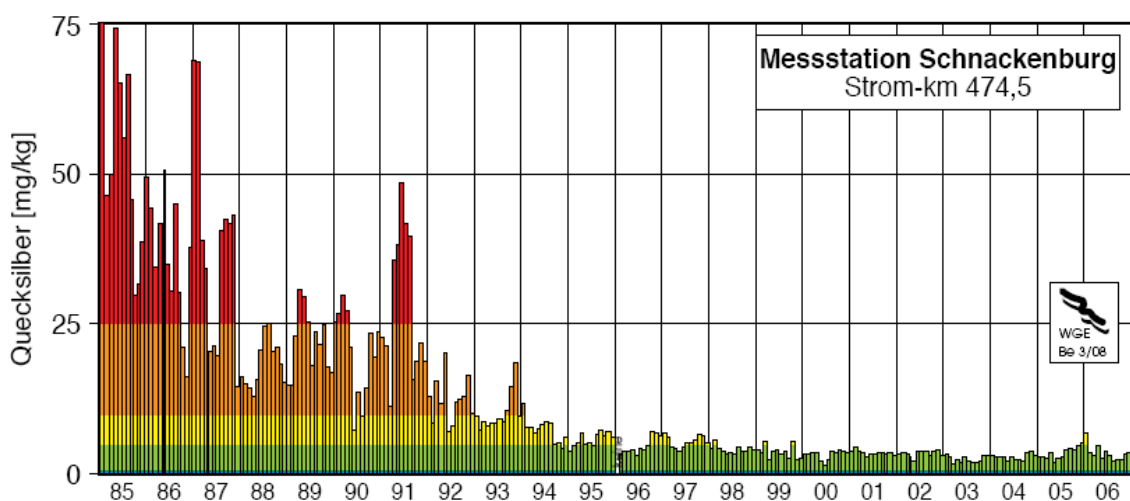
- Minimierung der mit der Unterhaltung verbundenen Auswirkungen
- Minimierung der Schadstoffbelastung des Baggergutes
- Optimierung der Baggerungen (Sedimentfänge, Strombau)

WSV und HPA haben ein solches Konzept erarbeitet und intensiv mit den Umwelt- und Verkehrsressorts Hamburgs, Schleswig-Holsteins und Niedersachsens diskutiert.

Das vorliegende Papier gibt Antworten auf die Frage nach den Gründen des Anstiegs der Mengen. Oft wird als Ursache die letzte Fahrrinnenanpassung und die Teilverfüllung des Mühlenberger Lochs angenommen, doch die Bedingungen sind erheblich komplexer. Möglichst richtige und vollständige Antworten sind Voraussetzung für die Entwicklung von Maßnahmen zur Verringerung der Gesamtmengen. Es werden konkrete Vorhaben benannt, die sich in kurzfristige Maßnahmen (Umstellung der Unterhaltungsaktivitäten und Anlage von Sedimentfängen zur gezielten Erhöhung von Sedimentation in bestimmten Bereichen) und langfristig wirksame strombauliche Maßnahmen zur Veränderung der Tidedynamik unterteilen.

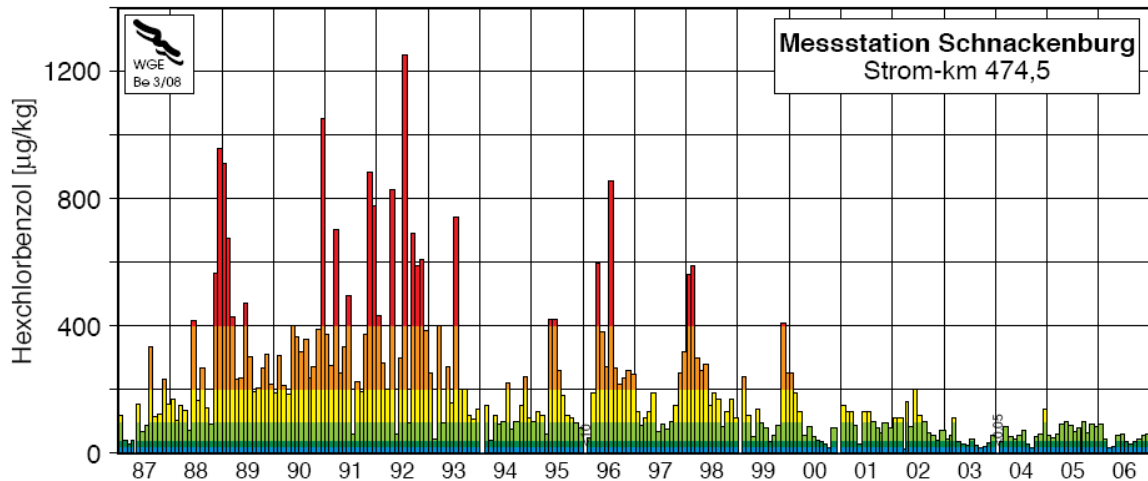
Von ausschlaggebender Bedeutung ist die Umlagerung der gebaggerten Sedimente im Gewässer. Wenn auch das Ziel eine Verringerung der Mengen im oberen Bereich des Elbeästuars ist, werden sich die Mengen insgesamt kaum verringern lassen. Ein nachhaltiges, den Anforderungen europäischer Vorgaben gerecht werdendes Handeln erfordert übergreifende Lösungen. Solche, wie in der Vergangenheit, nur lokal zu suchen ist nicht mehr möglich. Damit werden in einem Tideästuar wie der Elbe mit ihren diversen Nutzungen, Anforderungen und Besonderheiten aber auch neue Optionen, die kostspielige deutlich weitere Transportentfernungen für gebaggerte Sedimente erfordern, dauerhaft umzusetzen sein.

Trotz großer Verbesserungen in den letzten Jahrzehnten ist die Schadstoffbelastung der Elbesedimente noch als erhöht anzusehen. Die Abbildungen 2 und 3 stellen exemplarisch die Entwicklung der Schwebstoffbelastung in Schnackenburg für die Parameter Quecksilber und Hexachlorbenzol dar. Die hohe Quecksilberbelastung hat in den 1980er Jahren maßgeblich zur Entwicklung des Hamburger Baggergutkonzepts geführt. Durch Umstellungen in der Industrie hat sich eine erhebliche Verbesserung ergeben. Die Hexachlorbelastung hat eine wesentliche Ursache in Tschechien und ist im gesamten Elbegebiet zu messen.



**Abbildung 2:** Quecksilber [mg/kg] in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten der Elbe (Quelle: Wassergütestelle Elbe)





**Abbildung 3:** Hexachlorbenzol [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ] in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten der Elbe (Quelle: Wassergütestelle Elbe)

Im gesamten Elbegebiet sind weiterhin erhebliche Anstrengungen zur Verbesserung der Schadstoffsituation erforderlich. Auch sollten darauf abgestimmte und im internationalen Handeln vergleichbare Regelungen zum Umgang mit Baggergut entwickelt werden. Dazu werden der aktuelle Stand dargestellt und ein Handlungsvorschlag unterbreitet. Nachhaltiges Handeln erfordert eine Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit und sozialer Belange.

Das vorliegende Konzept verbindet die Elemente eines quantitativen und eines qualitativen Sedimentmanagements und greift Forderungen der Wasserrahmenrichtlinie und der FFH-Richtlinie auf. So können gemäß CIS-Dokument "Water Framework directive and Hydro-morphological pressures / Focus on hydropower, navigation and flood defence activities / Recommendations for better policy integration" (2006) Sedimentmanagementpläne vorgesehen werden:

Given the impacts of sediment on water uses and/or aquatic habitats (as described earlier), supplementary measures dealing with sediment transport management could be part of the (sub) basin river management plans to support the achievement of the WFD objectives.

*In Anbetracht der Auswirkungen von Sediment auf Gewässernutzungen und/oder aquatische Lebensräume können ergänzende Maßnahmen zum Sedimenttransportmanagement Teil der Flussgebietsmanagementpläne zur Unterstützung der Ziele der WRRL werden.*

Genau darum geht es in dem vorliegenden Papier, wobei eine weitergehende Verknüpfung zu den Qualitätsaspekten erfolgt.

Zur Umsetzung der FFH-Richtlinie an der Elbe besagt eine schriftliche Mitteilung der Generaldirektion Umwelt der Europäischen Kommission an HPA vom September 2005:

As you certainly know the port of Hamburg was not considered to be part of the Elbe estuary. ... the provisions of the Habitats Directive are not applicable for dredging works in the port of Hamburg as no sites or species would be affected.

However, for dredging works in the tidally influenced part of the Elbe that have been designated as Natura 2000 sites the directive applies ... Regular dredging works as maintenance measures - not intending to deepen the shipping lane - can be included in the management plan for the respective Natura 2000 site and would in this case not be considered to be a plan or project according article 6 of the directive.

*Wie sicherlich bekannt ist, wurde der Hamburger Hafen nicht als Teil des Elbeästuars angenommen. ... die Bestimmungen der FFH-Richtlinie sind nicht beim Baggern und Umlagern im Hafen anzuwenden, da keine Habitate oder Arten betroffen sind.*

*Für das Baggern und Umlagern innerhalb ausgewiesener Natura 2000 Flächen in der Tideelbe gilt die Richtlinie jedoch ... Regelmäßige Unterhaltungsbaggerungen - die nicht die Vertiefung der Fahrrinne zum Ziel haben - können in dem Managementplan des jeweiligen Natura 2000-Gebietes verankert werden und würden damit nicht als Plan oder Projekt gemäß Artikel 6 der Richtlinie betrachtet..*

Eine solche Weiterentwicklung kann im Rahmen des aktuell gestarteten integrierten FFH Bewirtschaftungsplans erfolgen.

Mit dem vorliegenden Konzept machen WSV und HPA gemeinsam einen entscheidenden Schritt zu einem Strombau- und Sedimentmanagementplan für die Tideelbe. Das Konzept verknüpft unterschiedliche Elemente miteinander und ist als Einheit zu betrachten.

## Anstieg der Baggergutmengen

Die im Hamburger Raum anfallenden Baggergutmengen sind in den letzten Jahren stark angestiegen. Eine wesentliche Frage gilt deshalb den Ursachen dieses Anstiegs. Hierzu ist ein grundsätzliches Verständnis der Feststofftransporte im Ästuar erforderlich, um plausible Antworten zu geben und Lösungsansätze zu einer Verminderung der Baggermengen zu entwickeln und umzusetzen.

## Erläuterungen zum Sedimenttransportsystem

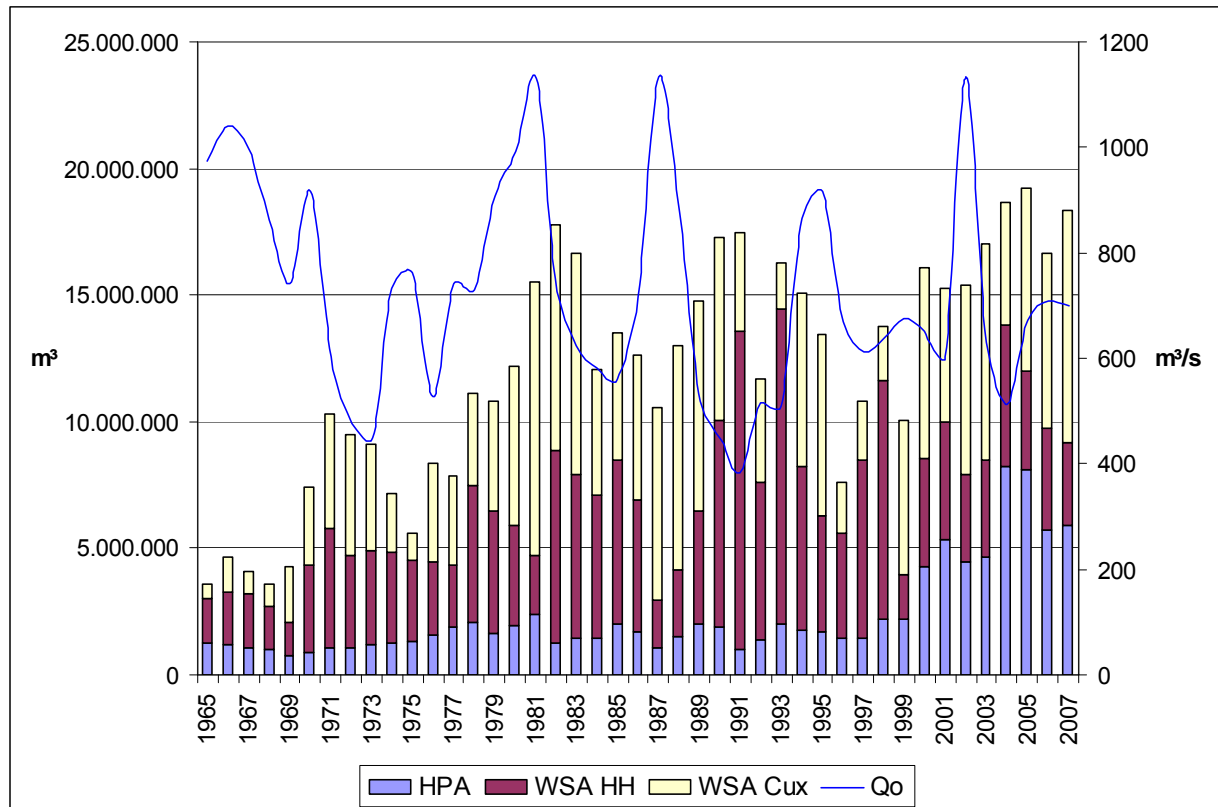
Natürlicherweise werden Feststoffe durch Strömungen aus dem natürlichen Gefälle und Gezeitenströme im Fluss und im Meer bewegt. So ist die Morphologie des Gewässers in ständiger Veränderung. Das Ästuar mit seinen gegenläufigen Strömungen hat dabei eine ganz besondere Bedeutung. Von Oberstrom, d.h. aus dem gesamten Einzugsgebiet, werden überwiegend feine Sedimente stromab transportiert. Größere, d.h. sandigere Feststoffe erreichen das Ästuar vornehmlich aus Richtung See. Im Ästuar erfolgt eine Vermischung dieser Mengen, wobei verschiedene Kornfraktionen unterschiedlich transportiert werden. Die Transportprozesse werden insbesondere durch unterschiedliche Oberwasserführung gesteuert. Bei hohem Oberwasser werden episodenhaft große Mengen in die See ausgetragen. Sturmfluten führen dazu, dass Landflächen überflutet und sich dort Sedimente ablagern. In der Folge entstanden früher aus fruchtbarem Schlick die Marschen. So sind Ästuarare wie das der Elbe vor dem Hintergrund geologischer Entwicklungen tendenziell natürliche Sedimentfallen.

## Unterhaltungsbaggerungen

Unterhaltungsbaggerungen sind erforderlich, um die Schiffbarkeit dauerhaft zu gewährleisten. Der Strom hat das Bestreben, durch ‚Lieferung‘ von Feststoffmaterial einen quasi Gleichgewichtszustand zwischen Strömung und Morphologie herzustellen. Ohne Baggerungen, die gleichzeitig auch eine Entlastung des Sedimenthaushalts bewirken, würde der Strom bei der gegebenen Deichlinie noch stärker verlanden und sich weiter zu einer Rinne mit verlandeten Seitenbereichen entwickeln.

In Hamburg lagen die Baggermengen seit den 1950er Jahren bei etwa 1,5 Mio. m<sup>3</sup>/a und sind dann ab den 1980er Jahren auf über 2 Mio. m<sup>3</sup>/a angestiegen. Ab dem Jahr 1999 sind die in Hamburg anfallenden Baggergutmengen weiter auf über 8 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2004 angestiegen. Jährliche Schwankungen ergeben sich insbesondere aufgrund des Oberwasserabflusses.

Abbildung 4 zeigt die Unterhaltungsbaggermengen der WSÄ Cuxhaven und Hamburg sowie der HPA. Die in der Zufahrt zum Nord-Ostsee-Kanal gebaggerten Mengen sind aufgrund der lokalen Besonderheiten nicht dargestellt. Es ist zu ersehen, dass sich insgesamt, d.h. WSÄ HH und CUX sowie HPA zusammen, die Baggermengen in der Unterelbe seit dem KN-13,5 m Ausbau Mitte der 1970er Jahre nicht wesentlich verändert haben. Es ist allerdings nach dem letzten Ausbau 1999 eine Verschiebung der Schwerpunkte in die Außenelbe und den oberen Ästuarbereich, d.h. nach Hamburg, aber auch in den WSV-Bereich etwa bei Wedel hinein, festzustellen.



**Abbildung 4:** Baggergutmengen der Wasser- und Schifffahrtsämter Cuxhaven und Hamburg und der HPA bzw. Strom- und Hafenbau von 1965 bis 2007 in  $\text{m}^3$  und Oberwasser der Elbe  $Q_o$ . Die Daten beruhen auf unterschiedlichen Aufmasssystemen

Die großen Mengen der HPA in 2004 und 2005 sind ein Hinweis auf Kreislaufbaggerungen. Das umgelagerte Sediment wird nicht mit der Strömung stromab transportiert, sondern reichert sich in Stromabschnitten an und muss mehrfach gebaggert werden.

Die Gesamtmenge von etwa 15 Mio.  $\text{m}^3/\text{a}$  entspricht Baggermengen in anderen europäischen Ästuaren, wie z.B. der Schelde (Antwerpen) oder des Rheins (Rotterdam).

### Ursachen des Mengenanstiegs

Die an der Elbe beobachteten hydrodynamischen und morphologischen Veränderungen sind auf vielfältige Ursachen zurückzuführen. Langfristig andauernde Bestrebungen des Systems zur Wiederherstellung des natürlichen Gleichgewichtes wurden mehrfach durch erneute Eingriffe in die Morphologie des Gewässers überlagert. Es wirken Veränderungen mit allgemeinem hydrologischen Hintergrund, Baumaßnahmen der vergangenen Jahrhunderte und Jahrzehnte und ebenso – als Ursache der jüngsten Entwicklungen im Hamburger Raum – die Fahrrinnenanpassung und eine Vielzahl weiterer Eingriffe und Veränderungen, die in dieselbe Zeit fallen.

### Ursachen mit allgemein hydrologischem Hintergrund

Langfristige, teils irreversible oder kaum noch zu beeinflussende Entwicklungen, die zum heutigen hydrodynamischen Zustand des Ästuars führten, sind:

- Veränderung des Energieeintrags in das Ästuar von See her, bedingt durch den Anstieg des Meeresspiegels und möglicherweise auch durch eine Verlagerung der Amphidromien (Drehtiden) mit einer Erhöhung des Tidehubs in der Deutschen

Bucht, sowie Querschnittsaufweitungen im Bereich des Mündungstrichters durch Materialverluste in den Gatts der Watten.

- Natürliche Einflüsse aus dem Meeresspiegelanstieg. Durch die damit verbundene Erhöhung des Energieeintrags in den Mündungstrichter steht zu befürchten, dass sich der bereits heute zu beobachtende Substanzverlust weiter voranschreitet. Der Materialverlust im Bereich der Elbemündung beträgt etwa 100 Mio. m<sup>3</sup> in den letzten 30 Jahren. Die Materialbilanz im Mündungsgebiet spielt für die Entwicklung der hydrologischen und morphologischen Verhältnisse des gesamten Elbeästuars eine wesentliche Rolle und darf daher bei einem ganzheitlichen Lösungsansatz nicht aus den Augen verloren werden.

### Maßnahmen der weiter zurückliegenden Vergangenheit

Sedimentdynamik und Sedimentangebot werden durch eine Vielzahl länger zurückliegender Maßnahmen geprägt:

- Bauwerke im und am Fluss, mit denen regulierend in die Wasserführung eingegriffen wird (z.B. Wehr Geesthacht, Buhnen und Leitwerke).
- Wiederholte Ausbauten der Fahrrinne in der Unter- und Außenelbe, die zur Verringerung der Energiedissipation infolge Bodenreibung und zur Schaffung zweier dominanter Reflexionsstellen im Stromspaltungsgebiet Hamburgs führten.
- Reduzierung des Tidevolumens im Raum Hamburg durch die Abschließung der Nebenelben Alte Süderelbe und Doveelbe sowie seit den 1980er Jahren durch die Verfüllung von Hafenbecken zur Herstellung von neuen Hafentflächen.
- Großflächige Abtrennung von Sedimentationsräumen in den tief liegenden Marschen unterhalb Hamburgs durch die Verkürzung der Deichverteidigungslinie und Absperrung von Nebenflüssen durch Sperrwerke. Infolgedessen wird generell auch die Verlandung von Flachwasserbereichen / Nebenelben und der Aufwuchs von Wattflächen begünstigt, wodurch insbesondere der einsetzende Flutstrom stärker auf den Hauptstrom konzentriert wird.

Die dargestellten Eingriffe sind im Zusammenhang mit der morphologischen Entwicklung der Tideelbe zu sehen. Prinzipiell ist davon auszugehen, dass folgender Wirkungskreislauf besteht: Je mehr Bereiche im Tideraum verlanden oder z.B. durch Eindeichungen verloren gehen, umso mehr werden Verlandungstendenzen in den oberen Abschnitten der Tideelbe verstärkt. In der Summe kommt es zu einer deutlich messbaren Veränderung der Hydrologie des Systems in den vergangenen 50 Jahren.

Eine ganze Reihe von Maßnahmen korrespondiert zeitlich gut mit der hydrodynamischen Entwicklung. Die zeitliche Überschneidung verschiedener Eingriffe lässt jedoch eine Quantifizierung der Auswirkungen einzelner Maßnahmen kaum zu.

**Tabelle 1:** Verschiedene Baumaßnahmen an der Tideelbe seit 1965 mit möglichem Einfluss auf die Sedimentationscharakteristik

Maßnahme	Zeitraum
Absperrung Alte Süderelbe, neue Deichlinie Harburg bis Este	1962 - 1967
Absperrung Billwerder Bucht mit Kanälen	1963 - 1969
Vordeichungen Geesthacht bis Billwerder Bucht	1963 - 1973
Fahrwasservertiefung auf 12 mKN	1964 - 1969
Absperrung der Lühe	1967
Absperrung d. Oste	1968
Absperrung Pinnau und Krückau, Eindeichung des Vorlandes	1969
Eindeichung Hahnhöfer Sand und vor Schwinge-, Pinnau-, Krückaumündungen	1969 - 1974

Maßnahme	Zeitraum
Absperrung Schwinge, Eindeichung Bützflether Sand	1971
Eindeichung Nordkehdingen	1971 - 1976
Eindeichung Hahnöfer Sand, Absperrung Borstler Binnenelbe	1973 - 1974
Fahrwasservertiefung auf 13,5 mKN	1974 - 1978
Absperrung der Stör	1975
Eindeichung Haseldorfer Marsch	1975 - 1977
Eindeichung Krautsand	1977
Fahrwasservertiefung auf 14,5 mKN	1998 - 2000
Maßnahmen im Hamburger Hafen, wie Teilverfüllung Mühlenberger Loch, Aufweitung Süderelbe, Hafenumstrukturierung	2001 - 2002

Dem starken Anstieg der Baggermengen in den 50er bis 70er Jahren folgte eine bis heute andauernde Phase relativ gleichbleibender Baggermengen in der gesamten Tideelbe. Wie aus Abbildung 4 ersichtlich ist, hat sich nach dem Fahrwasserausbau auf KN -13,5 m in den 70er Jahren die Summe der Baggermengen im gesamten Tidesystem nicht wesentlich verändert. Deutliche Veränderungen haben sich nur im Raum zwischen Wedel und dem Hafen Hamburgs gezeigt.

### Maßnahmen und Entwicklungen der jüngsten Vergangenheit

Die Mengen in Hamburg sind seit 2000 gestiegen. Dieser Umstand legt nahe, den Fokus verstärkt auf nachstehende, den Anstieg der Baggermengen im Hamburger Bereich begleitenden Eingriffe der letzten Jahre in das System zu richten, deren hier gewählte Reihenfolge keine Wertung hinsichtlich ihrer Wirkung darstellen.

- Die Fahrinnenanpassung von 1999/2000 mit ihrer Sockelausbildung, Investitionsmaßnahmen im Hafen und die Flächenherstellung zur DA-Erweiterung haben zu einer Veränderung der Hydrodynamik geführt. Diese zeitgleich stattfindenden Tätigkeiten haben sowohl das Feststoffdargebot wie das Sedimentationspotential verändert. Diese Maßnahmen sind in ihrer Gesamtheit zu betrachten.
- Wie neuere Untersuchungen der BAW belegen, ist in Folge der zwar geringen, aber auf den Sedimenttransport nichtlinear wirkenden Änderung der Tidedynamik nach dem letzten Fahrinnenanbau mit einer Zunahme des Tidal Pumping zu rechnen. Eine Verstärkung oder Ausdehnung der auch vorher schon in der Unterelbe existenten Flutstromdominanz in Verbindung mit längeren Perioden extrem niedrigen Oberwassers (wie z.B. im gesamten zweiten Halbjahr 2003) befördert unablässig Material aus der naturgemäß schwebstoffreichen Brackwasserzone bis hinauf in den Hamburger Hafen. Die Trübungszone mit einem hohen Feststoffpool hat sich insgesamt weiter stromauf verlagert.
- Im Kernbereich der Trübungszone wurden im Zuge der letzten Fahrinnenanpassung Unterwasserablagerungsflächen angelegt und haben neben den Veränderungen durch den Sockelausbau erfolgreich zur Auflösung dort früher bestehender Sedimentations- und damit Baggerschwerpunkte beigetragen. Diese Sedimentationen finden jetzt weiter stromauf statt. Der Mündungsbereich der Tideelbe erfährt gleichermaßen eine Veränderung, die aber nicht im Zusammenhang mit der Sockelausbildung gesehen wird.
- Die Umschlagsentwicklung im Hamburger Hafen und die damit verbundene Entwicklung des Schiffsverkehrs und der eingesetzten Schiffsgrößen erfordert eine deutlich geänderte Unterhaltungsintensität der Wassertiefen in verschiedenen Hafenbereichen, so im Parkhafen, im Vorhafen, dem Köhlbrand und der Süderelbe. Die damit verbundenen Baggerungen führen zu einer nicht unerheblichen Steigerung der Baggermengen insgesamt.

- Für die Containerschifffahrt erforderliche Aufweitungen bzw. Vertiefungen im Bereich des Köhlbrands, die bei geringem Oberwasserabfluss nicht mehr ausreichend durchströmt werden, ergeben darüber hinaus lokale Sedimentationsfallen, die gerade in den Sommermonaten zu Problemen für die Aufrechterhaltung der Großschifffahrt führen können. Wo früher wenig Baggergut anfiel, müssen jetzt größere Mengen gebaggert werden. Diese wurden – bzw. werden in Teilen noch – im hamburgischen Bereich bei Neßsand umgelagert.
- Diese seit Mitte der 1990er Jahre im hamburgischen Bereich umgelagerten Mengen werden nur zu einem eher geringen Teil aus dem System entfernt. Als Folge dieser Kreislaufbaggerungen und ständigem Feststoffzufluss aus Richtung See und von Oberstrom reichern sie sich an und führen zu einer steigenden Baggermenge.
- Dies belegt eindrücklich eine monatsweise Auswertung der Baggermengen der Jahre 2004 und 2005. Besonders die im Sommer bei niedrigem Oberwasser aus dem Köhlbrand nach Neßsand umgelagerten Baggergutmengen sind von dort mit dem Flutstrom faktisch sofort wieder zurückgekommen.
- Eine weitere Quelle für ein vorübergehend erhöhtes Feststoffdargebot war der morphologische Nachlauf der Fahrrinnenanpassung durch selbstständige Abböschung des Unterwasserprofils der Fahrrinne, durch rückschreitende Erosionen im Bereich des Übergangs von der seeschiffs- zur binnenschiffstiefen Gewässer-sole, Erosion an Ufern und teilweise als Uferschutz aufgespülten Stränden oder Unterwasserablagerungsflächen etc.
- Daneben fanden im gleichen Zeitraum eine Vielzahl von Investitionsbaggerungen, wie Ausbau des Containerterminals Altenwerder, aber auch die Baggerungen zur Herstellung der aquatischen Ausgleichsmaßnahme Hahnöfer Nebelbe / Mühlenberger Loch sowie die Herstellung der Flächen zur DA-Erweiterung statt, durch die das Feststoffdargebot temporär zusätzlich erhöht wurde.
- Die Oberwasserführung der Elbe. Die zu beobachtende Aufhöhung der Sohle im Bereich des Stauraums oberhalb des Wehrs in Geesthacht deutet im Zusammenhang mit dem Hochwasser 2002 darauf hin, dass sich das Feststoffdargebot zeitweise erhöht hat. Eine sehr geringe Oberwasserführung, wie im Sommer 2004, führt zu einem verstärkten Stromauftransport von Sedimenten. Damals fielen die bisher höchsten Baggergutmengen an. Das Hochwasser 2002 hat zu einer temporären Verschiebung der Trübungszone in die Nordsee um 40-50 km geführt, erhebliche Feststoffmassen wurden ausgetragen.

## Folgen der Veränderungen

Insgesamt wird deutlich, dass in den letzten Jahren eine Verlagerung der wesentlichen Sedimentationen auf weiter stromauf liegende Baggerstellen erfolgt ist. Zum weit überwiegenden Anteil ist dies auf beschriebene bauliche Veränderungen sowie auch veränderte Nutzungen zurückzuführen, die zumeist nicht umkehrbar sind.

Die Änderung des Ausbauzustandes der Tideelbe und das vorstehend beschriebene Handeln haben seit 1999 zu einer Konzentration der zu baggernden Mengen in der Delegationsstrecke und den oberen Bereich der WSV-Strecke (und dabei insbesondere auf die Baggerstelle Wedel) geführt. Durch die erheblich angestiegenen Baggermengen und deren Umlagerung in Bereiche, die eine räumliche Nähe zu den Unterhaltungsschwerpunkten aufweisen und die auch auf Grund der dortigen Zunahme der Flutstromdominanz nicht dazu beitragen, dass das Material problemlos diesen Bereich der Tideelbe verlassen kann, wurden Materialkreisläufe in diesem Gewässerabschnitt verstärkt. Dies wird auch an der Baggerstelle Wedel sichtbar, die sowohl von Unterstrom als auch von Oberstrom „gespeist“ wird

## Maßnahmen zur Reduzierung der Baggermengen

Die Baggerungen in der Tideelbe dienen der Sicherung der Schifffahrt. Allein schon aus ökonomischen Gründen wird eine Minimierung der Baggermengen angestrebt. Ein Verzicht auf Baggerungen wäre nur unter Aufgabe der Nutzungen möglich.

Sedimente sind natürlicher Gewässerbestandteil. Sie nehmen am hydromorphologischen Geschehen teil und sind Lebensgrundlage für viele Gewässerorganismen und –habitats. Deshalb ist es auch aus ökologischen Gründen grundsätzlich sinnvoll, Sedimente, die gebaggert werden müssen, im Gewässer zu belassen. Das kann seine Grenzen allerdings in der Schadstoffbelastung der Sedimente finden, die auch als Schadstoffträger fungieren können. Vor vielen Jahrzehnten wurden die anfallenden Elbesedimente landwirtschaftlich verwertet. Die umweltsichere Landbehandlung des Baggerguts wurde entwickelt und umgesetzt, als u.a. die Quecksilberbelastung zigfach höher war als heute. Heute ist die landwirtschaftliche Verwertung keine Option mehr. Die Landentsorgung kann aus Gründen der Kosten wie des Landschaftsverbrauchs nur noch eine Übergangslösung darstellen.

Vereinfacht werden aus Richtung See gröbere, sandige Feststoffe ins Elbeästuar eingetragen, die praktisch schadstofffrei sind. Aus der mittleren Elbe werden feine Feststoffe eingetragen, die gleichzeitig noch immer mit Schadstoffen belastet sind. Im Ästuar erfolgt eine Vermischung. Die Sedimente können sich zeitweise oder auch dauerhaft absetzen, maßgeblich dafür sind die Stömungsverhältnisse, d.h. Oberwasser der Elbe sowie Tideverhältnisse und Sturmfluten. Bevorzugte Sedimentationsgebiete sind strömungsberuhigte Gewässerabschnitte der Tideelbe, Hafenbecken, Nebelelben etc.

Sedimentation und damit auch der Baggergutanfall können stellenweise beeinflusst werden, dies im Allgemeinen jedoch nicht kurzfristig, da dazu bauliche Anlagen erforderlich werden. Dazu gehören strombauliche Maßnahmen und Sedimentfänge.

- Mit **strombaulichen Maßnahmen** zur Beeinflussung der Hydrodynamik soll die Tidecharakteristik verändert werden. Bezogen auf die Feststoffe ist eine Verringerung des Tidal Pumping und damit des Stromauftransports von Sediment das Ziel. Aufgrund der Größe und Komplexität der erforderlichen Maßnahmen sind diese sorgfältig und umfassend zu planen. Sie sollen im Laufe der nächsten Jahrzehnte nachhaltig greifen.
- **Sedimentationsverminderung:** Durch örtlich begrenzte Einschnürungen, Umlenk-wände o.ä. können Sedimentationsschwerpunkte vermindert oder sogar aufgelöst werden. Hydraulisch kommt es dabei zu einer Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit oder Veränderung der Strömungsrichtung, so dass die Feststoffteilchen sich nicht absetzen können. Beispiele dafür sind die Strömungsumlenkwand im Finkenwerder Vorhafen oder die Unterwasserablagerungsfläche Krautsand, bei der mit Einbau von ca. 4,6 Mio. m<sup>3</sup> Sediment die Strömungsgeschwindigkeit in der Fahr-rinne deutlich erhöht und der bisherige Baggerschwerpunkt eliminiert wurde.
- **Sedimentfänge** sind das Gegenteil, durch Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit soll die Sedimentation gezielt unterstützt werden. Es handelt sich um Querschnittsaufweitungen des Gewässerabschnitts in Breite und / oder Tiefe. Auch Nebelelben wirken faktisch als Sedimentfänge bzw. können gezielt dafür genutzt werden. Mit Sedimentffängen sollen zum einen von See kommende Sedimente abgefangen werden, bevor sie weit nach Oberstrom gelangen, zum anderen können sie als Puffer fungieren, um erforderliche Baggermaßnahmen zeitlich zu strecken. Auch aus wirtschaftlichen Gründen (Kosten der großen Transportentfernungen in den ebbstromdominierten Bereich) ist eine möglichst weitgehende Reduzierung der Baggermengen im oberen Ästuarbereich anzustreben.
- Bei einer Nutzung der Nebelelben zur **Beeinflussung des Feinsedimenthaushaltes** wird angestrebt, das Feinmaterial von hier stromab in den ebbstromdominierten Bereich umzulagern. Dabei sollen Bereiche der Nebelelben, die einem



großen Schlickfall ausgesetzt sind, soweit unterhalten werden, dass ohne gravierende Änderung des Gewässers eine Querschnittsaufweitung geschaffen wird, die die Ablagerung von Feinsedimenten in größerem Umfang initiiert. Als Zielquerschnitt sind Zustände aus den vergangenen Jahren zu wählen. Die Entnahme dieses Materials soll mittels Bagger und kleinräumiger Umlagerung oder mit Wasserinjektionsverfahren erfolgen. Der Zeitpunkt ist geeignet, wenn der Oberwasserabfluss für den seewärtigen Transport ausreichende Werte erreicht. Das Sediment wird zu einem geeigneten Zeitpunkt im Winterhalbjahr so mobilisiert, dass der Strom es auf natürliche Weise seewärts verfrachtet.

Eine Beeinflussung der Sedimentation ist auch durch eine Steuerung der Baggerungen und der Baggergutverbringung möglich. Baggerungen erfolgen in der Regel dort, wo festgelegte Solltiefen unterschritten werden, sie sind insofern nicht zu vermeiden.

- **Intensität der Unterhaltung:** Baggerschwerpunkte sind Sedimentfallen, ob gewollt oder nicht. Sie können ggf. in dieser Hinsicht baulich erweitert werden (→ Sedimentfang). Auch durch eine Veränderung der Unterhaltung, d.h. häufigeres Baggern, können sie verstärkt als Feststofffalle wirken. Diese Maßnahme ist im Rahmen der Unterhaltung am schnellsten zu realisieren, da keine baulichen Tätigkeiten erforderlich werden.
- **Durchbrechen von Sedimentkreisläufen:** Ein wichtiger Faktor ist die Verbringung des Baggerguts, um Kreisläufe und damit Mehrfachbaggerung „desselben Sedimentteilchens“ zu vermeiden. Durch die Flutstromdominanz im oberen Bereich des Ästuars kann Baggergut, das hier verklappt wird, in Abhängigkeit von der Oberwasserführung mehr oder weniger schnell wieder zurücktransportiert werden. Beim Verklappen wird eine Fraktionierung nach Korngröße erfolgen, wobei die unterschiedlichen Fraktionen in verschiedene Richtungen transportiert werden. Solche Kreisläufe erfolgen seit 2000 verstärkt im Bereich Hamburgs und haben mit zu den gestiegenen Baggergutmengen beigetragen.

Diese Maßnahmen werden weiter im Kapitel Maßnahmen zur Bewirtschaftung des Sedimenthaushaltes beschrieben.

Keine Maßnahme ist ohne vorherige Untersuchungen möglich, soll es nicht zum Risiko von negativen Effekten oder Problemverschiebungen kommen. Gegebenenfalls sind Großversuche erforderlich.

## Strombauliche Maßnahmen

Vor dem Hintergrund der dargestellten Situation und einer neuen Unterhaltungssituation erarbeiten WSV und HPA ein Strombaukonzept für die Tideelbe, von dem nachfolgend erste Ergebnisse dargestellt werden. Sie sind bisher lediglich aus wasserbaulicher Sicht untersucht und bedürfen in jedem Fall einer vertieften weiteren Untersuchung und Diskussion, in die vor allem ökologische und andere Nutzungsaspekte einfließen müssen.

Das Hauptziel strombaulicher Maßnahmen ist ein möglichst geringer Eingriff in die bzw. sogar eine Nutzung der natürlichen Ästurdynamik unter Beachtung der notwendigen Verkehrs- und Hochwasserschutzanforderungen. Ziel ist es, daher zunächst den ungünstigen natürlichen und anthropogenen morphologischen und hydrologischen Entwicklungen, wie:

- Anstieg des Tidehubes, insbesondere Tideniedrigwasser (Tnw) – Absenkung im inneren Ästuarbereich,
- residuell stromaufgerichteten Feststofftransporten, („Tidal-Pumping“) sowie
- den nachteiligen Ufererosionen und der Verlandung von Flachwasserzonen,

entgegenzuwirken.

Es geht nicht darum, den ursprünglichen Zustand wieder herzustellen, sondern einen dynamischen Gleichgewichtszustand zu erreichen, der mit minimalem Aufwand und geringst möglichen ökologischen Beeinträchtigungen unterhalten werden kann. Anstelle einer starken gebündelten Tideströmung steht das Ziel der Tidedämpfung im Vordergrund, anstelle der möglichst vollständigen wasserbaulichen Kontrolle des Stroms treten die Ziele der naturnahen Entwicklung der Randbereiche und, wo möglich, der freien Morphodynamik im Ästuar.

Grundsätzlich lassen sich Strombaumaßnahmen in 4 Kategorien aufteilen:

- Strombaumaßnahmen im Bereich der Elbmündung zur Drosselung der einschwingenden Tideenergie
- Strombaumaßnahmen zum Abbau der Tideenergie (Dissipation) auf dem Weg nach Hamburg
- Schaffung zusätzlicher Wasserflächen bzw. Tidepotential zur Absorption und Dissipation der Tideenergie
- Weitere Maßnahmen, die das Transportgeschehen innerhalb der Tideelbe beeinflussen

Diese Maßnahmen haben zum Ziel, den Tidehub zu reduzieren, das Tideniedrigwasser anzuheben und somit den stromauf gerichteten Sedimenttransport zu reduzieren. Zu den Maßnahmen, welche die Tideenergie dämpfen, zählen insbesondere solche, mit denen die natürliche Strukturvielfalt gefördert wird. Das soll durch die Wiederanbindung von alten Elbarmen, die Wiederdurchströmung von Nebenelben, die Schaffung von Flachwasserbereichen sowie durch die Beeinflussung des Schwingungsraumes durch Schaffung von Reflexionsstellen und Rauheitselementen erfolgen. Damit können bei entsprechender ökologisch ausgerichteter Projektierung auch naturschutzfachliche und wasserwirtschaftliche Ziele erreicht werden. Zur Dissipation von Tideenergie eignen sich vorwiegend Flachwasserbereiche. Zu den übrigen Strombaumaßnahmen zählen Strombauwerke (Unterwasserablagerungsflächen, Sedimentfallen), Uferschutzmaßnahmen (Ufervorspülungen, Buhnen, Stacks), die Oberwassersteuerung am Wehr Geesthacht sowie die gezielte Resonanzbeeinflussung von Obertiden.

Bezüglich der nachfolgend dargestellten Maßnahmen gilt, dass in den folgenden Arbeitsschritten der Konkretisierung Naturschutzbelange integriert und begleitend untersucht werden müssen. Dies umfasst insbesondere die Ermittlung der von den Maßnahmen ausgehenden potentiellen Beeinträchtigungen des Naturhaushaltes und des Landschaftsbildes und deren Bewertung unter dem Einschluss von Variantenvergleichen. Ziel dieses Vorgehens ist es, diese Maßnahmen so zu projektieren, dass sie auch den Zielen des Naturschutzes entsprechen, wodurch Win-Win-Lösungen entstehen können.

Das Ästuar oberhalb des Osteriffs hat sich zunehmend in ein glattes, kanalisiertes System verwandelt. Die einschwingende Tideenergie läuft heute nahezu ungebremst bis nach Hamburg. Mit ihr gelangt, verstärkt durch den Tidal Pumping Effekt, immer mehr Sediment in den Hamburger Hafen. Natürlicherweise sorgten stark variierende Fließquerschnitte mit diversen Rauheitselementen dafür, dass die Tideenergie auf diesem Weg kontinuierlich abnimmt.

Ziel der **Umgestaltung von Nebenelben** ist es, deren Durchströmung zu verbessern und Verlandungsprozessen entgegenzuwirken. Beabsichtigt ist die Schaffung aktiver Nebenrinnensysteme. Ein Teil des Stroms fließt in die Nebenelbe, wodurch die Strömungsgeschwindigkeiten in der Hauptrinne reduziert werden. Der Flutstrom wird gebremst und die Tideenergie dissipiert. Gleichzeitig können ökologisch wertvolle Flachwasserbereiche geschaffen werden mit einem positiven Effekt auf den Sauerstoffgehalt der Elbe. Der dann erforderliche Unterhaltungsaufwand ist noch zu klären. Eine detaillierte ökologische / naturschutzfachliche Bewertung steht noch aus.

Die **Schaffung von Flutraum** beinhaltet oft auch eine Verjüngung von Schlickflächen durch die Räumung von aufgewachsenen Watt- bzw. Vorlandflächen und Hafenbecken sowie die Schaffung neuer Wasserflächen (z.B. Hafenbecken, Priele, Polder, etc.). Dabei ist zu beachten, dass die Flächen dann besonders effektiv zur Tidehubreduzierung beitragen, wenn die Flächen bei Tideniedrigwasser möglichst wenig trocken fallen. Eine Vergrößerung des Flutraumes führt generell zu einer Abnahme des Tidehubes, was sich in erster Linie durch ein Anheben des Tideniedrigwassers zeigt. Dies wiederum kann zu einer wünschenswerten Verformung der asymmetrischen Tidekurve führen (steiler Tigestieg, flacher Tidefall), die ursächlich für den Stromauftransport von feinkörnigen Sedimenten ist.

Die Untersuchungen der BAW haben gezeigt, dass sich eine Vergrößerung des Flutraumes umso stärker auf die Tidewasserstände in Hamburg auswirkt, je weiter dieser neu geschaffene Flutraum in der Nähe Hamburgs vorgenommen wird. Die angedachten Möglichkeiten reichen von relativ kleinräumigen bis zu sehr großen und komplexen Maßnahmen, wie z.B. dem Wiederanschluss der Doven Elbe und der Alten Süderelbe in Hamburg an das Tidegeschehen.

Eine erste und jetzt konkret geplante Maßnahme in Hamburg soll die bereits im Zuge des laufenden Hochwasserschutzprogramms zurückgedeichte Fläche Spadenländer Busch / Kreetsand im Rahmen eines Pilotprojektes so gestaltet werden, dass sie wieder am Tidegeschehen teilnimmt. Die Maßnahme zur Schaffung einer neuen Wasserfläche von ca. 47 ha Größe erfordert den Abtrag von rd. 2,5 Millionen m<sup>3</sup> Boden mit einem Kostenaufwand von rund 36 Mio. Euro. Auch wenn die erzielbare hydrologische Wirkung als vergleichsweise gering einzuschätzen ist, wird dieser Maßnahme ein hoher Stellenwert beigemessen. Das Gebiet soll so angelegt werden, dass hier die Gezeitendynamik erlebbar gemacht wird. Mit Hilfe eines breit angelegten Informationskonzeptes sollen die Prozesse und deren Wirkung verständlich erläutert werden, um anhand dieses Pilotprojektes die Akzeptanz für weitere Maßnahmen zur Schaffung von Flutraum im Tideelbegebiet zu verbessern.

Eine weitere Maßnahme zur Schaffung von Flutraum stellt die **Entschlickung von Hafenbecken** dar. Bis 2025 sollen verschlickte Kanäle und Hafenbecken in Hamburg geräumt werden. Fehlende Unterhaltungsbaggerungen in binnenschiffstiefen Hafenbereichen haben in den letzten 25 Jahren u. a. dazu geführt, dass weite Teile der tideoffenen Billwerder Bucht mit den angrenzenden Kanälen, des Spreehafens und des Müggenburger Zollhafens sowie des Oberhafenkanals soweit verlandet sind, dass sie teilweise bereits deutlich vor Niedrigwasser trocken fallen und somit als Tidevolumen nur noch begrenzt verfügbar sind. Die Beseitigung dieser Verlandungsbereiche durch Baggerung schafft verloren gegangenes Tidevolumen und führt zu einer Anhebung des Tideniedrigwassers und einen reduzierten Sedimentanfall im Hamburger Hafen. Die hier lagernden Altsedimente im Umfang von rd. 5 Millionen m<sup>3</sup> bedürfen wegen ihrer Schadstoffbelastung einer Entsorgung an Land. Es ist beabsichtigt, im Rahmen des umfassenden Sedimentmanagements die erforderlichen Baggerarbeiten in diesen Flachwasserbereichen als Grundinstandsetzung bis zum Jahre 2025 auszuführen. Damit verbunden ist die Perspektive, dass es nach der Grundräumung eines Hafenbeckens möglich sein wird, eintretende, allenfalls gering belastete Neusedimentation durch Umlagerung oder andere Verfahren zu entfernen. Für die Entschlickung der Hafenbecken wurde für die kommenden Jahre bereits eine jährliche Kapazität von 400.000 m<sup>3</sup> vorgesehen. Die daraus resultierenden finanziellen Aufwendungen werden in der Größenordnung von rund 13 Mio. Euro pro Jahr liegen.

Neben den dargestellten klassischen Strombaumaßnahmen gibt es weitere Parameter, welche das System beeinflussen und gezielt gesteuert werden könnten. Nachfolgend sind einzelne Ideen der Projektgruppe Strombau aufgeführt, welche noch im Detail, insbesondere auch hinsichtlich ihrer Wirkung, untersucht werden müssen.

So gibt es Stellen, an denen die **Tidewelle reflektiert** wird. Durch die verschiedenen Ausbaumaßnahmen wurde der Schwingungsraum Tideelbe stets verändert, was die

Vermutung nahe legt, dass sich durch bestimmte Strombaumaßnahmen vorhandene Teilschwingungsräume stärken oder schwächen lassen, um die Energieverteilung positiv zu beeinflussen. Die Reflexion und Teilreflexion führt zu einer Überlagerung des Eingangs- und Ausgangssignals, welches sich im ungünstigsten Fall in der Vergrößerung des Tidehubs auswirkt. Da die Untersuchungen über die Wirksamkeit und Nachhaltigkeit einer solchen Maßnahmen sehr komplex sind, ist nicht mit einer Umsetzung in den nächsten 3 Jahren zurechnen.

Durch die **Rauheit des Systems** wird die Fortschrittsgeschwindigkeit der Tidewelle maßgeblich beeinflusst. Elemente mit Wirkung auf die Rauheit des Systems sind die Bodenbeschaffenheit in Form von Riffeln unterschiedlicher Größe, die Querschnittsgestaltung, Unterwasserablagerungsflächen, Sohlschwellen, Sandbänke, etc. Verfüllungen von Übertiefen könnten dort eingesetzt werden, wo sie resultierend eine Erhöhung der Rauigkeit darstellen. Die erwartete Wirkung der geplanten Maßnahme auf die Wasserstands- und die Strömungsverhältnisse der Tideelbe ist gering.

Durch den Bau von **Unterwasserablagerungsflächen** können die Strömungen und Wasserstände beeinflusst werden. Im Rahmen des Projektes Fahrrinnenanpassung werden deshalb analog zu einem solchen Ansatz im Mündungstrichter der Elbe großflächige Unterwasserablagerungsflächen zur Tideenergiedämpfung, Stützung des Tide-niedrigwassers und zur Minimierung des residuellen Stromauftransportes von Sedimenten geplant. Die strombauliche Wirkung dieser Maßnahmen ist untersucht und die positive Wirkung auf Tidehub, Wasserstände und Strömungen nachgewiesen worden. Der Energieabbau erfolgt über Reibung und Reflexion im Bereich der Unterwasserablagerungsflächen.

## Denkbare Strombaumaßnahmen

Im Rahmen einer Projektgruppe haben HPA und WSV eine Liste von potentiell geeigneten Flächen erstellt. Die Liste wurde um weitere Strombaumaßnahmen ergänzt. Für das Gebiet Hamburgs werden die Maßnahmen aktuell in einer Arbeitsgruppe mit der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt gezielt weiterentwickelt. Weiterhin wurden Maßnahmen aufgelistet, die diskutiert, jedoch bisher noch nicht weiter untersucht wurden. Die nachfolgende Tabelle enthält eine Übersicht möglicher Maßnahmen an der Tideelbe. Eine erste hydraulische Abschätzung dieser Maßnahmen liegt vor; sie ist von der Größe der betrachteten Maßnahme und der Lage im Ästuar abhängig.

Die Flächengröße bezieht sich auf die Gesamtfläche des Maßnahmensgebietes, auf die auch die Ergebnisse der Berechnungen der BAW beruhen. Eine naturschutzfachliche Einschätzung der Maßnahmen kann bisher nur auf einem sehr groben Niveau erfolgen. Dennoch wurde eine Einschätzung des ökologischen Konfliktpotenzials, basierend auf eigener Einschätzung der HPA sowie Stellungnahmen eines Fachgutachters und der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt / Amt für Naturschutz für die Maßnahmen in Hamburg vorgenommen. Es handelt sich dabei um eine allererste, nicht abgeschlossene Betrachtung, inwiefern durch die Maßnahmen aus Naturschutzsicht hoch empfindliche Bereiche betroffen sein können. Um zu einer belastbaren Bewertung der ökologischen Auswirkung zu kommen, sind detaillierte Untersuchungen im Rahmen der Projektierung der Maßnahmen erforderlich. Andere Rahmenbedingungen, wie Eigentumsverhältnisse, konkurrierende Planungen, etc., wurden unter sonstiges Konfliktpotenzial kategorisiert.

Für das weitere Vorgehen wurde eine erste Priorisierung anhand der erwarteten hydraulischen Wirkung, des voraussichtlichen Konfliktpotentials und der aktuellen Einschätzung zur Umsetzbarkeit vorgenommen. Im Zuge der weiteren Bearbeitung können sich Maßnahmen in der Prioritätenklasse verschieben oder entfallen. Ebenso können Maßnahmen hinzukommen. Es ist zu bedenken, dass das Gesamtkonzept über Jahrzehnte hinweg entwickelt und umgesetzt werden soll. Für einen nachhaltigen Erfolg ist ein konzentriertes Vorgehen auf der Ebene des gesamten Ästuars notwendig.

Maßnahme	Strom- km	Fläche	Beschreibung / Ziel	hydraul. Wirkung	Ökologische Betroffenheit	Konflikt- potential	Weiteres Vor- gehen
PG Strombau							
Übertiefenver- füllung			Verfüllung von Übertiefen zwischen Cuxhaven und Störkurve sowie im Bereich Störbogen bis Hamburg zur Erhöhung der Rauheit	gering	gering	gering	weitere Unter- suchung nicht empfohlen
St. Margarethen	km 690	30 ha	Vergrößerung und Vertiefung des vorhandenen Prielsystems, Schaffung von zusätzlichen ständigen Wasserflächen = Flutraum	gering	hoch	mittel	weitere Unter- suchungen 3. Priorität
Schwarztonnen- sand	km 667	120 ha	Abtrag von Wattflächen im Nordwesten, Nordosten und Südosten der Insel, um Flutraum zu schaffen	gering	hoch	mittel	weitere Unter- suchungen 2. Priorität
Pagensander Nebanelbe	km 659	10 ha	Baggerung einer Strömungsrinne, um die hohen Sedimentationsraten im Bereich Steinloch zu reduzieren	mittel	gering	gering	weitere Unter- suchungen 2. Priorität
Bishorster Sand	km 657	250 ha	Abtrag von einzelnen Wattflächen nördlich des Bishorster Sandes, südlich des Pinnau-Sperrwerkes und südwestlich des Gebietes Drommel / Auberg bis unterhalb des MTnw zur Schaffung von zusätzlichem Flutraum	mittel	hoch	hoch	weitere Unter- suchungen 3. Priorität
Fährmannssander Watt	km 646	290 ha	Abtrag von Wattflächen nordwestlich des Yachthafens Wedel bis auf unterhalb MTnw zur Schaffung von zusätzlichem Tidevolumen	gering	hoch	hoch	weitere Unter- suchungen 3. Priorität
Hanskalbsand	km 640	150 ha	Abtrag einer Wattfläche im Südwesten der Elbinsel bis auf MTnw zur Schaffung von Flutraum	unklar	hoch	mittel	weitere Unter- suchungen 3. Priorität
Borsteler Binnenelbe	km 640	180 ha	Wiederanbindung der Borsteler Binnenelbe und Schaffung von zusätzlichem Flutraum durch teilweisen Abtrag der Flächen südlich der Binnenelbe	gering	mittel	hoch	weitere Unter- suchungen 2. Priorität
Alte Süderelbe	km 629	500 ha	Wiederanbindung der Alten Süderelbe für normale Tideverhältnisse und großflächiger Abtrag von Flächen zur Redu-	hoch	mittel	hoch	weitere Unter- suchungen empfehlenswert

Maßnahme	Strom- km	Fläche	Beschreibung / Ziel	hydraul. Wirkung	Ökologische Betroffenheit	Konflikt- potential	Weiteres Vor- gehen
			zierung des Tidehubs und der Flut- stromdominanz; Eignung als Sturmflut- entlastungspolder ab 2030/2040				2. Priorität
Entschlickung von Hafenbecken & Tidekanälen		250 ha	Räumung von verschlickten Hafenbe- cken und Tidekanälen zur Dissipation der Tideenergie und Dämpfung des Tidehubs	mittel	mittel	gering	ab sofort bis 2025
Wasserwerk / Billwerder Insel	km 621	20 ha	Anbindung der ehemaligen Ablage- rungsbecken an das Tidegeschehen über die Billwerder Bucht zur Schaffung von Flutraum	gering	mittel	mittel	Untersuchun- gen laufen 1. Priorität
Spadenländer Spitze	km 619	7 ha	Vergrößerung der dauerhaften Wasser- flächen im Bereich der Spadenländer Spitze zur Schaffung von Flutraum	gering	mittel	mittel	Untersuchun- gen laufen 1. Priorität
Spadenländer Ausschlag	km 619	45 ha	Schaffung von zusätzlichem Flutraum durch die Errichtung eines Tidepolders hinter dem Landeschutzdeich und Ab- trag der Flächen bis auf MTnw	gering	gering	mittel	Untersuchun- gen laufen 1. Priorität
Spadenländer Busch / Kreetsand	km 618	45 ha	Abtrag der ehemaligen Altspülfläche größtenteils bis auf unterhalb von MTnw zur Schaffung von Flutraum	gering	mittel	mittel	Planung erfolgt 2008 1. Priorität
Doveelbe	km 619	480 ha	Wiederanbindung der Doveelbe bei normalen Tideverhältnissen und groß- flächiger Abtrag von Flächen zur Redu- zierung des Tidehubs und der Flut- stromdominanz; Eignung als Sturmflut- entlastungspolder ab 2030/2040	hoch	mittel	hoch	weitere Unter- suchungen empfehlenswert 1. Priorität (für 1. Stufe)
Neuland	km 610	150 ha	Anbindung des Neuländer Baggersees an Tideelbe und Abtrag umliegender Flächen zur Vergrößerung Tidevolumen	gering	mittel	hoch	weitere Unter- suchungen 3. Priorität
Hohendeicher See	km 607	70 ha	Anschluss des Hohendeicher Sees an die Tideelbe zur Schaffung von zusätzli- chem Flutraum	gering	mittel	hoch	weitere Unter- suchungen 3. Priorität
Untere Seeveniederung	km 605	450 ha	Wiederanbindung der Seeve bei nor- malen Tideverhältnissen und großflä-	gering	hoch	hoch	weitere Unter- suchungen

Maßnahme	Strom- km	Fläche	Beschreibung / Ziel	hydraul. Wirkung	Ökologische Betroffenheit	Konflikt- potential	Weiteres Vor- gehen
			chiger Abtrag von Flächen zur Reduzierung des Tidehubs und der Flutstromdominanz				3. Priorität
<b>Weitere Strombaumaßnahmen</b>							
Haseldorfer Marsch	km 650	500 ha	Schaffung von tidebeeinflussten Flächen und Tidepotential durch Öffnung des bestehenden Landesschutzdeiches; Eignung als Sturmflutentlastungspolder ab 2030/2040	hoch	hoch	hoch	weitere Untersuchungen empfohlen
Durchstich Heuckenlock / Norderelbe	km 612	50 ha	Schaffung einer Verbindung zwischen Norder- und Süderelbe zur Dissipation der Tideenergie	unklar	mittel	mittel	weitere Untersuchungen 2. Priorität
Ellerholz	km 612	30 ha	Abtrag der ehemaligen Altspülfläche größtenteils bis auf unterhalb von MTnw zur Schaffung von Flutraum	gering	gering	mittel	weitere Untersuchungen 1. Priorität
Kiesteich / Tidekanal		35 ha	Anbindung des Billwerder Kiesteiches an den Tidekanal zur Vergrößerung des Tidevolumens	gering	mittel	mittel	weitere Untersuchungen 1. Priorität
NSG Rhee	km 619	18 ha	Wiederherstellung des Tideeinflusses	gering	mittel	mittel	weitere Untersuchungen 2. Priorität
<b>Sonstige</b>							
Wehrsteuerung Geesthacht	km 580		Gezielte Steuerung der Wehrklappen zur Reduzierung der Flutstromintensität	unklar	unklar	unklar	weitere Untersuchungen erforderlich
Umgestaltung Bunthäuser Spitze	km 610		Optimierung der Durchflussverhältnisse in Norder- und Süderelbe zur Reduzierung von Sedimentation	unklar	unklar	unklar	weitere Untersuchungen erforderlich
Obertidentheorie			Beeinflussung der heutigen Baggerstellen durch Veränderung des Resonanzkörpers Tideelbe	hoch	unklar	diffus	weitere Untersuchungen erforderlich
Maßnahmen im Bereich der Mündung	~ km 715		Reduzierung der eindringenden Tideenergie durch einen Teilverbau	Vermutl. große Wirkung	unklar	unklar	Untersuchungen laufen

## Maßnahmen zur Bewirtschaftung des Sedimenthaushaltes

Insgesamt ist davon auszugehen, dass infolge der Maßnahmen der vergangenen Jahre eine Verschiebung der Sedimentationsschwerpunkte in den oberen Bereich des Ästuars erfolgt ist und dass deshalb auf längere Zeit noch mit größeren Sedimentmengen als in der Vergangenheit zu rechnen ist. Die Anlage von Sedimentfängen oder erste strombau-liche Maßnahmen können zu einer Verringerung der Mengen führen, allerdings wird erst eine umfassende Umsetzung zu wieder deutlich geringeren Mengen führen.

Umso mehr ist eine Optimierung der Sedimentbewirtschaftung erforderlich, d.h. der Sedimente, die aus insbesondere nautischen Gründen gebaggert werden müssen. Hierzu erfolgen einige Ausführungen.

### Sandfraktionen

Der Entwicklung der Mündungserosion soll durch eine geeignete Umlagerungsstrategie entgegengewirkt werden, wobei gleichzeitig den Erosionstendenzen an einigen Ufern entgegengewirkt werden soll. Seit 2007 wird vermehrt stromauf umgelagert und dabei auch der Erosionstendenz von bestimmten Stromrinnenrändern entgegengewirkt, z.B. bei Altenbruch und am Leitdamm Kugelbake. Eine Optimierung auf der Basis von Analysen der Erosionsgebiete und der betroffenen Sedimente ist in Bearbeitung.

### Feinmaterial

Die allgemeine Zielsetzung besteht in der Verringerung der Baggermengen durch die Stabilisierung des Sedimenthaushaltes. Die konkrete Umsetzung dieser Ziele wird in einer Vielzahl einzelner Schritte gesehen:

- Sedimenteinträge in den flutstromdominierten Bereich der Tideelbe durch Umlagerungen aus diesem zu entfernen (ausgeglichene Bilanz).
- Marines Material insbesondere durch die Anlage von Sedimentfängen so frühzeitig abzufangen, dass es nicht mit belasteten oberstromigen Sedimenten vermischt. Dies ist auch durch intensivierte Baggerung geeigneter Stellen (natürlichen Sedimentationsbereichen) und großräumiger Umlagerung zu verfolgen.
- Für die Umlagerung mit dem Ziel, dass das Material von der Strömung in die See transportiert wird, sind die hohen Oberwasserabflüsse des Winterhalbjahres zu nutzen (abhängige Umlagerung). Da im Winterhalbjahr weniger Baggergut in der Fahrrinne oberhalb Glückstadt anfällt, erfordert dieser Ansatz die Nutzung von Depots im System, in denen das Material entweder durch die Strömung oder Umlagern vorübergehend verbleibt. Die Anlage solcher Depots zum vorübergehenden Verbleib der Sedimente wird geprüft.
- Es sind geeignete Sedimentationsbereiche der Nebeneiben im Winterhalbjahr in die Unterhaltung einzubeziehen, um so Feinsedimente auszutragen und Sedimentationsräume bereitzustellen, die im Sommerhalbjahr den Feinsedimenthaushalt entlasten.
- Zusätzliche Sedimentationsbereiche (Sedimentfänge) sollen dieses Vorgehen unterstützen.
- Aus dem Hamburger Bereich ist die dauerhafte Entnahme von Feinmaterial erforderlich, soll es sich hier nicht anreichern (Durchbrechen von Sedimentkreisläufen). Die heute an der hamburgischen Landesgrenze durchgeführten Umlagerungen sollen so umgestellt werden, dass diese Mengen aus dem flutstromdominierten Bereich entfernt werden. Eine Verbringung, die den Rücktransport nicht ausschließt, löst den Kreislauf nicht auf.



Maßnahmen, die sich auf die Unterhaltung von Flächen in der Bundeswasserstraße beziehen und so ausgeführt werden, dass Zustände der jüngeren Vergangenheit wiederhergestellt werden, sowie die Weiterentwicklung der Umlagerungsstrategien werden kurzfristig umgesetzt.

Mit Zustimmung der Länder sind kurzfristig Umlagerungsstrategien umsetzbar, bei denen ein vorhandener Feinsedimentbagger Schwerpunkt wie z.B. Wedel erheblich überbaggert wird und das Material stromab in der Tideelbe so umgelagert wird, dass es die Kreislaufprozesse nicht unterstützt. Die Maßnahme müsste bei hohen Oberwasserabflüssen erfolgen, wenn wegen der verringerten Eintreibungen im Bereich der Bagger-Schwerpunkte auch die Baggerverfügbarkeit gegeben ist. Ziel wäre ebenfalls die Induzierung von Feinmaterialeintreibungen, die Entlastung des Sedimenthaushaltes und auf diese Weise die Reduzierung der Schlickeintreibungen im Sommer. Bei der Umsetzung der Sedimentfänge steht der Bereich des Hanskalbsandes für das Auffangen mariner Feinsedimente im Vordergrund; darüber hinaus ist zu prüfen, ob eine Ergänzung im Bereich stromab für das Auffangen von Sediment eine Verbesserung der Verhältnisse herstellen kann.

Mit Zustimmung der Länder und ein entsprechendes Ergebnis ökologischer Untersuchungen vorausgesetzt ist die Unterhaltung in der Pagensander Nebeneelbe, der Este-Zufahrt und anderer Bereiche im Mühlenberger Loch kurzfristig umsetzbar, wobei je nach Oberwasserhältnissen in unterschiedlicher Entfernung stromab umgelagert wird.

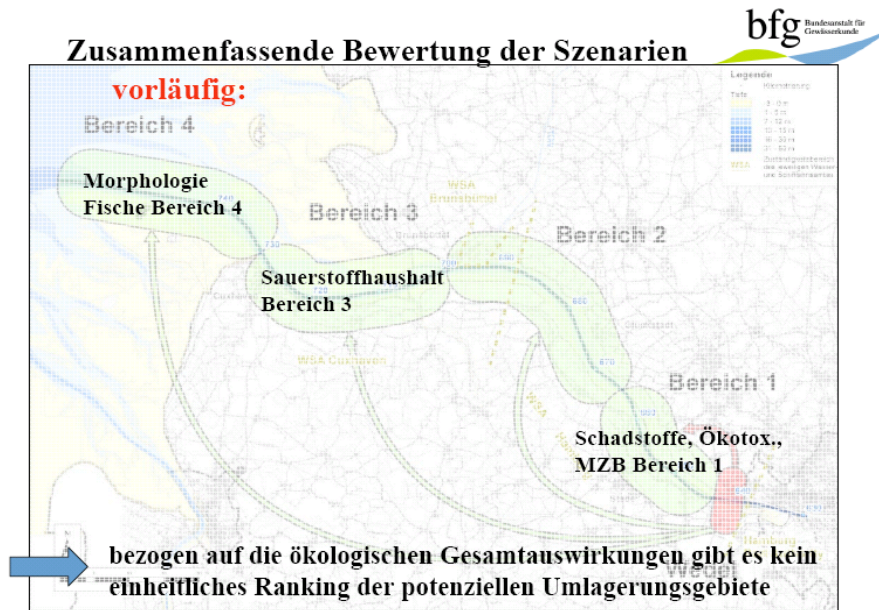
## **Ökologische Bewertung einer neuen Umlagerungsstrategie der WSV**

Angesichts der Notwendigkeit einer neuen Umlagerungsstrategie hat die WSV einen Auftrag an die BfG zur Erstellung einer Grundlage für die Bewertung der langfristigen und großräumigen ökologischen Folgewirkungen verschiedener Umlagerungsstrategien vergeben. Hier können nur einige vorläufige, erste Ergebnisse dargestellt werden. Weitere Ausführungen sind nach Fertigstellung der Studie möglich.

In der Studie werden über die lokalen Folgen von Verbringungen an Umlagerungsstellen hinaus die sich langfristig aus unterschiedlichen Strategien ergebenden Folgen beschrieben. Auch die positiven Wirkungen in Entnahmebereichen sind in die Bewertung einzustellen bzw. in Alternativen zu bewerten. Hiermit wird in vielerlei Hinsicht Neuland betreten. Derzeit werden unterschiedliche Szenarien für die Umlagerung von Baggergut aus dem Raum Wedel betrachtet.

Die Studie enthält eine Systembeschreibung einschließlich einer Analyse der sedimentdynamischen Prozesse, ökologischer Aspekte und funktionaler Zusammenhänge. Folgende Szenarien für die Umlagerung des Wedeler Baggergutes werden untersucht:

- A (Referenzbetrachtung): keine Umlagerung im System (weder WSV noch HPA)
- B: Verbringung von 10 Mio m<sup>3</sup>/a in Bereich 1
- C: Verbringung von 10 Mio m<sup>3</sup>/a in Bereich 2
- D: Verbringung von 2-3 Mio m<sup>3</sup>/a in Bereich 3
- E: Verbringung von 2-3 Mio m<sup>3</sup>/a in Bereich 4



**Abbildung 5:** Szenarien der BfG-Systemstudie

Die Bewertung wurde schutzgutspezifisch differenzierend vorgenommen. Folgende Ergebnisse wurden vorläufig erzielt:

Optimaler Umlagerungsbereich nach den Kriterien

Morphologie und Fischfauna: Bereich 4

Sauerstoffhaushalt: Bereich 3

Schadstoffe, Ökotoxikologie, Makrozoobenthos: Bereich 1

Danach würde es neben den Kriterien, die sich aus der Sedimentdynamik und der Baggermengenminimierung ergeben, auch weitere ökologische Kriterien geben, die für eine stromab gerichtete Umlagerung im Untersuchungsbereich sprechen. Auf der Grundlage dieser Analyse können die behandelten Kriterien aus der Ökologie mit denen aus der Unterhaltung in eine Gesamtbewertung überführt werden.

### Umlagerung von Baggergut aus dem Hamburger Bereich

Für Sedimente, die in Hamburg gebaggert werden und die im Gewässer umgelagert werden sollen, gibt es folgende grundsätzliche Möglichkeiten:

- Umlagerung in der hamburgischen Stromelbe bei Neßsand

Seit 1994 wird Baggergut aus dem Hamburger Hafen bei Neßsand verklappt; dafür wurden Rahmenbedingungen zwischen Wirtschafts- und Umweltbehörde vereinbart. Vorteil dieser Stelle ist, dass hier die Schadstoffbelastung etwa der der umgelagerten Sedimente entspricht. Zum Schutz von Gewässerorganismen und Sauerstoffhaushalt sind Umlagerungen in der warmen Jahreszeit ausgeschlossen. Durch Umlagerungen werden zumindest bei geringen Oberwasserabflüssen der Elbe Sedimentkreisläufe erhalten; das Sediment reichert sich im System an und beeinflusst damit potenziell auch Nebenelben etc. Diese Stelle soll im Rahmen der Umsetzung des Gesamtkonzepts weitgehend aufgegeben werden, da sie den vorstehenden Handlungsgrundsätzen nicht entspricht.

- Umlagerung in den Bereich 3 oder 4 gem. Abbildung 5

Dies erscheint in der Gesamtabwägung (Rücktransport der umgelagerten Sedimente, Transportentfernung für Bagger, Ökologie) der anzustrebende Bereich,

der allerdings derzeit wegen subjektiver Betroffenheiten z.B. der Tourismuswirtschaft nicht infrage kommt.

- Umlagerung zur Tonne E3 in der Nordsee

In den Jahren 2004 und 2005 erreichten die Baggergutmengen in Hamburg mit rd. 9 Mio. m<sup>3</sup> gegenüber gut 2 Mio. m<sup>3</sup> im langjährigen Mittel ein Maximum. Vor diesem Hintergrund erteilte die Landesregierung Schleswig-Holstein im Juli 2005 das Einvernehmen, Baggergut aus der an Hamburg delegierten Bundeswasserstraße in die Nordsee zur Tonne E3 umzulagern. Die in der Einvernehmenserklärung genannte Gesamtmenge von 4,5 Mio. m<sup>3</sup> wurde Anfang 2008 erreicht.

Die Entwicklungen der Baggermengen in Hamburg ist aus Abbildung 1 zu ersehen. Das Oberwasser der Jahre 2006 und 2007 lag nahe dem langjährigen Mittel, die Gesamtbaggergutmenge betrug jeweils rund 6 Mio. m<sup>3</sup>. Es ist festzustellen, dass in Verbindung mit gleichzeitig erfolgten Umstellungen der Wassertiefenunterhaltung der WSV in der Unterelbe eine deutliche Verringerung der Baggermenge erreicht werden konnte, allerdings liegt diese immer noch auf einem erhöhten Niveau.

HPA führt gemäß den Auflagen der Einvernehmenserklärung ein umfassendes Monitoring der Verbringung in die Nordsee durch und berichtet regelmäßig über die Ergebnisse. Der Jahresbericht 2007 besagt, dass die Bedingungen der Einvernehmensregelungen mit Ausnahme der mit MLUR abgestimmten Abweichungen der Jahresmengen sowie der zu erwartenden, nicht zu vermeidenden Schadstoffanreicherung im direkten Klappfeld erfüllt sind. Die Auswirkungen liegen, soweit erkennbar, im prognostizierten Rahmen und werden in der Gesamtabwägung als vertretbar angesehen.

Im Bericht wird weiter ausgeführt, dass auch, wenn die Auswirkungen der Verbringung zur Tonne E3 als vertretbar angesehen werden, die in den Elbesedimenten vorhandenen Schadstoffgehalte noch zu hoch sind. Wie aktuelle Studien belegen, sind die Ursachen in Alleinleitungen und Altsedimenten im gesamten Elbegebiet zu suchen. Der mit den Schwebstoffen und Sedimenten natürlich stattfindende seewärtige Transport führt dazu, dass diese Schadstoffe schon seit langem mit oder ohne Baggerungen das Elbeästuar, die Nebeneiben oder die Nordsee und ihre Watten erreichen. Die Verbringungen sind auch vor diesem Hintergrund und als ein zeitlich begrenztes Element des vorliegenden Gesamtkonzepts zu sehen.

Zusammenfassend ist festzustellen:

Von hier ist ein Rücktransport praktisch ausgeschlossen. Eine Betroffenheit von Schutzgebieten oder der Tourismuswirtschaft kann ebenfalls ausgeschlossen werden. Nachteilig sind die erhöhten Schadstoffgehalte der verklappten Sedimente, die in diesem Fall auf direkt in die Nordsee gelangen. Damit wird die Notwendigkeit der Sanierung der Elbe erneut unterstrichen.

Bei einer Bewertung der Maßnahme gelten – neben den einschlägigen Rechtsgrundlagen des Umweltrechts – die auf nationaler Ebene verfügbaren Konzepte zum Umgang mit Baggergut im Gewässer. Es sei darauf hingewiesen, dass andere Nordseeanrainer zum Teil hiervon abweichende Regelungen anwenden. Zusammen mit Deutschland werden jährlich weit über 100 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut im Nordseebereich umgelagert. Der überwiegende Teil der Sedimentmengen in der Elbe kommt aus der Nordsee und soll letztlich im Rahmen der Sedimentbewirtschaftung – wie auch in den anderen Ländern üblich – in den Mündungsbereich zurück umgelagert werden.

## Abschätzung einer Sedimentbilanz im Hamburger Bereich

Der mittlere Feststoffeintrag an Feinmaterial aus der Mittelelbe wird im Mittel mit 660.000 t/a angegeben; dies entspricht einem geschätzten Volumen von ca. 1,3 Mio. m<sup>3</sup>/a. Bis in die 1990er Jahre wurde der größere Anteil des in Hamburg anfallenden Baggerguts an Land entsorgt; die durchschnittliche Entnahme aus dem System lag bei ca. 1,4 Mio. m<sup>3</sup>/a.

Die anscheinend ausgeglichene Bilanz geht allerdings nicht auf, bezieht man die Schadstoffdaten ein. Bezogen auf die Schadstofffrachten in Schnackenburg liegt die Landentnahme in Hamburg bei etwa einem Drittel, die übrigen zwei Drittel müssen also an Hamburg vorbei in Richtung Unterelbe / Nordsee gehen. Untersuchungen aus den 1990er Jahren belegen gleichzeitig ein Vordringen mariner Sedimente bis in den Hamburger Hafen, also eine Vermischung.

1995 wurde mit Umlagerungen bei Neßsand begonnen. Aufgrund der Sedimentkreisläufe stiegen die Umlagermengen schon vor 2000 auf annähernd 1 Mio. m<sup>3</sup>/a an; es kam zu Sedimentanreicherungen im System. Seit 2000 liegen die Baggermengen der WSV im Bereich Wedel / Wedeler Au bei ca. 2 Mio. m<sup>3</sup>/a, die Baggermengen der HPA sind ebenfalls erheblich gestiegen. Welcher Anteil dabei auf Sedimentkreisläufe zurückzuführen ist, kann nur sehr grob abgeschätzt werden. Aufgrund der seit der Umlagerung in die Nordsee wieder gesunkenen Mengen wird ein Kreislauffaktor von etwa 2 oder 3 geschätzt.

Derzeit wird noch Material aus den Hafeneinfahrten und –becken bei Neßsand umgelagert, das allerdings – bei höherem Feinkornanteil – weitgehend dem Material der Stromelbe entspricht. Im Jahr 2007 hat es sich um etwa 2,5 Mio. m<sup>3</sup> gehandelt. Unter Ansatz des oben genannten Faktors würde es sich bei Umlagerung deutlich stromab um etwa 1 Mio. m<sup>3</sup> handeln.

In der Gesamtbilanz ergibt sich, dass dauerhaft etwa 3 Mio. m<sup>3</sup>/a in den ebbstromdominierten Bereich umgelagert werden müssen. Für eine Übergangszeit wird die Menge für gewisse Nachholbedarfe, die sich im System angereichert haben, eher höher liegen. Dies ist die Mindestmenge, die dauerhaft aus diesem Bereich zu entfernen ist; hinzu kommt bei sauberen Sedimenten in den kommenden Jahrzehnten auch die jetzige Landmenge von gut 1 Mio. m<sup>3</sup>/a.

Die Verklappung des Baggergutes an der Tonne E3 entspricht für die Sedimentbilanz der Tideelbe einer Verbringung zum „point of no return“. Die Verbringung von Sedimenten mit noch vorhandener, wenn auch relativ geringer Schadstoffbelastung der Elbe in die Nordsee wird als ökologisch nachteilig angesehen. Die bisher durchgeführten Untersuchungen zeigen jedoch keine Ergebnisse, die langfristig nachhaltige negative Entwicklungen befürchten lassen.

## Maßnahmen zur Verbesserung der Sedimentbelastung

### Situation

Die deutlich gesunkene, jedoch immer noch bestehende Schadstoffbelastung der Sedimente stellt nach wie vor eine Herausforderung dar. In der Tideelbe gelangen durch das Tidal Pumping Schwebstoffe mariner Herkunft mit sehr geringer Schadstoffbelastung bis zum Oberstrom gelegenen Ende des Hamburger Stromspaltungsgebietes bei Bunthaus. Im Ästuar erfolgen aufgrund natürlicher Prozesse eine Vermischung und damit eine allmähliche Verdünnung der oberstromigen schadstoffbelasteten Feststoffe mit marinen Feststoffen. Es ergibt sich ein Gradient sinkender Schadstoffgehalte vom Wehr Geesthacht Richtung See, ohne dass sich die Schadstofffrachten dabei verändern. Das bedeutet aus Sicht des Nordseeschutzes für die Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen, dass die für den marinen Bericht geforderten Sedimentbelastungen bereits am oberen Ende des tidebeeinflussten Ästuars, d. h. am Wehr Geesthacht erreicht werden müssen.

Wegen der hohen Relevanz partikulärer Schadstoffe für die Situation der Elbe haben HPA und Flussgebiets-Gemeinschaft (FGG) Elbe eine Studie zur „Bewertung von Risiken durch feststoffgebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet“ erstellen lassen (Hamburg, Mai 2008). Unter anderem auf dieser Grundlage kam die ad hoc-AG "Quellen und Transport von Schadstoffen in der Elbe" der Arbeitsgruppe Oberflächengewässer (AG OW) der FGG Elbe in einer Stellungnahme im Sommer 2007 zu folgenden Aussagen über die Schadstoffbelastung der deutschen Elbe:

- Für einige Stoffe, die zur Beurteilung des chemischen oder ökologischen Zustandes gemäß EG-WRRL heranzuziehen sind, ist der Zustand 'nicht gut';
- Durch eine Reihe von Stoffen werden Meeresschutzziele gefährdet;
- Wegen der Schadstoffbelastung sind gesellschaftlich relevante Nutzungen nur eingeschränkt verfügbar oder ausgeschlossen.

In der Analyse der Ursachen für diese Situation wurde festgestellt:

- Das heutige Problem der Elbe mit einer Reihe "klassischer" Schadstoffe stammt wesentlich aus historischen Einträgen.
- Rezente Einträge spielen auch eine Rolle, können jedoch insbesondere für neuartige Schadstoffe wegen der unsicheren Datenlage nur im Einzelfall ausreichend beschrieben werden.
- Es handelt sich in erheblichem Maße um ein Problem partikulär gebundener Schadstoffe.
- Zur Situation im deutschen Teil der Elbe trägt maßgeblich bei, dass bereits eine Vorbelastung im Grenzprofil der Elbe aus Tschechien erfolgt.
- Im deutschen Teil der Elbe spielen Einträge über die Zuflüsse Mulde und Saale eine Schlüsselrolle. In den Gewässern des Erzgebirges besteht außerdem eine hohe natürliche Schwermetallbelastung.

Aus dieser unbefriedigenden Situation resultiert ein potentiell Risiko für die nachhaltige Sedimentbewirtschaftung in der Elbe.

### Sanierung der Elbe

Gemäß Artikel 1 ist Ziel der WRRL die Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Binnen- und Küstengewässer zwecks Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme sowie das Anstreben eines stärkeren Schutzes und einer Verbesserung der

aquatischen Umwelt, unter anderem durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung bzw. Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären bzw. prioritär gefährlichen Stoffen. Damit soll auch zum Schutz der Meeresgewässer und zur Verwirklichung der Ziele der einschlägigen internationalen Übereinkommen beigetragen werden einschließlich derjenigen, die auf die Vermeidung und Beseitigung der Verschmutzung der Meeresumwelt abzielen.

Mit der „Vereinbarung über die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe“ vom 8. Oktober 1990 haben die Regierungen der Bundesrepublik Deutschland, der Tschechischen und Slowakischen Föderativen Republik und die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft wesentliche Ziele vereinbart: „In der Sorge um die Reinhaltung der Elbe, in dem Bestreben, ihre weitere Verunreinigung zu verhindern und ihren derzeitigen Zustand zu verbessern, im Hinblick auf die Notwendigkeit, die Belastung der Nordsee durch die Elbe nachhaltig zu verringern, in der Überzeugung von der Dringlichkeit dieser Aufgaben...“ streben die Vertragsparteien insbesondere an, „... die landwirtschaftliche Verwendung ... der Sedimente zu ermöglichen, ... die Belastung der Nordsee aus dem Elbegebiet nachhaltig zu verringern.“ Dabei wird auch die „Reduzierung von Belastungen aus diffusen Quellen“ genannt.

In internationalen Meeresschutzvereinbarungen, darunter der von OSPAR, ist als ‚Generationenziel‘ postuliert, bis zum Jahr 2020 kontinuierlich Einleitungen, Emissionen und Verluste von Schadstoffen so zu unterbinden bzw. zu reduzieren, dass in der Meeresumwelt für natürlich anfallende Stoffe Konzentrationen in der Nähe der Hintergrundwerte und für anthropogene synthetische Stoffe Konzentrationen nahe Null erreicht werden.

Damit wird deutlich, dass aus vielerlei Gründen eine Sanierung der Sedimente der Elbe Aufgabe der Einrichtungen im gesamten Flussgebiet ist.

In der o.g. "Studie zur Bewertung der Risiken durch feststoffgebundene Schadstoffe im Elbeeinzugsgebiet" werden überregionale Risiken identifiziert, die im deutschen Teil des Elbegebietes von partikulär gebundenen Schadstoffen für zentrale Bewirtschaftungsziele ausgehen. Die Ergebnisse sind ein wissenschaftlicher Beitrag zur notwendigen Erstellung von Maßnahmenprogrammen und Bewirtschaftungsplänen, mit denen die genannten Ziele hinsichtlich des Schutzes der Binnen- und Küstengewässer und der Meeresumwelt unter anderem durch spezifische Maßnahmen erreicht werden sollen.

Risiken durch eine Reihe relevanter Schadstoffe stammen in hohem Maße nicht aus rezenten Einträgen, sondern vielfach aus Altlasten. Wesentliche Emissionen aus Quellen am Gewässer stammen aus Bergbauabfällen, aufgelassenen Gruben und Altlasten-Megastandorten der chemischen und metallverarbeitenden Industrie. Menschliche Tätigkeiten über Jahrzehnte oder sogar Jahrhunderte haben aber auch zu Altlasten im Gewässer geführt.

Die Schadstoffe Quecksilber, Hexachlorbenzol, Cadmium und Zink, PCBs, Kupfer, Dioxine und Arsen bewirken am häufigsten, dass ein Bewirtschaftungsziel für das deutsche Elbegebiet gefährdet ist bzw. eine Nutzung nicht oder nur eingeschränkt zur Verfügung steht. Insgesamt wäre durch die Reduzierung der Einträge aus den Teileinzugsgebieten Tschechien, Mulde, Saale, Schwarze Elster und Havel eine deutliche Verbesserung der Situation zu erreichen

Zur Aufstellung der Maßnahmenprogramme im Flussgebiet sind überregionale Bewirtschaftungsziele zu definieren. Im Anhörungsdocument zu den wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen in der Flussgebietsgemeinschaft Elbe (Entwurf vom 17.07.2007) wird festgestellt, dass signifikante stoffliche Belastungen eines der bedeutsamen Defizite für das gesamte nationale oder internationale Elbe-Einzugsgebiet sind.

In der „Kurzfassung der vorläufigen überregionalen Bewirtschaftungsziele für die Oberflächengewässer der Flussgebietseinheit Elbe für die Belastungsschwerpunkte Nähr-

stoffe, Schadstoffe und Durchgängigkeit“ (Entwurf vom 24.04.2008) stellt die Flussgebietsgemeinschaft Elbe u.a. fest:

Aufgrund der Erfahrungen aus den bereits laufenden Schadstoffminderungsmaßnahmen und der sehr hohen Reduzierungserfordernisse für eine Vielzahl von Schadstoffen ... besteht die Notwendigkeit der Inanspruchnahme der Fristverlängerung und ggf. weniger strenger Umweltziele im Bewirtschaftungsplan.

Im Prozess der Maßnahmenplanung in den Ländern sind die Reduzierungsanforderungen der Teileinzugsgebiete auf die Planungseinheiten und Quellen herunterzubrechen. Eine Schlüsselfunktion können dabei die belasteten Flusssedimente erlangen, in denen sich in der Vergangenheit große Mengen von Schadstoffen angereichert haben und die besonders bei Hochwassersituationen elbabwärts umgelagert werden.

Um das Jahrzehnte, zum Teil sogar Jahrhunderte alte Problem (z.B. Bergbau in Böhmen) der partikelgebundenen Schadstoffverfrachtung im Elbegebiet anzugehen, ist ein flussgebietsweiter, umfassender Sanierungsplan erforderlich. Das kann auf Grundlage der EG-Wasserrahmenrichtlinie erfolgen und entspricht auch den Zielen der in Bearbeitung befindlichen europäischen Meeresschutzstrategie.

Die aus der mittleren Elbe kommenden Schadstofffrachten erreichen die Tideelbe und gelangen von hier weiter in die Nordsee. Mit dem an Land verbrachten Baggergut entnimmt HPA rund ein Drittel dieser Schadstofffracht und entlastet damit Elbe und Nordsee. Es ist zukünftig allerdings wesentlich effektiver und führt schneller zu einer dauerhaften Entlastung, direkt an den hoch belasteten oberstromigen Sedimenten anzusetzen.

## Schadstoffbewertung

Kerngedanke des optimierten quantitativen Sedimentmanagements ist die Reduzierung der Unterhaltungsbaggermengen und der mit der Unterhaltung verbundenen Eingriffe in die Umwelt durch Umlagerung in den ebbstromdominierten Bereich und letztlich das marine Feststoffregime.

Infolge der Vermischung mariner ‚sauberer‘ mit oberstromigen belasteten Feststoffen ergibt sich im Ästuar ein Schadstoffgradient Richtung See, ohne dass dabei die Schadstofffrachten abnehmen.

Bei der Beurteilung der Umlagerung von Baggergut ist deshalb eine Abwägung vorzunehmen zwischen den Notwendigkeiten des quantitativen Sedimentmanagements, ökologisch verträglichen Grenzen des Umlagerens und der erforderlichen Sanierung im Elbegebiet.

## Regelwerke

Im Rahmen der von der Bundesrepublik Deutschland ratifizierten Meeresschutz-Übereinkommen wurden spezielle Leitlinien für die ökologisch vertretbare Unterbringung von Baggergut in den jeweiligen Übereinkommensgebieten erarbeitet (u.a. LONDON 2000, OSPAR 2004). Sie sind bei Unterhaltungs-, Ausbau- und Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Diese Leitlinien gelten nur für die Unterbringung von gebaggerten Sedimenten im Gewässer; die Vertragsstaaten werden aufgefordert, auch beim Baggervorgang selbst auf eine Minimierung der Umweltauswirkungen hinzuwirken.

Für den Bereich der WSV sind die Übereinkommen mit der Handlungsanweisung Baggergut Küste (HABAK: Gültigkeit Küstenbereich Elbe ab Strom-km 683 – Höhe Freiburger Hafenpriel) umgesetzt. Im Binnenbereich gilt bis Strom-km 683 die Handlungsanweisung Baggergut Binnen (HABAB). Der Vergleich mit den darin festgeschriebenen Richtwerten für bestimmte Schadstoffparameter bestimmt den erforderlichen Untersuchungsumfang bzw. Behandlungsoptionen. Die HABAK besagt:

Liegen die Schadstoffgehalte mindestens eines Stoffes zwischen dem unteren (RW1) und dem oberen Richtwert (RW 2), so ist eine Abwägung der Ablagerung im Gewässer gegenüber der an Land durchzuführen. Eine Ablagerung ist möglich, ... wenn eine Auswirkungsprognose keine erheblichen oder nachhaltigen Beeinträchtigungen erwarten lässt. Überschreiten die Schadstoffgehalte mindestens eines Stoffes RW 2, so ist im Küstenbereich (HABAK) eine Umlagerung nach umfangreicher Abwägung der Auswirkungen einer Ablagerung im Gewässer gegenüber der Landlagerung u.U. möglich, im Binnenbereich (HABAB) darf das Baggergut grundsätzlich nicht umgelagert werden.

Im Jahr 1996 haben die Elbe-Umweltminister den Bericht „Umgang mit belastetem Baggergut an der Elbe – Zustand und Empfehlungen“ beschlossen. Einige wesentliche Aussagen des Berichts sind

- Baggergut ist möglichst im Gewässer zu belassen
- Die Bewertung von Baggergut muss nach einheitlichen Grundsätzen erfolgen. Deshalb müssen Ziele, wie z.B. der Nordseeschutz, bereits durch Maßnahmen zum Gewässerschutz in den zulaufenden Flüssen berücksichtigt werden.
- An erster Stelle muss immer die Sanierung der direkten Ursachen der Schadstoffbelastung stehen.

Die Regelung enthält für etliche Metalle und organische Verbindungen Richt- bzw. Grenzwerte für den Umgang mit Baggergut und ist Grundlage für die Bewertung von Umlagerungen innerhalb Hamburgs bei Neßsand.



Im Rahmen des Bund-Länder-Arbeitskreises Baggergut Küste wurden zwischen Bund und Küstenländern Regelungen für den Umgang mit TBT-belastetem Baggergut erarbeitet, die an der Elbe Anwendung finden.

## **Praktische Anwendung**

Die erwähnten Regelwerke stellen einen Rahmen dar, auf dessen Grundlage im Einzelfall Untersuchungen und Entscheidungen vorzunehmen sind. In Kenntnis der dargestellten Zusammenhänge ist für die Verkehrsverwaltung eine Handlungssicherheit für den Umgang mit Baggergut erforderlich; gleichzeitig soll eine Verknüpfung mit erforderlichen Maßnahmen zur Sanierung im Elbegebiet hergestellt werden.

### **Frische Elbesedimente (Baggergut aus Bereichen mit mindestens jährlicher Baggerung), die keine lokal erhöhte Belastung aufweisen, sind grundsätzlich umlagerungsfähig**

Vor dem Hintergrund der bekannten Belastungsursachen ist davon auszugehen, dass sich die Schadstoffbelastung der Sedimente noch längere Zeit auf einem erhöhten Niveau in Relation zu den Wattsedimenten bewegen wird. Die Schadstoffbelastung von frischen Sedimenten aus dem oberen Ästuar liegt noch über HABAK RW 2.

Würden die Baggerungen vollständig unterbleiben, würden alle belasteten Sedimente in die Tideelbe bzw. ins Wattenmeer und – verzögert – in die Nordsee gelangen. Derzeit entnimmt Hamburg mit der Landbehandlung von Baggergut ca. ein Drittel der Schadstofffracht.

### **Die Sedimentbelastung wird regelmäßig überprüft**

- In der Tideelbe befinden sich Monatsmischprobensammler für Schwebstoffe der ARGE Elbe in Bunthaus (weitgehend von Oberstrom geprägt), Seemannshöft, Grauerort, Cuxhaven.
- In Hamburg erfolgen jährliche Referenzbeprobungen in festen Stellen im gesamten Hafengebiet, um die Entwicklung der Schadstoffbelastung zu ermitteln. In der Regel erfolgt die Probenahme im Frühsommer.
- Alle zwei Jahre erfolgen umfassende Kernprobenahmen, um den jeweiligen Zustand zu bestimmen.
- Nach Notwendigkeit werden weitere Probenahmen durchgeführt.

Werden an den Messstellen der ARGE Elbe in Bunthaus oder Seemannshöft oder bei den Referenzbeprobungen frischer Sedimente Auffälligkeiten festgestellt, erfolgt eine intensivierete Beprobung des zu baggernden Sediments. Dies gilt auch im Fall von anderen Auffälligkeiten.

Die ermittelten Daten werden in Jahresberichten veröffentlicht.

### **Ökotoxikologische Untersuchungen**

Mit ökotoxikologischen Untersuchungen sollen Wirkungen von Schadstoffen auf Organismen erfasst werden. Hierbei können ggf. auch synergistische Wirkungen oder Wirkungen nicht gemessener Schadstoffe erkannt werden. Die bisherigen Ergebnisse zeigen allerdings, dass aufgrund methodischer Unsicherheiten und deutlicher räumlicher und zeitlicher Variabilität der Messwerte vor allem bei der Anwendung des limnischen Algentests die Biotestverfahren zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht als ausschließliches und flächenscharfes Entscheidungskriterium für Umlagerungen geeignet sind.

Ökotoxikologische Untersuchungen der zu baggernden Sedimente sollen weiterhin in einer ausreichenden Anzahl der untersuchten Proben durchgeführt werden. Werden erhöhte Toxizitäten im Sediment festgestellt, ist den Ursachen nachzugehen oder sind ggf. weitere Untersuchungen durchzuführen (Prävention).

### **Monitoring**

Um sicherzustellen, dass es zu keiner signifikanten Erhöhung der Belastung im Umfeld der Verbringbereiche kommt, werden begleitende Untersuchungen im erforderlichen Umfang durchgeführt.

### **Das Handeln entspricht dem anderer Nordseeanrainer**

Nordseeschutz ist eine Aufgabe aller Anrainerländer. Der Umgang mit Baggergut sollte vergleichbar sein. Neben Deutschland werden insbesondere von den Nordseeanrainern Niederlande, Belgien und Großbritannien jährlich große Mengen in die Nordsee verbracht.

Die Belastung des Baggerguts aus dem Hamburger Bereich bewegt sich im Rahmen der Grenz- bzw. Richtwerte der Baggergutregularien der Niederlande und Großbritanniens. Baggergut, das aus dem hamburgischen Bereich zur Tonne E3 umgelagert wurde, entspricht fast vollständig den niederländischen Grenzwerten.

Das Konzept entspricht der internationalen Entwicklung. Zu baggernde frische Sedimente, die im Flussgebiet transportiert werden, sollen weitgehend im Gewässer belassen werden; die Sanierungen sind primär im Rahmen der Gewässerschutzpolitik vorzusehen.

### **Regelmäßige Überprüfung der Regelung**

Diese Regelung gilt übergangsweise. Die ermittelten Daten werden an die zuständigen Stellen der nationalen und internationalen Flussgebietskommissionen geleitet. Die Dauer der Übergangsregelung hängt wesentlich davon ab, ob sich die Sedimentqualität der Elbe verbessert, d.h. wie schnell Maßnahmen zur Verringerung von Schadstoffeinträgen und -verfrachtungen greifen. Je nach Entwicklung der Sedimentbelastung ist über die Regelung bzw. über Sanierungsmaßnahmen zu befinden.

## Alternativen zur Umlagerung

Die umzulagernden Sedimente weisen zum Teil eine noch erhöhte, aber im Vergleich zur Vergangenheit deutlich geringere Schadstoffbelastung auf. Wenn Sedimente nicht frei im Gewässer verbleiben sollen, so gibt es dafür verschiedene denkbare Möglichkeiten. Bei allen Überlegungen zur Entnahme aus dem Gewässer sind die großen, regelmäßig anfallenden Mengen zu bedenken.

Mit der Drucksache 16/3080 vom 28.09.1999 „Sicherung der Unterbringung des Baggergutes aus Hafen und Elbe“ hat der hamburgische Senat die Bürgerschaft umfassend über verschiedene Möglichkeiten unterrichtet. Mit der Drucksache 18/6207 vom 08.05.2007 „Ein Tideelbemanagement zur dauerhaften Sicherung der seeschifftiefen Zufahrt zum Hamburger Hafen“ wurde die Bürgerschaft aktuell informiert. Die folgenden Aussagen zum Umgang mit belasteten Sedimenten lehnen sich an beide Drucksachen an.

Die dauerhafte Entnahme von jährlich rund 1,2 Mio. m<sup>3</sup> gebaggerten Sedimenten aus Elbe und Hafengebiet mit nachfolgender **Landentsorgung in Hamburg** wird weiterhin praktiziert. Aufgrund des Aufwandes und der gesellschaftlichen Akzeptanz ist dies nur eine Lösung für besonders belastete Sedimente. Die Anlagen sollen im bisherigen Umfang bis zum Jahr 2025 weiter betrieben werden. Sie lassen sich weder in kurzen Zeiträumen bzw. zu vertretbarem Aufwand erheblich erweitern, noch stehen kurz- bis mittelfristig andere Möglichkeiten der gesicherten Unterbringung belasteter Sedimente zur Verfügung.

Eine direkte **Verwendung**, d.h. ein Einsatz ohne Vorbehandlung, ist nicht möglich. Geeignetes Material, i.d.R. Sand, wird auch jetzt schon für Bauzwecke eingesetzt. Feinkörniges Material könnte grundsätzlich als Bodenmaterial genutzt werden, Beispiele dafür gibt es in Mecklenburg-Vorpommern. Dagegen stehen erhöhte Schadstoffgehalte im Vergleich zu den rechtlichen Anforderungen der Bodenschutzgesetzgebung sowie riesige erforderliche Flächen, da nur geringe Schichten ausgebracht werden könnten.

Eine **Verwertung** setzt die vorherige Behandlung, z.B. in METHA bzw. Trocknungsfeldern, voraus. In den letzten 25 Jahren sind in Hamburg umfassende Anstrengungen zur Verwertung erfolgt. Einer großmaßstäblichen Verwertung stehen insbesondere zu hohe Kosten und rechtliche Begrenzungen entgegen. Wenn überhaupt, ist die Verwertung derzeit eine Option für vergleichsweise kleine Mengen; sie könnte zu einer Streckung der vorhandenen Deponiekapazitäten führen. Trotz großer Anstrengungen in den letzten 20 Jahren seitens der HPA konnte – abgesehen von der Verwertung in den Deponien selbst – bisher keine Verwertungsoption für nennenswerte Mengen realisiert werden.

Alternativen wurden auch gemeinsam mit den **Nachbarländern** gesucht. Mitte der 80er Jahre haben Niedersachsen und Schleswig-Holstein der Hansestadt Unterstützung bei der Bewältigung der Baggergutproblematik zugesagt.

Schleswig-Holstein hat sich in der Rahmenvereinbarung von 1984 u. a. grundsätzlich bereit erklärt, Ablagerungsflächen für die Baggergutablagerung an Land zur Verfügung zu stellen und bei der Flächenbeschaffung behilflich zu sein. Von der Landesregierung in Kiel wurde 1993 der Standort Bovenau am Nord-Ostsee-Kanal im Kreis Rendsburg-Eckernförde für eine Baggergutdeponie vorgesehen. Schleswig-Holstein hat sein Interesse bekundet, an der Realisierung der Deponie Bovenau nicht festzuhalten.

Der Senat und die niedersächsische Landesregierung haben sich in einer gemeinsamen Kabinettsitzung im Mai 1991 darauf verständigt, die Unterbringung von belastetem Baggergut aus dem Hamburger Hafen langfristig zu sichern. Der Senat hat 1999 eine Entscheidung über den Abschluss eines Vertrages über den Kavernenversatz mit Elbesediment zurückgestellt.

Die Suche nach weiteren **Deponieflächen** an Land ist in der Vergangenheit letztlich an mangelnder öffentlicher Akzeptanz, hohen Kosten, Anforderungen etc. gescheitert. Zu bedenken ist weiterhin, dass neue Anlagen einen mehrjährigen Planungsvorlauf erfordern und nur über einen langen Zeitraum sinnvoll zu betreiben sind.

Im internationalen Vergleich stellt die **subaquatische Unterbringung** von belasteten Sedimenten unter bestimmten Umständen eine wirtschaftlich sinnvolle Lösung dar. Sie kann an einem geeigneten Ort eine sichere, dauerhafte und lagestabile Verbringung unterhalb des Wasserspiegels und gegebenenfalls unterhalb des natürlichen Sedimenthorizonts bedeuten. Bis zur betriebsbereiten Realisierung und erstmaligen Einlagerung von Elbeschlick würden für die Suche eines geeigneten Standorts, die Klärung technischer, ökologischer und rechtlicher Fragen sowie für den Bau der Anlage noch bis zu 10 Jahre vergehen. Für die Anlage eines derartigen Depots besteht derzeit im Elbeästuar weder eine Bereitschaft noch Möglichkeit.

Die Nutzung ansonsten umgelagerter, geringer belasteter Sedimente als Füllmaterial zum Bodenaustausch im Tideelbesystem ist eine Option, die sowohl weitere Erkundungen als auch Untersuchungen bedarf.

Neben ökologischen Erfordernissen sind die **Kosten** der Verwertung bzw. der gesicherten Ablagerung für belastete Sedimente ein wesentliches Kriterium. Das derzeitige Konzept METHA-Behandlung und Hügeldeponierung erfordert Ausgaben von rd. 30 EUR/m<sup>3</sup>. Die bekannten Verwertungsoptionen liegen mindestens in dieser Größenordnung. Die Kosten für ein in den Niederlanden in Bau befindliches subaquatisches Depot liegen bei rund 20 €/m<sup>3</sup>. Bei angenommenen 3 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut würden sich Kosten von 50-100 Mio. Euro pro Jahr ergeben. Das ist eine Summe, die für den Hafen und die Stadt nicht tragbar und der geringen Belastung der umgelagerten Sedimente auch nicht angemessen wäre.

Bei der Beurteilung von Optionen der gesicherten Unterbringung ist neben Faktoren wie Realisierungsmöglichkeit, öffentlicher Akzeptanz und Kosten auch die Dauer der Beschickung zu berücksichtigen. Vordringlich sollten jedoch Sanierungsmaßnahmen greifen und damit die Menge, die einer Behandlung bedarf, bald möglich sinken. Auch vor diesem Hintergrund ist eine weitergehende Landverbringung weder sinnvoll noch möglich.

## **Auswirkungen / Maßnahmen der anstehenden Fahrrinnenanpassung**

Vor dem Hintergrund vorstehender Sachverhalte ist eine Betrachtung von veränderten Sedimentströmen und Baggeraufwendungen durch eine weitere Fahrrinnenanpassung zu berücksichtigen.

Im Rahmen des geplanten Ausbaus der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe wurde deshalb auch bereits ein Strombaukonzept entwickelt, das unter Verwendung des Ausbaubaggerguts vor allem eine Dämpfung der Tidedynamik sowie eine Optimierung der Unterhaltungsbaggerungen zum Ziel hat.

Im Elbmündungsgebiet ist der Bereich der Medemrinne durch einen starken morphologischen Trend geprägt. Durch morphologische Entwicklungen, namentlich auch durch einen Durchbruch der Medemrinne zum Klotzenloch, könnte die Tidedynamik der gesamten Tideelbe - insbesondere durch die Stärkung des Abflusses der Ebbe und dem damit einhergehenden Absinken des Tideniedrigwassers - beeinflusst werden. Hinzu kommt, dass insbesondere der starke Ebbstrom im Medembogen große Sedimentmengen erodiert, die zum Teil in die tiefe Rinne transportiert werden, von wo sie wieder entfernt werden müssen.

Wesentlicher Bestandteil des integrierten Strombaukonzepts der Fahrrinnenanpassung besteht vor diesem Hintergrund in der Anlage von strombaulich wirksamen Unterwasserablagerungsflächen (UWA) im Elbmündungsgebiet. Damit werden folgende Ziele verfolgt:

- Minimierung der ausbaubedingten Tidehubänderungen
- Reduzierung der ausbaubedingten Zunahme des residuellen Stromauftransports von Sedimenten
- Minderung ungünstiger natürlicher morphologischer Trends mit dem Ziel, einen morphologisch günstigen Zustand zu erreichen.

Die UWA Medemrinne-Ost führt über den gesamten Bereich der Tideelbe zu einer Minimierung der ausbaubedingten Wasserstandsänderungen. Gleichzeitig soll sie gewährleisten, dass sich keine weitere ungünstige Entwicklung der Strömungsverhältnisse in der Unterelbe einstellt und damit im ebbstromdominierten Bereich der Unter- und Außenelbe keine weitere Flutstromdominanz eintritt, so dass keine Zunahme des residuellen Stromauftransportes von Sedimenten zu erwarten ist.

Im Zuge der Fahrrinnenanpassung soll ein rd. 8 km langer Abschnitt zwischen Wedel und Blankenese auf rund 385 m Breite aufgeweitet werden. Diese Begegnungsstrecke ist auf Grund nautischer Anforderungen notwendig; benötigt wird eine möglichst lange, gerade Strecke, die möglichst dicht am Hamburger Hafen liegt. Obwohl bisher nicht dafür konzipiert, kommt der Begegnungsstrecke eine strombauliche Funktion zu. Ihre Wirkung als „Sedimentfang“ ist erwünscht, da auf diese Weise eine weitere Zunahme des stromauf gerichteten Sedimenttransports in den Hamburger Hafen hinein vermieden werden soll.

### **Prognostizierte Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung auf die Unterhaltungsaufwendungen**

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung hat die BAW auf Grundlage umfassender Simulationen die voraussichtlichen Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung auf die Sedimenttransporte in der Unterelbe in einem Gutachten zur ausbaubedingten Änderung der morphodynamischen Prozesse dargelegt. Die wesentlichen Aussagen dieses Gutachtens lassen sich wie folgt zusammenfassen:

In den tiefen Rinnen werden sich die charakteristischen Richtungen der Netto-Sedimenttransporte nicht verändern, wohl aber die Transportmengen. Die mit dem Ebbstrom dominierenden Transporte werden unterhalb von Brunsbüttel in der tiefen Rinne ver-

stärkt. Oberhalb von Glückstadt werden bei Oberwasserabflüssen kleiner als  $750 \text{ m}^3/\text{s}$  (in etwa der mittlere Abfluss der Elbe) die mit dem Flutstrom dominierenden Transporte suspendierter Sedimente um ca. 10 % verstärkt. Das resultierende Transportband reicht dann nach stromauf bis in den Lühebogen hinein. Die bisher zwischen Schulau und dem Köhlbrandbogen mit dem Flutstrom dominierenden Transporte werden abgeschwächt.

Auf Grundlage dieser Modellergebnisse sowie des vorhandenen wasserbaulichen Erfahrungswissens hat die BAW abgeschätzt, dass in der Seeschiffahrtsstraße Elbe die Baggermengen in Folge des Fahrrinnenausbaus insgesamt zunehmen werden. Diese Abschätzung ist als „auf der sicheren Seite liegend“ anzusehen, da sie auf der Annahme eines geringen Oberwasserzuflusses beruht und von einer Beibehaltung der bisherigen Unterhaltungsbaggerstrategie ausgeht.

Zur räumlichen Verteilung der ausbaubedingten Änderungen ist nach den Ergebnissen der BAW folgendes festzuhalten (Auszug aus dem BAW Gutachten zur Fahrrinnenanpassung):

- „Auf der Hamburger Delegationsstrecke werden die Baggermengen oberhalb von Nienstedten, also auch im Köhlbrandbogen und in der Norderelbe, nicht signifikant zunehmen.
- Im Bereich der geplanten Begegnungsstrecke werden die Unterhaltungsbaggermengen um mehr als 50 % zunehmen. Derzeit fallen in diesem Abschnitt ungefähr 20 % aller Baggermengen aus der gesamten Bundesstrecke (im Mittel  $11,3 \text{ Mio. m}^3$ ) an, nach dem Ausbau werden es demnach mehr als 30 % sein.
- An der Rhinplatte bei Glückstadt wird mit einer Zunahme von 3 % gerechnet, so dass dort zukünftig wieder mehr als 5 % der Unterhaltungsbaggermengen in der Bundesstrecke erwartet werden.
- Im Altenbrucher Bogen bei Cuxhaven wird es aufgrund einer zunehmenden Baggerfrequenz und längerfristiger morphologischer Anpassungsprozesse an der südlichen Flanke des Medemgrundes ebenfalls eine Zunahme von mehr als 3 % bezogen auf die definierte Bezugsbaggermenge geben.
- In den weiter vertieften Abschnitten und in den Abschnitten, in denen die Strömungen in der Fahrrinne zunehmen, wird der gravitationelle Sedimenttransport (das entlang von Böschungen durch die Schwerkraft abgleitende Geschiebe) etwas zunehmen, so dass nach dem Ausbau mit abschnittsweise erhöhten Seiteneintreibungen gerechnet werden kann, die zeitweise am Fahrrinnenrand gebaggert werden müssen. Diese Zunahmen werden entlang der gesamten Fahrrinne ebenfalls mit 3 % abgeschätzt.“

Eine exakte Berechnung der zukünftigen Baggermengen ist nicht möglich. Die wesentlichen Zunahmen sind in der geplanten Begegnungsstrecke zu erwarten.

Um die ausbaubedingten Folgen auf die Unterhaltungsbaggerungen zu minimieren, soll nach dem Ausbau in der Begegnungsstrecke anfallendes Baggergut auf Umlagerungsstellen unterhalb der residuellen Stromauftransportzone verbracht werden.

## Monitoring, Untersuchungsbedarf und Berichte

Die Wirkungen einer neuen Strategie sind durch ein Monitoring zu überprüfen; damit kann der Erfolg überprüft werden oder ggf. zeitnah auf Veränderungen reagiert werden. Das gilt sowohl für ökologische Wirkungen wie für veränderte Feststofftransportprozesse.

Für Umlagerungen ist in den vorhandenen Regularien ohnehin ein Monitoring vorgesehen.

Das Systemverständnis für die morphologischen Veränderungen und die Feststofftransportprozesse in der Tideelbe sowie im Übergang zur Nordsee ist ständig zu verbessern. Dafür ist u.a. ein modellbasiertes Monitoring zu entwickeln. Es stellt eine Koppelung zwischen mathematischer Modellierung und Vor-Ort-Messungen dar.

Wie bisher wird HPA die Monitoringergebnisse der Umlagerungen in Jahresberichten veröffentlichen.

Zukünftig dienen diese Berichte auch der Überprüfung von Sanierungsbemühungen im Elbegebiet und werden deshalb regelmäßig an die FGG Elbe und die IKSE übermittelt.

## Definitionen

- **Sediment** wird das am Gewässerboden liegende Material genannt. Es bildet sich aus Feststoffen, die sowohl in Schwebelage (→ Schwebstoff) also auch am Boden (→ Geschiebe) transportiert werden.
- **Baggergut** wird als gebaggert Sediment verstanden. Der Baggergutmengeanfall ist nicht unbedingt gleich dem Sedimentanfall.
- **Sedimentmanagement** beschreibt den Umgang mit dem anfallenden Sediment auf der Grundlage des Konzeptes.
- **Strombauliche Maßnahmen** dienen dem Ziel der Beeinflussung der Hydrodynamik und sollen auch naturschutzfachliche Ziele unterstützen.
- **Maßnahmen**, die in den Konzepten beschrieben werden, können aufgrund ihrer vielfachen Wirkung mehrfach genannt sein.
- **Tidal Pumping** wird eine durch die Asymmetrie der Tidekurve ausgelöste starke Flutströmung mit der Folge stromauf gerichteten Transports von Feinsedimenten verstanden. Das Material kann dann nicht in gleicher Stärke von der Ebbe und dem Oberwasser zurück befördert werden. Infolge der veränderten Flutstromdominanz werden die aus der Mittel- und Unterelbe eingetragenen Sedimente vermindert seewärts befördert.