

**SEDIMENT MANAGEMENT STRATEGIEN
IM ELBEÄSTUAR**

**Ein Gutachten von Neville Burt
Technischer Direktor
HR Wallingford / UK
www.hrwallingford.co.uk**

**Übersetzt ins Deutsche von
Maria Antoinette Crossman
Direktor
Forester Business Consulting Ltd. / UK
www.fbc-ltd.com**

Endfassung_D - 12. Mai 2006

INHALT

1. EINLEITUNG

2. STRATEGIEN ZUM BAGGERN UND ZUR BAGGERGUTUMLAGERN

- 2.1 Hamburger Hafen
- 2.2 WSA Hamburg
- 2.3 WSA Cuxhaven
- 2.4 WSA Brunsbüttel

3. ENTWICKLUNG DER BAGGERAKTIVITÄTEN

- 3.1 Hamburger Hafen und Delegationstrecke der Elbe
- 3.2 Andere Regionen

4. VERÄNDERUNGEN IM ELBE ÄSTUAR

- 4.1 Allgemeines Verhalten von Ästuaren
- 4.2 Rückbau von Gezeitenzonen
- 4.3 Vertiefung des Ästuars
- 4.4 Arbeiten bei Glückstadt
- 4.5 Auswirkungen auf das Tideniveau

5. GRÜNDE FÜR DIE ZUNAHME DER BAGGERMENGEN

- 5.1 Temporäre Nachwirkung der Investitionsmaßnahmen
- 5.2 Sedimentationsvermögen (Sedimentationsgrad)
- 5.3 Tideabhängiger Transportmechanismus (Tidal Pumping)
- 5.4 Oberwasserabflussmengen
- 5.5 Vergleich von Bagger- und Sedimentationsmengen
- 5.6 Sonstige Baggermaßnahmen
- 5.7 Unterwasserleitdamm bei Glückstadt
- 5.8 Sedimentverlagerung durch den Schiffverkehr
- 5.9 Flussbettdestabilisierung aufgrund Baggeraktivitäten
- 5.10 Teilverlagerung von Unterwasser-Sanddünen
- 5.11 Erosion des Medem Sand

6. BAGGERMANAGEMENT DER HAMBURG PORT AUTHORITY

- 6.1 Bedarfsgerechte Wassertiefen
- 6.2 Das Baggerkonzept
- 6.3 Preisanpassungsfaktor
- 6.4 Baggerausrüstung
- 6.5 Überwachung
- 6.6 Ausführung der Baggerungen – intern oder extern
- 6.7 Kommentare zum Baggerkonzept

7. AUSWIRKUNGEN AUF DAS SEDIMENT MANAGEMENT

- 7.1 Kontaminiertes Sediment
- 7.2 Nicht kontaminiertes oder leicht kontaminiertes Sediment
- 7.3 Umlagerung innerhalb des Ästuars
- 7.4 Morphologische Gestaltung des Ästuars
- 7.5 Kommentare zur Morphologie bei der Umlagerung in der Nordsee

8. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

- 8.1 Allgemeines
- 8.2 Modell-Simulation
- 8.3 Datenerhebung
- 8.4 Sediment Management
- 8.5 Bagger Management
- 8.6 Langzeitstrategie

9. ANHANG

TABELLEN

- 1. Baggermengen der WSV
- 2. Liste der Flächengewinnungs- und Absperrungsmaßnahmen

BILDER

- 1. Umlagerungs- und Behandlungsmengen im Zeitraum 1990 bis heute
- 2. Gesamte Baggermengen von Hamburg (HPA) bis Cuxhaven (WSA Cuxhaven)
- 3. Lage der Trübungszone im Elbeästuar
- 4. Abweichungen des Salzgehalts im Themse Ästuar
- 5. Veränderungen der Wasserflächen seit 1950
- 6. Veränderungen der Hoch- und Niedrigwasserpegel (Pegel St. Pauli) seit 1870
- 7. Abflussmengen der Elbe seit 1996

1. EINLEITUNG

Die große Zunahme der Unterhaltungsbaggerung in der jüngsten Zeit, die es im Bereich des Hamburger Hafens auszuführen gilt, hat eine Anpassung der Strategie zur Umlagerung des Baggerguts notwendig gemacht. Eine angewendete Lösung ist, bestimmte Mengen der gebaggerten Sedimente an einer Stelle in der Nordsee, in der Nähe von Helgoland umzulagern. Dieses ist jedoch mit hohen Kosten verbunden, da diese Stelle mehr als 100 km von Hamburg entfernt liegt. Als alternative Lösung, die aber ebenso kostspielig ist, wird die subaquatische Unterbringung im Bereich der Flussmündung vorgeschlagen. Das Ministerium ist wegen der stetig steigenden Kosten dieser Strategien zum Umgang und zur Behandlung der gebaggerten Sedimente im Elbe Ästuar und auch wegen anderer möglicher negativer Auswirkungen, die diese Strategien mit sich bringen könnten, besorgt. Deshalb bat das Ministerium um Stellungnahme durch einen unabhängigen internationalen Sachverständigen. Die Hamburg Port Authority hat daher mit Mr. Burt von HR Wallingford Kontakt aufgenommen und ihn mit diesem Gutachten beauftragt.

Die Aufgabe bestand darin, die Meinung eines Experten darüber einzuholen, ob die derzeitigen Sediment Management Strategien auf dem richtigen Weg sind oder ob andere Möglichkeiten, die mit geringeren Kosten verbunden sind, in Betracht gezogen werden sollten. Die Untersuchung begann im Januar 2006 mit einem Besuch in Hamburg. Im Anschluss daran wurde eine erste Bewertung erstellt und an HPA gegeben. Diesem folgte Anfang Februar ein weiterer Besuch. Grundlage für die endgültigen Fassung dieses abschließenden Berichts bildeten mehrere Besprechungen sowie zusätzlich bereitgestelltes Informationsmaterial.

2. STRATEGIEN ZUM BAGGERN UND ZUR BAGGERGUTUMLAGERUNG

2.1 Hamburger Hafen

Der Hafen hat sowohl eine gesetzliche als auch eine wirtschaftliche Verpflichtung, bestimmte Wassertiefen zu gewährleisten. Deshalb muss das Baggern ohne Frage fortgesetzt werden. Weiterhin besteht die Verpflichtung, das Baggergut unter Berücksichtigung bestehenden Umweltmaßstäbe und -bestimmungen zu behandeln. Die Strategie kann wie folgt zusammengefasst werden:

Das Baggern im Bereich des Hafens wird im Rahmen eines sorgfältig gelenkten Systems, das ein qualifiziertes Monitoring, das ständig die Wassertiefen und die Baggeraktivitäten überprüft und überwacht, durchgeführt. Die Umlagerung des Baggerguts während der Sommermonate ist nicht zugelassen, weil dieses die gelösten Sauerstoffgehalte im Wasser beeinträchtigt und zum Schutz von empfindlichen Organismen im Wasser vermieden werden muss.

Der größte Teil dieser routinemäßigen Unterhaltungsbaggerungen wird heute von Fremdfirmen durchgeführt, die Laderaumsaugbagger (Hopperbagger) einsetzen.

Kontaminierte Sedimente

Sedimente, die zu stark verunreinigt oder kontaminiert waren, dass sie auf die übliche Weise hätten umgelagert werden können, wurden in der Vergangenheit entweder in Spülfeldern oder in der METHA-Anlage behandelt. Dies hat eine maximale Kapazität von 1.2 bis 1.4 Millionen m³/Jahr. Das Baggergut wird vollständig aus dem Elbe Ästuar entfernt.

Umlagerung von leicht verunreinigtem und unbelastetem Sediment im Fluss

Dank systematischer Verbesserung der Wasserqualität in der Elbe ist ein Teil des Sediments weniger stark kontaminiert als dieses in der Vergangenheit der Fall gewesen ist. Dieses ist vor allem im Bereich des Hafens festzustellen, wo viel frisches Sediment anzutreffen ist. Dieses Material wird im Fluss innerhalb der Staatsgrenzen Hamburgs umgelagert. Die Umlagerungsstelle wurde in Abstimmung mit der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) ausgewählt. Es ist vertraglich geregelt, dass das Baggergut während der Ebbe in der Nähe der Hafengrenzen abgelagert wird, in der Überzeugung, dass es weiter stromabwärts transportiert wird. Dieses wurde erstmals im Jahre 1995 mit relativ geringen Volumenmengen auf experimenteller Basis praktiziert. Weil sich offenbar keine negativen Einflüsse dieser Praxis zeigten, galt es als erwiesen, dass die auf diese Weise umgelagerte Baggergutmenge unbedenklich erhöht werden konnte. Heute liegt jedoch bei der Hafenbehörde die Vermutung nahe, dass die vermehrte Nutzung dieser Entsorgungsoption zumindest teilweise für das erhöhte Baggergutaufkommen verantwortlich zu machen ist. Simulationsmodelle, die durch die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) entwickelt wurden, zeigen, dass ein 'Tidal Pumping Mechanismus' existiert, welcher Ablagerungen von der Ablagerungsstelle im Ästuar stromaufwärts transportiert und diese wieder im Bereich des Hafens abgelagert. Jedoch gibt es viele andere Faktoren, das derzeitige Baggergutaufkommen beeinflusst haben könnten. Mehr Informationen dazu sind im Kapitel 5 zu finden.

Umlagern in der Nordsee

Seit August 2005 gibt es eine weitere Option, Baggergut aus dem Bereich der Norderelbe und Köhlbrand /Süderelbe in der Nordsee in der Nähe der Tonne E3 zu verklappen. Die Regeln dafür sind mit dem Bundesland Schleswig- Holstein vereinbart worden. Die zugelassene Umlagerungsmenge ist über einen Zeitraum von 3 Jahren auf maximal 1.5 Millionen m³ pro Jahr begrenzt. Für die Umlagerung an dieser Stelle gibt es keine saisonbedingten Einschränkungen.

Sandbaggerungen

Im Rahmen der Strategie zur Unterhaltungsbaggerung wird Sand mittels Laderaumsaugbaggern im Ästuar gewonnen und findet als Bausand für die Bauindustrie Verwendung (Dieses Thema wird in Kapitel 3 weiter behandelt). Die gewonnenen Mengen bleiben normalerweise bei der Ermittlung der Umlagerungsmengen unberücksichtigt, aber diese Sandmengen sind bedeutend genug, dass sie im Rahmen der Neukonzeption der Sediment Management Strategien in Betracht gezogen werden sollten. Im Falle, dass eine kommerzielle Nutzung dieser Sandmengen entfiel, würden diese vermutlich in die Unterhaltungsmengen eingehen.

Wasserinjektionsgeräte finden ebenfalls regelmäßig Anwendung, wenn es um die kostengünstige Beseitigung von Unebenheiten im Flussbett geht, die durch die Saugköpfe der Laderaumsaugbagger hinterlassen werden.

Dieses ist jedoch nicht die einzigen Baggeraktivitäten, die im Elbeästuar stattfinden. Andere Behörden sind verantwortlich für den verbleibenden Teil des Ästuars, stromabwärts bis zur Mündung. Die Wasser- und Schifffahrtsämter Hamburg, Brunsbüttel und Cuxhaven führen ebenfalls regelmäßige Baggerarbeiten aus.

2.2 Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg

Das Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg war bis Ende 2004 für die Baggermaßnahmen zwischen km 638,9 und km 689,1 verantwortlich. Die Baggerungen wurden bis dahin ausschließlich vom WSA Hamburg ausgeführt. Das

Gebiet war in 9 Baggerabschnitte unterteilt. Unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren wurde das Baggergut bis 2004 normalerweise im Fluss an der nächstgelegenen Umlagerungsstelle verklappt.

Seit 2004 wird das Baggergut bevorzugt weiter stromabwärts im Ästuar verklappt. Die Hauptverantwortlichkeit des WSA Hamburg liegt nach 2004 bei der Koordination des Einsatzes der Wasserinjektionsgeräte auf der Hauptelbe von Km 638,90 – Km 748,00.

Das Baggerkonzept als Management Strategie ist reaktiv, d.h. es wird nur dann eine Baggerung ausgeführt, wenn sie wirklich notwendig ist. In der Vergangenheit wurden regelmäßig Baggerkampagnen durchgeführt. Diese Praxis wurde aber in den 80er Jahren eingestellt.

2.3 Wasser- und Schifffahrtsamt Cuxhaven

Der Zuständigkeitsbereich des WSA Cuxhaven umfasst die Bundeswasserstraße Elbe von Elbe-km 689,10 bis in die Nordsee. Das WSA-Cuxhaven war vor Ende 2004 zuständig für die Unterhaltungsbaggerungen im Zuständigkeitsbereich. Seit 2004 liegt die Verantwortung im Zusammenhang mit der Unterhaltungsbaggerungen bei der Koordination von Hopperbaggereinsätze, hauptsächlich im Gebiet zwischen Cuxhaven und Medem Grund. Das Baggergut wird im äußeren Ästuar umgelagert. Nur wenige Baggerungen sind im äußeren Ästuar erforderlich.

Sandentnahmen als Bausand für Industrielle Nutzungen fanden in der Außen Elbe (unterhalb der Kugelbake Cuxhaven) statt. Die Mengen beliefen sich in den Jahren 2001 und 2002 auf ca. 3.000.000 m³ wovon etwa 2.200.000 m³ in der westlichen und östlichen Fahrrinne entnommen wurden. Es fanden keine systematischen Sandbaggerungen nördlich statt, da diese durch Erlass des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) untersagt sind.

2.4 Wasser- und Schifffahrtsamt Brunsbüttel

Die Hauptbaggeraktivitäten des WSA Brunsbüttel sind die Unterhaltung der Bereiche im und um den Schleusenzugang zum Nord-Ostsee Kanal. Der größte Anteil der Baggerungen liegt auf der seewärtigen Seite der Schleuse. Diese Baggerarbeiten werden durch Laderaumsaugbagger durchgeführt, die den größten Anteil des Baggergutes etwa bei Elbe-km 700 umlagern.

3. ENTWICKLUNG DER BAGGERAKTIVITÄTEN

3.1 Hamburger Hafen und Delegationsstrecke der Elbe

Dies wurde bereits ausführlich in einem Bericht, der von HPA im Jahre 2005 herausgegeben wurde, beschrieben. Es macht wenig Sinn, hier an dieser Stelle zu wiederholen, was in diesem Bericht und mehreren anderen mir überlassenen Dokumenten dargestellt wurde. In diesem Kapitel will ich versuchen, nur die wesentlichen Punkte zu beschreiben. Die Mengen für die verschiedenen Unterbringungsmethoden sind in Bild 1 für den Zeitraum von 1990 bis heute dargestellt.

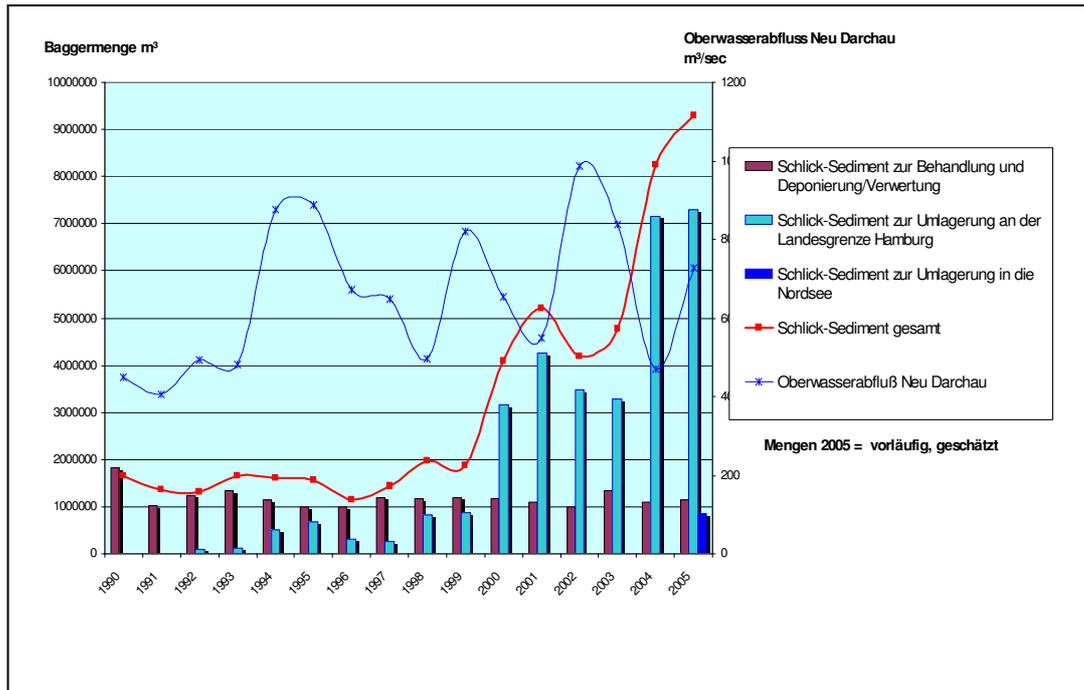


Bild 1: Umlagerungs- und Behandlungsmengen im Zeitraum 1990 bis heute

Basierend auf den durch HPA veröffentlichten Unterlagen und weiteren Daten, die ich während meiner Besuche gesehen habe, sind die Baggergutmengen im Bereich des Hamburger Hafens bis zum Jahre 1999 weitestgehend konstant geblieben und bewegten sich unterhalb 2 Millionen m³/Jahr. Dann stiegen sie steil bis auf 4 Millionen m³/Jahr an. Im Jahr 2005 haben diese Mengen dann beinahe 10 Millionen m³/Jahr erreicht. Bei der näheren Untersuchung der Basisdaten zeigt sich, dass die hohen Mengen für 2004 und 2005 hauptsächlich der Winterperiode 2004/2005 zuzuschreiben sind und hier insbesondere der ersten Hälfte von 2005, für die die Mengen mit ungefähr 6 Millionen m³ ausgewiesen wurde. Die Baggergutmenge im zweiten Halbjahr 2005 war niedriger als die im ersten Halbjahr 2004, was vermuten lässt, dass es sich hierbei um eine vorübergehende Erhöhung handelt. Dieses soll jedoch nicht bedeuten, dass die Mengen im Allgemeinen nicht angestiegen sind. Im Gegenteil, der Trend zur Erhöhung ist eindeutig sichtbar.

3.2 Andere Regionen

Die nachfolgende Tabelle, die vom WSA Hamburg zur Verfügung gestellt wurde (AKN Jahresbericht 2005) fasst die Baggergutmengen [] zusammen, die von den Ämtern, die für den verbleibenden Verlauf des Flusses verantwortlich sind, über die Jahre in Auftrag gegeben wurden. Mengenangaben in Millionen m³.

Tabelle 1: Baggermengen der WSV

	WSA Hamburg (A)	WSA Cuxhaven (B)	Total A+B	WSA Brunsbüttel
1996	4.1	2.6	6.7	7.0
1997	7.0	2.8	9.8	7.1
1998	9.4	2.3	11.7	7.4
1999	1.8*	5.3*	7.1*	6.0
2000	4.4	7.5	11.9	7.0
2001	4.6	5.3	9.9	7.2
2002	3.5	7.4	10.9	6.0
2003	3.9	8.5	12.4	6.1
2004	5.7	4.8	10.5	7.2
2005	4.0	7.2	11.2	7.6

* Baggermengen nur für den Zeitraum 1. Januar bis 15. September

Nach der Vertiefung in den 70er Jahren erhöhte sich der Umfang der Baggerungen im Verantwortungsbereich des WSA Hamburg beträchtlich und die Sedimentablagerungen konzentrierten sich auf kleinere Flächen, was zeigt, dass das derzeitige Strömungsfeld eine größere Heterogenität hat. Nach der neuerlichen Vertiefung in den späten 90er Jahren nahmen die Baggerungen besonders in Untiefenbereichen weiter stromaufwärts, näher zur Hafengrenze gelegen, zu (Brinkmann-Studie durch HPA, Eichweber 1998).

Die aufgelisteten Mengen für den Zeitraum 1996 – 2005 sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Volumina für Brunsbüttel sind nicht in dieser Auswertung enthalten.

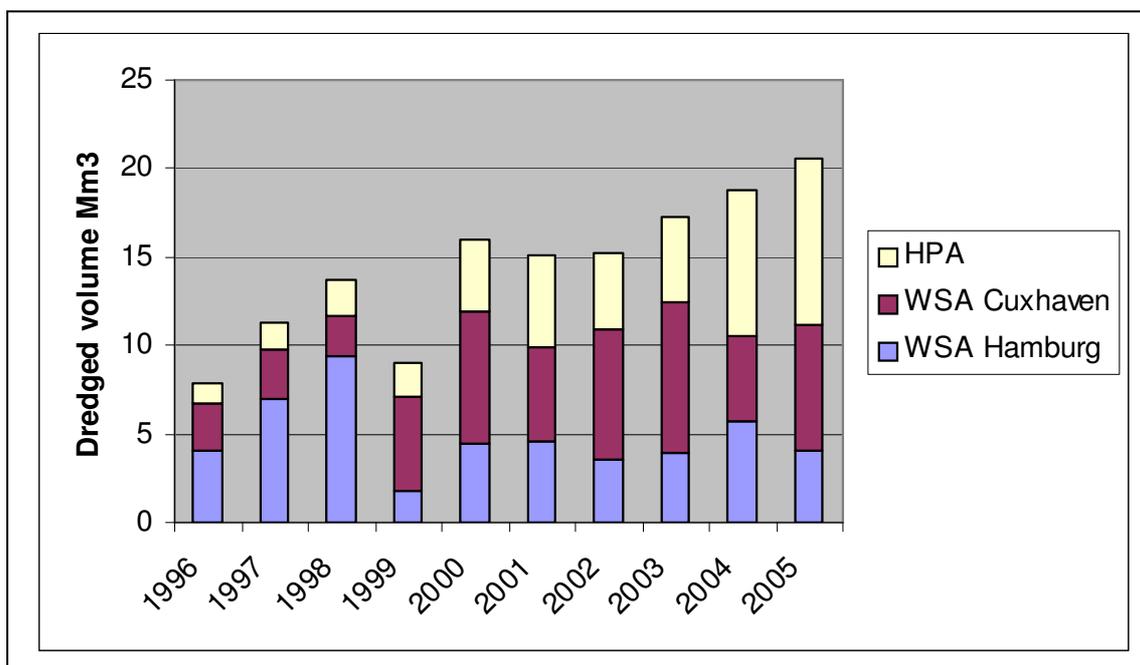


Bild 2: Gesamte Baggermengen von Hamburg (HPA) bis Cuxhaven (WSA Cuxhaven)

Nach einer Periode des Anstiegs in der Zeit von 1996 - 2000, die gänzlich der Steigerung der Baggermengen im Bereich des WSA zuzurechnen sind, stabilisierte sich die Baggerrate bei etwa 15 Mio. m³ bis 2002. In der Zeit 2000 – 2005 reduzierten sich die Baggermengen des WSA Hamburg auf das Niveau von 1996 mit

durchschnittlich 4 Mio. m³. Die Schwankungen bedeuten, dass ein Jahr mit höheren Raten als der Durchschnittswert vorangegangenen Jahr mit niedrigeren Raten als der Durchschnittswert folgt. Der nicht zu verleugnende Trend, der in Abbildung 2 dargestellt ist, zeigt, dass der bedeutende Anstieg der Gesamtbaggermenge in 2004 und 2005 in Gänze dem bedeutenden Anstieg der Baggermenge der HPA zuzurechnen ist.

Die Daten für Brunsbüttel zeigen ziemlich gleich bleibende Baggergutmengen zwischen 6 und 7,4 Millionen m³/Jahr. Die Lage der Zufahrt zum Nord-Ostsee Kanal fällt zusammen mit der Zone der maximalen Trübung. Auf Grund dieser Gegebenheit ist es höchstwahrscheinlich, dass das Baggergut nur eine sehr geringe Dichte aufweist. Die Tatsache, dass das Baggergut im Elbe Ästuar umgelagert wird, bedeutet, dass diese Instandhaltungsaktivität als eigenständiges Sedimenttransportsystem angesehen werden kann, das mehr oder weniger unabhängig von der Gesamtentwicklung im Elbe Ästuar ist. Ich habe die starke Vermutung, dass die von Jahr zu Jahr auftretende Schwankung der Baggergutmengen in Brunsbüttel gleichermaßen abhängig ist vom Umfang der Baggerungen sowie von den tatsächlichen Schwankungen im Schlickaufkommen.

4. VERÄNDERUNGEN IM ELBE ÄSTUAR

Es liegt außerhalb der Möglichkeiten dieses Gutachtens, zu versuchen, alle Veränderungen, die aufgetreten sind, im Detail aufzulisten. Aber es erscheint wichtig, dass man sich, wenn man das Sediment Management Regime der Elbe betrachtet, der Tatsache bewusst wird, dass in den letzten Jahren viele bedeutende Veränderungen eingetreten sind (zusätzlich zu den Vielen, die in den vorangegangenen Jahrzehnten).

4.1 Allgemeines Verhalten von Ästuaren

Ästuare werden durch Gezeiten im Bereich der Küstenmeere und durch die Flussströmung beeinflusst. Diese sind die wesentlichen unabhängigen Variablen. Die Form des Grenzverlaufs des Ästuars ist bestimmt durch die Geomorphologie des Festlandes und durch die Eigenschaften aller angeschwemmten Materialien, die das Flussbett und die Uferstruktur des Flusses formen. Gewöhnlich verändert sich der gesamte Grenzverlauf nur sehr langsam, obwohl schnell örtliche oder kurzfristige Veränderungen auftreten können. Schrittweise Veränderungen finden statt, wenn Feststoffe aus dem Fluss sich ablagern oder umverteilen, jedoch variiert ihre Bedeutung erheblich in den unterschiedlichen Ästuaren. Aus dem Seebereich stammende Sedimente, die durch Gezeitenströme und Wellen aufgewirbelt werden, können in ein Ästuar eindringen, auch wenn sie aus Zonen stammen, die außerhalb des direkten Einflussbereichs des Ästuars liegen. Dort, wo dieses passiert, wird aus dem Zustrom von Sedimenten, die aus dem Seebereich stammen, eine weitere unabhängige Variable, die in jeder Analyse mit zu berücksichtigen ist (McDowell und O'Connor, 1977).

Das Gleichgewicht eines Ästuars kann nur aufrechterhalten werden, wenn Feststoffgehalt, Oberwasserabfluss und Schwebstoffe im Gleichgewicht bleiben. Süßwasser, das einem Ästuar zuläuft, muss – gemittelt über mehrere Wochen – im selben Umfang wieder ablaufen. Regenfälle, Verdunstung und Durchfluss sind an diesem Prozess beteiligt, aber nur in seltenen Fällen tragen sie bedeutend zur Gleichgewichtserhaltung bei, außer in Zeiten sehr geringen Oberwasserabflusses. Wassermengen, die das Ästuar verlassen, vermischen sich irgendwann mit Salzwasser; aber das ist ein schrittweiser Prozess und einen verringerten Salzgehalt kann man noch viele Kilometer

landeinwärts feststellen. Wenn Süßwasser aus dem Ästuar herausläuft, läuft Salzwasser hinein, bedingt durch den Dichteunterschied der beiden Flüssigkeiten.

Sediment neigt im mittleren Abschnitt des Ästuars zu einem Nettotransport landeinwärts, weil die Strömungsgeschwindigkeiten der hereinkommenden Flut stärker sind als die der ablaufenden Ebbe. Diesem Effekt überlagert ist, bedingt durch den Dichteunterschied zwischen Seewasser und Süßwasser, eine landeinwärts gerichtete Netto-Strömung in der Nähe des Flussbettes, die durch eine seewärts gerichtete Netto-Strömung im Bereich der Wasseroberfläche ausgeglichen wird. Dadurch werden feine, in Wasser suspendierte Sedimentpartikel bis zu einem Punkt, an dem Nettotransport gleich Null ist, landeinwärts transportiert. Dieses ist in der Nähe der landeinwärts gelegenen Grenze des Dichtegradienten. Von dieser Stelle an ist das Wasser stromaufwärts überwiegend Süßwasser. Dieser Punkt (normalerweise 'Nullpunkt' oder 'Maximum der Trübungszone' genannt) kann sich unter Umständen beachtlich verschieben, wenn der Fluss große Schwankungen des Oberwasserabflusses aufweist. Im Themse Ästuar, zum Beispiel, verschiebt sich diese Zone um ca. 20 km, bedingt durch normalen Oberwasserabflüssen und sogar mehr unter extremen Verhältnissen. Dieser Effekt bewirkt, vereinfacht ausgedrückt, dass ein hoher Oberwasserabfluss dazu neigt, Sediment aus dem oberen und mittleren Abschnitten des Ästuars in den unteren zu transportieren. Eine längere Periode mit geringem Oberwasserabfluss bewirkt, dass Sediment sich langsam wieder in das Ästuar hineinbewegt. Im Falle der Themse ist der Sedimentrückstrom langsamer als der Abtransport. (HR Wallingford, 1980).

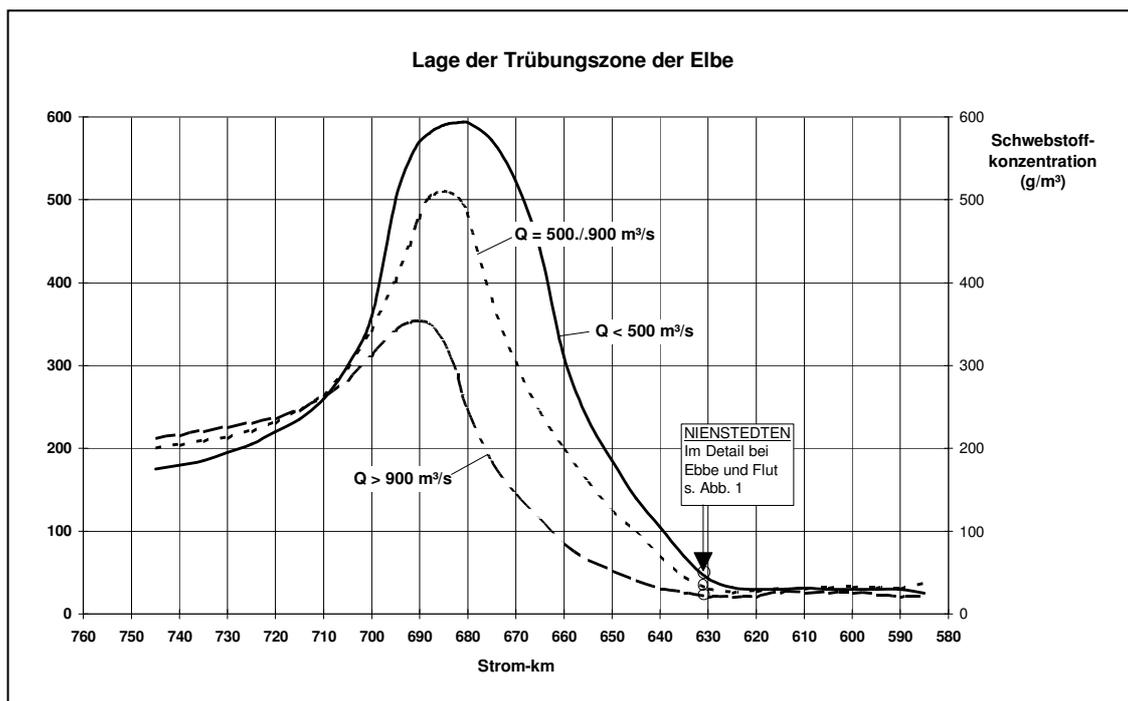


Bild 3: Lage der Trübungszone im Elbeästuar

Die Veränderung des Salzgehaltes in den verschiedenen Abschnitten der Themse ist in Bild 3 dargestellt. Der Salzgehalt erreicht sein Maximum bei Tidehochwasser und sein Minimum bei Tideniedrigwasser an jeder beliebigen Stelle. Die Auswirkungen, die sowohl der Oberwasserabfluss als auch der Gezeitenstrom haben, sind ebenfalls in Bild 4 dargestellt. Die beiden Untersuchungen die 1968 wurden durchgeführt, als der Oberwasserabfluss hoch war. Dagegen war während der Untersuchungen im Jahre

1969 der Oberwasserabfluss gering. Ein hoher Oberwasserfluss schiebt die Zone mit sehr niedrigem Salzgehalt (während Tidehochwasser) flussabwärts bis zur London Bridge, während sich diese Zone bei niedrigem Oberwasserabfluss bis Syon Reach ausdehnt. Der Einfluss eines geringeren Tidehubes in den beiden Jahren 1968 und 1969 war, dass sich der Abstand zwischen dem höchsten und niedrigsten Salzgehalt verringerte. Der Grund dafür ist die verringerte Eindringtiefe der Tide (landeinwärts) bei kleinerem Tidehub.

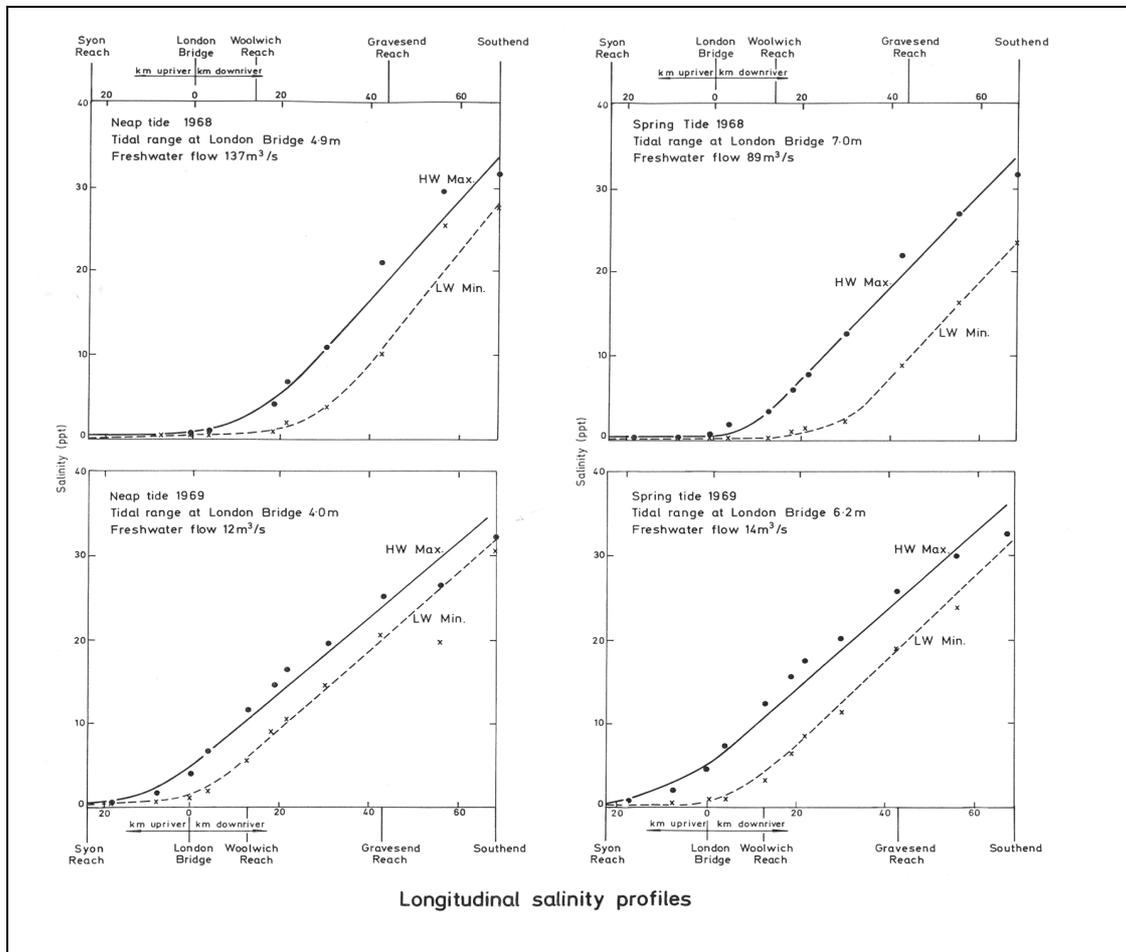


Bild 4: Veränderungen des Salzgehalts im Themse Ästuar

Sediment, das mit dem Wasser transportiert wird, kann in 3 umfassende Kategorien eingeteilt werden:

- Partikel, die fein genug sind, um zeitlich unbegrenzt in Suspension gehalten zu werden (z. B. Ton und Lehm),
- Partikel, die fein genug sind, um mit Leichtigkeit innerhalb der Suspension aufgenommen zu werden und mit dem Wasserstrom in der Suspension transportiert werden können (Schlick und feiner Sand),
- Partikel, die so groß sind, dass sie sich normalerweise durch Rollen entlang des Flussbettes fortbewegen.

Schlick- oder Ton-/Lehmpartikel neigen dazu, zu agglomerieren, was dazu führt, dass sie wesentlich schneller als normal absinken. Der Flockungsprozess tritt verstärkt in Salzwasser auf wenn organische Stoffe vorhanden sind (es ist bekannt, dass dies im Elbe Ästuar ein bedeutender Anteil ist).

In einem Ästuar mit hoher Strömung, wie das bei der Elbe der Fall ist, ist es nicht ungewöhnlich, dass auf dem Flussbett Sanddünen auftreten. Diese können bis zu mehreren Metern hoch sein, sind aber normalerweise in der Größenordnung von 1 bis 2 Metern. Diese Dünen tendieren dazu, sich langsam zu verlagern und können, für den Laien beschrieben, genau so wie Turbulenzen im Wasser als ein Teil des 'Energieabbausystems' angesehen werden.

Es gibt auch andere Prozesse die auf das Sedimentgleichgewicht eines Ästuars Einfluss nehmen, z. B. solche die auf Schlick- oder Sandbänken in den Gezeitenzonen auftreten. Es reicht jedoch aus zu wissen, dass in einem großen Ästuar wie dem der Elbe große Kräfte wirken, und dass das anscheinend stabile System in Wirklichkeit eine Folge des vorherrschenden Kräftegleichgewichts ist. Stört der Mensch das Gleichgewicht dieser Kräfte, dann wird die Natur in kurzer Zeit dafür sorgen, dass sich ein neues Gleichgewicht einstellt.

4.2 Rückbau von Gezeitenzonen

Im Elbe Ästuar ist es über viele Jahre hinweg in großem Maße zu Veränderungen (Landgewinnung und Verlust von Gezeitenzonen) gekommen. Die vielleicht größten Auswirkungen haben die während der 70er Jahre vorgenommenen Baumaßnahmen von Deichen und Wehren, die Nebenflüsse abschnitten haben, sowie Wasserbaumaßnahmen gehabt. Zusätzlich zu diesen Maßnahmen wurden mehrere nicht mehr benötigte Hafenbecken (*Anm. der Übersetzung: in Hamburg*) verfüllt. Dieses ist in Bild 5 gezeigt. Die Veränderungen (*Anm. der Übersetzung: im übrigen Ästuar*) sind in Tabelle 2 aufgelistet.

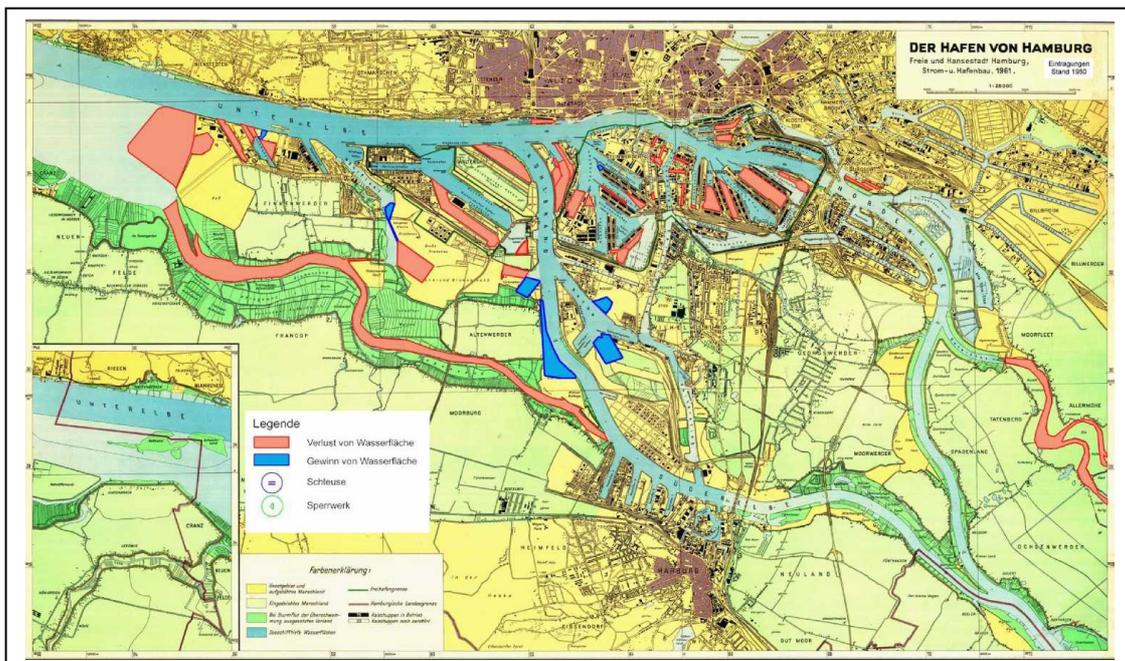


Bild 4: Veränderungen der Wasserflächen seit 1950

Die Hauptveränderungen waren wie folgt:

Rückbau von Gezeitenzonen

In Hamburg:

Verfüllung von Hafengebäuden (größtenteils zwischen 1973 und 2001): 185 ha

Abdämmung von Flüssen und Zuläufen sowie Landgewinnung: 475 ha

Gesamt (1950 - 2005): 660 ha

1951: 127 ha Abdämmung der Dove Elbe durch Bau der Tatenberger Schleuse

1962: 200 ha Abdämmung der Alten Süderelbe als direkte Folge der Sturmflutkatastrophe vom 16. Februar 1962

1999: 148 ha Landgewinnung für das Airbus Firmengelände

Außerhalb Hamburgs: Gesamt: 18.300 ha (zwischen 1950 und 1980)

Abdämmung von Flüssen und Zuläufen (durch Sturmflutbarrieren) und Deichbau nahe dem Elbestrom.

Maßnahme	Teilgröße der Abdämmung in km ²	Bauzeit in Jahren	Gesamtgröße der Abdämmung in ha	Änderung des Sturmflutschreitels bei HH St. Pauli in cm	Anteil von der Gesamtwirkung b. St. Pauli in %
Errichtung des Wehrs Geesthacht ¹⁾	-	1957 - 1960	-	0 bis 5	0 bis 10
Absperrung der Ilmenau (Schließwasserstand: 3,3 mNN)	6.5	1973	650		
Absperrung der Seeve (Schließwasserstand: 3,3 mNN)	5.5	1966	550		
Vordeichung bei Oortkaten	1.6	1963	160		
Vordeichungen Geesthacht bis Billwerder Bucht ¹⁾	-	1963 - 1973	1360	5 bis 10	10 bis 20
Absperrung Dove Elbe ²⁾	1.3	1950 - 1952	130	nicht untersucht	
Absperrung Billwerder Bucht mit Kanälen (Schließwasserstand: 3,5 mNN) ¹⁾	1.7	1963 - 1969	170	0	0
Absperrung alte Süderelbe und neue Deichlinie von Harburg bis Este (Schließwasserstand: 2,8 mNN) ¹⁾	2 ²⁾	1962 - 1967	200 ²⁾	5 bis 15	10 bis 30
Eindeichung Hahnöfer Sand und Absperrung Borstler Binnenelbe	5.6	1973 - 1974	560		
Absperrung Schwinge (Schließwasserstand: 2,2 mNN) und Eindeichung des Bützflether Sandes	11.4	1971	1140		
Absperrung von Pinnau und Krückau (Schließwasserstand: 2,5 mNN) mit Eindeichung des zwischenliegenden Vorlandes	16.5	1969	1650		
Eindeichungen des Hahnöfer Sandes und vor den Schwinge-, Pinnau- und Krückaumündungen ¹⁾	-	1969 - 1974	3350	5 bis 15	10 bis 30
Absperrung von Lühe (Schließwasserstand: 2,0 mNN bis 2,2 mNN) und Stör (Schließwasserstand: 2,5 mNN) ¹⁾	14.0	1967 & 1975	1400	0	0
Eindeichung Haseldorfer Marsch ¹⁾	21.0	1975 - 1977	2100	0 bis 10	0 bis 20
	29.9	1977	2990	0 bis 10	0 bis 20
Absperrung der Oste (Schließwasserstand: 2,0 mNN) ³⁾	?	1968	?	nicht untersucht	
Eindeichung Nordkehdingen ¹⁾	55 ¹⁾ (66,5) ⁴⁾	1971 - 1976	5500 ¹⁾ (6650) ⁴⁾	-10 bis 0	-20 bis 0
Fahrwasservertiefung auf 10 mKN	-	1936 - 1950	-		
Fahrwasservertiefung auf 11 mKN	-	1957 - 1961	-		
Fahrwasservertiefung auf 12 mKN	-	1964 - 1969	-		
Fahrwasservertiefung auf 13,5 mKN	-	1974 - 1978	-		
Fahrwasservertiefungen von 10 mKN auf 13,5 mKN ¹⁾	-	1936 - 1978	-	10 bis 15	20 bis 30
GESAMT - Vergleich 1950 auf 1980 ¹⁾	172 ¹⁾ (183,5) ⁴⁾	1950 - 1980	17200 ¹⁾ (18350) ⁴⁾	50 bis 60	Prozent bezogen auf 50 cm Gesamtwirkung

¹⁾ Siefert, W. & Havnoe, K.: Einfluss von Baumaßnahmen in und an der Tideelbe auf die Höhen hoher Sturmfluten, Die Küste, Heft 47, 1988

²⁾ Recherche: Martin, C. 2005

³⁾ Recherche: Ohle, N. 2006

⁴⁾ Neemann, V.: Ausbau der Unter- und Außenelbe zur Herstellung der Fahrwassertiefe von 13,5 m unter KN, Bericht der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Beweissicherung, 1996

4.3 Vertiefung des Ästuars

Die Vertiefung des Ästuars aus nautischen Gründen wird seit vielen Jahren durchgeführt. In den 70er Jahren wurden bedeutende Veränderungen vorgenommen. Die letzte Veränderung war die Vertiefung, die 1999 durchgeführt wurde.

Die Arbeiten zur Vertiefung des Fahrwassers in der Unterelbe wurden 1999 durchgeführt, gefolgt von den Maßnahmen im Hamburger Hafen, die im wesentlichen mit Laderaumsaugbaggern auf der Südseite und 3 Eimerkettenbaggern auf der Nordseite (der Elbe) ausgeführt wurden. Dabei musste nicht im ganzen Ästuar gebaggert werden, sondern nur an den Stellen, wo das Flussbettniveau höher war als benötigt. In vielen Fällen bedeutete dieses die Abtragung der oberen Spitzen der Unterwasser-Sanddünen.

Die Arbeiten in den Jahren 2001 und 2002 fanden hauptsächlich in der Köhlbrand Region statt. Ein Teil des Baggerguts wurde nach Altenwerder transportiert und ein weiterer Teil durch Laderaumsaugbagger in Schuten verladen. Es wurde berichtet, dass während dieser Baggeraktivitäten die Konzentration der im Wasser schwebenden Feststoffanteile sehr hoch war. Einige Steine beschädigten die Pumpen der Laderaumsaugbagger. Als Folge dieser Aktivitäten ließ sich eine erhöhte Konzentration der im Wasser schwebenden, festen Bestandteile bis zum Ende des Jahres 2003 feststellen.

Zu gleicher Zeit wurde im Rahmen von Investitionsbaggerungen im Vorhafen 2 m ausgebaggert. Die Bagger stießen auf harten Ton/Lehm und Sand. Der Sand wurde für Baumaßnahmen genutzt, so dass die Fläche insgesamt 4 Meter tiefer als notwendig ausgebaggert wurde. Dieses schaffte gleichermaßen Platz für das Ablagern von Baggergut aus anderen Gebieten. Auch diese Maßnahme erhöhte die Konzentration der im Wasser schwebenden festen Bestandteile.

Auch im Waltershofer Hafen wurden Baggerungen durchgeführt. In diesem Fall war der Einsatz eines Eimerkettenbaggers notwendig, um die Wassertiefe um 1,0 bis 1,5m zu erhöhen. Zum Transport des Baggerguts fördert ein Eimerkettenbagger das Baggergut in Schuten, wobei das Beladen der Schuten mit beträchtlichem Überlauf einherging. Das Material aus den Schuten wurde in der Gegend nahe dem Mühlenberger Loch verklappt. Die Methode, mit der das Material eingebracht wurde, hatte zur Folge, dass mit dem Wassers Schwebstoffe zurück in das Ästuar gelangten.

Im Bereich der Süderelbe wurde das Flussbett bis auf –30 Meter gebaggert, um thixotropes Material aus den benachbarten Bereichen unterzubringen. Das Material wurde mittels eines Wasserinjektionsverfahrens (Jetsed) in diese Grube gefördert.

4.4 Arbeiten bei Glückstadt

In den Jahre 1999 bis 2001/2 wurden in Glückstadt Arbeiten durchgeführt, um die Strömung in einem von Untiefen geprägten Bereich zu beeinflussen. Dabei wurde das Niveau der unter Wasser liegenden Sandbänke seitlich des Fahrwassers mit Baggergut aus dem Fahrwasser weiter erhöht. Dieses dort platzierte Material wurde gegen Erosion gesichert, wodurch offenbar die Notwendigkeit für weitere Baggerungen in diesem Bereich eliminiert werden konnte.

4.5 Auswirkungen auf das Tideniveau

Viele der zuvor beschriebenen Maßnahmen haben zu einem schnelleren Wasserabfluss bei Niedrigwasser und einer Absenkung des Niedrigwasserniveaus geführt, was eine tiefere Baggerungen erforderlich macht. Es wurde auch angedeutet, dass dieses ein Faktor für den 'Tidal Pumping Mechanismus' sein könnte, der die Tendenz verstärkt, Sediment stromaufwärts zu verlagern. Der mittlere Tideniedrigwasserpegel ist von 4,28 m im Jahre 1950 bis auf 3,45 m in 2005 gefallen, was einem Absinken von 0,83m entspricht. Im gleichen Zeitraum hat sich der Tidehochwasserpegel von 6,67 m auf 7,11 m um 0,44 m erhöht. Dieses ist im Bild 6 dargestellt.

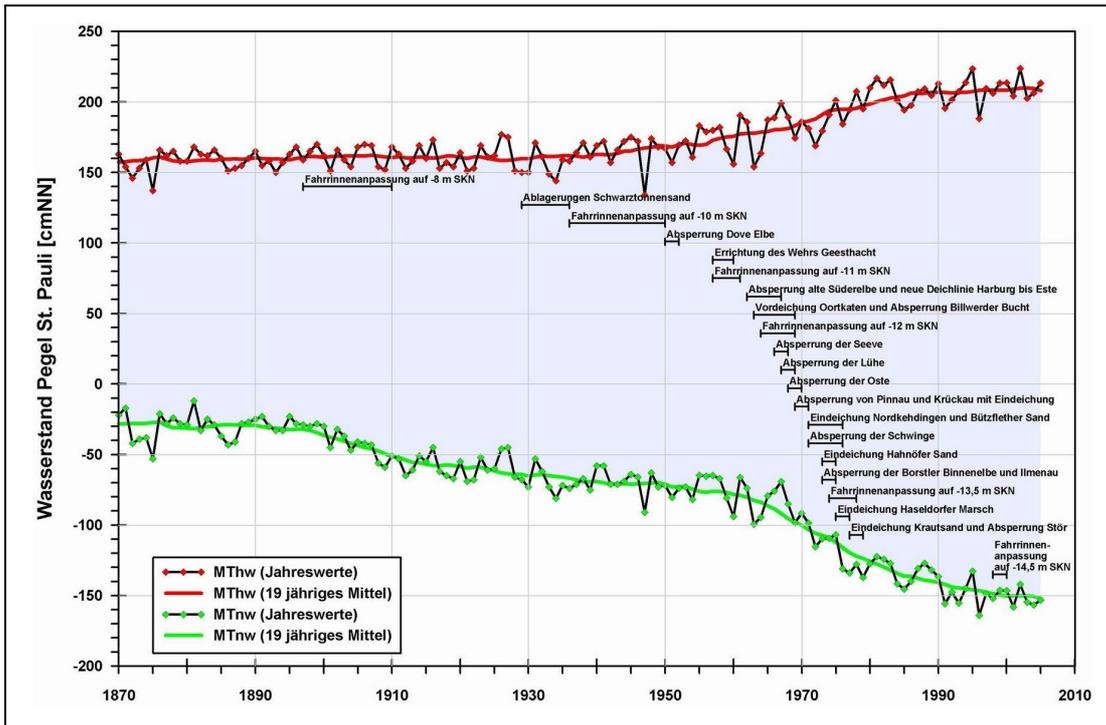


Bild 6: Veränderungen der Hoch- und Niedrigwasserpegel seit 1950 (Pegel St. Pauli)

5. GRÜNDE FÜR DIE ZUNAHME DER BAGGERMENGEN

Im Laufe der Diskussionen habe ich mehr als 10 Faktoren identifiziert, die die anscheinend vorherrschende Verschlickungsrate beeinflusst haben könnten. Einige dieser Faktoren sind von einander abhängig und es ist sehr schwierig diese entsprechend ihrer jeweiligen Bedeutung auf Basis der aktuellen Kenntnisse einzuordnen. Zusammenfassend habe ich die Auffassung gewonnen, dass die sehr hohe Verschlickungsrate in der Periode 2004 bis Mitte 2005 in erster Linie eine temporäre Nachwirkung der jüngsten Investitionsbaggerungen ist. Es gibt aber auch noch auf Grund der Kombination einer Anzahl anderer Faktoren eine zu grundlegende Tendenz zur zunehmenden Verschlickung.

Bevor wir jedoch mit der Diskussion beginnen, scheint es sinnvoll, die Frage zu stellen, warum diese sehr hohe Verschlickungsrate so überraschend war. Mir wurde gesagt, dass vor der letzten Vertiefung Untersuchungen mit einem hydrodynamischen

Computermodell durchgeführt wurden, um die Auswirkungen auf Strömung und Gezeitenpegel zu ermitteln. Jedoch ist im Simulationsmodell der Sedimenttransport noch nicht eingeschlossen, da dieses zum damaligen Zeitpunkt noch nicht entwickelt war. Zur Zeit werden diese Fragen durch die BAW in einem 3D – Sediment-Transport Modell untersucht.

5.1 Temporäre Nachwirkung der Investitionsmaßnahmen

Im vorherigen Kapitel habe ich beschrieben, wie die Maßnahmen zur Investitionsbaggerungen dazu führten, dass große Mengen an Sedimentmaterial über einen langen Zeitraum hinweg ins Wasser resuspendiert wurden und damit wieder zum strömungsbedingten Transport bereitstehen. In ruhigeren Zonen, in denen die Strömung gering oder gleich Null ist, würde dieses jedoch zur Bildung einer bodennahen Wasserschicht mit einer sehr hohen Konzentration an suspendierten Schwebestoffen führen. Falls genügend Turbulenzen vorhanden sind, um diese Schicht in einem fluiden Zustand zu halten, könnte sie über mehrere Jahre bestehen bleiben (Fluid Mud). Da diese Schicht fluid und dichter als das normale Ästuarwasser ist, würde sie sich sowohl unter dem Einfluss hydraulischer als auch physikalischer Strömungsgradienten verschieben. Erfahrungen in anderen Bereichen haben gezeigt, dass sie schon auf einem leichten Gefälle von 1:1000 in Bewegung geraten kann genauso wie auf Grund eines hydraulischen Gradienten. Dies ist zum Teil die Logik hinter der Entwicklung der Wasserinjektionsgeräte. Ist jedoch nicht genügend Gefälle auf der Fläche, wo mit Wasserinjektionsgeräten gearbeitet wird, vorhanden, dann neigt das Material dazu, sich an der tiefsten Stelle abzusetzen, so wie in diesem Fall im Köhlbrand und in der Süderelbe.

HPA hat eine detaillierte Untersuchung der Baggeraktivitäten in dieser Gegend durchgeführt. In dem Zeitraum vor der Unterhaltungsbaggerung im September 2004, wurde die Verschlickungsrate auf 16.000 m³ pro Woche geschätzt. Im Rahmen von Unterhaltungsbaggerungen über einen Zeitraum von knapp 2 Monaten wurden 677.000 m³ entfernt, die jedoch nur einem gemessenen Volumenunterschied von 100.000m³ entsprachen. Mit anderen Worten, es wurde fast 7mal mehr Material gebaggert als theoretisch notwendig gewesen wäre. Eine ähnliche Studie war auf denselben Grundlagen im Zuge der Baggerkampagne im Jahre 2005 durchgeführt worden, dieses Mal jedoch mit einem Faktor von weniger als dem Zweifachen.

Meiner Meinung nach deutet diese Tatsache stark darauf hin, dass der Laderaumsaugbagger im Jahre 2004 beim Versuch, die Sedimentablagerungen zu beseitigen, eine geringfügige Vertiefung im Flussbett verursachte, in die Wasserschichten mit der hohen Sedimentkonzentrationen hineinströmten. Deshalb entfernte der Bagger während der Arbeiten in der Köhlbrandregion in Wirklichkeit die Sedimente einer viel größeren Fläche. Dieses wurde in den Wassertiefenmessungen nicht erfasst, da die amtlichen Messungen mit einem Hochfrequenzechocholot durchgeführt werden. Ein weiterer Faktor ist das bestehende Vergütungssystem, das das Baggerunternehmen dazu anregt, eine möglichst hohe Ladungsdichte zu erzielen..

Die Tatsache, dass sich dieser Vorgang im Jahre 2005 nicht in dem Ausmaß wiederholte, lässt die Vermutung aufkommen, dass sich das Fluid Mud entweder mengenmäßig reduziert hat oder aber konsolidierte. Wenn man allerdings berücksichtigt, dass die Köhlbrandregion heute in größerem Maße Sediment zurückhält (siehe nächsten Abschnitt), ist es wahrscheinlich, dass dieser Mechanismus auch in absehbarer Zeit zu einem gewissen Grad weiter auftritt.

5.2 Sedimentationsvermögen (Sedimentationsgrad)

Vertiefungen des Flussbettes in begrenzten Gebieten – unterhalb des Niedrigwasserniveaus – erhöht die Querschnittsfläche, durch die die Strömung hindurchfließt, ohne dabei das Wasservolumen der Gezeitenströmung zu erhöhen. Dieses verringert die Strömungsgeschwindigkeit in dem gebaggerten Bereich und schafft hydrodynamische Bedingungen, die die Sedimentation von Schwebstoffen begünstigen.

Sediment wird von drei Hauptquellen in den Hafenbereich transportiert:

- Sediment, das vom Flussbett resuspendiert oder während Baggerarbeiten durch Überlaufen dem Fluss zurückgeführt wird
- Sediment, das mit dem Flutstrom transportiert wird (inklusive bereits umgelagerten Materials) (siehe 5.3).
- Sediment, das in der Elbe stromabwärts transportiert wird.

Es liegen keine Messergebnisse für die ersten beiden Quellen vor, aber es ist möglich, die von der Elbe transportierten Mengen abzuschätzen. Messergebnisse der Messstation Schnackenburg (Strom-km 474,5) stehen im Internet zur Verfügung. Die Messergebnisse umfassen die Konzentrationen der im Wasser suspendierten Feststoffe, wobei diese als Gesamtjahres-Sedimentbeladung angegeben werden. Im Zeitraum 1985 bis 2004 variierte die Gesamtbeladung zwischen 320.000 Tonnen (1991 und 2001) und 1,1 Millionen Tonnen (1987). Der Durchschnitt liegt etwas über 500.000 Tonnen pro Jahr. Nimmt man einen Feststoffanteil von 250 kg je Kubikmeter in Situ Sediment an, dann ergibt sich daraus ein geschätztes Durchschnittsvolumen von 2 Millionen m³ pro Jahr mit einem Schwankungsbereich von 1 bis 4 Millionen m³ pro Jahr. Ein erhöhtes Sedimentationsvermögen könnte dafür verantwortlich sein, dass ein höherer Anteil dieses Material sedimentiert als zuvor. Jedoch lässt dieses den tatsächlichen Wasserabfluss während des Zeitraumes, in dem viel gebaggert wurde, unberücksichtigt. Im Abschnitt 5.4 wird die Auswirkung des Wasserabflusses berücksichtigt.

5.3 Tideabhängiger Transportmechanismus (Tidal Pumping)

Das BAW Computermodell beschreibt einen Transportmechanismus, der darin resultieren kann, dass Sediment, das an der HPA Zuständigkeitsgrenze umgelagert wurde, von dort stromaufwärts zurück in den Hafenbereich transportiert wird. Der Mechanismus steht zu einem bestimmten Sedimenttyp, der in den unteren Strömungsschichten verbleibt, in Beziehung. Ich bin überzeugt, dass dieser Mechanismus existiert, aber ich bin weniger davon überzeugt, dass dieser erheblich zur Zunahme der Verschlickung und der Baggerungen beiträgt. Dennoch ist es Tatsache, dass die zunehmende Verschlickung mit dem Anstieg des Baggervolumens, das an dieser Stelle umgelagert wird, zusammenfällt.

Die Frage die hier unbeantwortet bleibt ist die, ob im System eine so signifikante Menge frischen Materials vorhanden ist, um den deutlichen Anstieg des Baggervolumens, sowohl im Gebiet der HPA als auch im gesamten Elbe Ästuar, zu erklären. Der Rücktransport des Materials ist eine Erklärung, aber ich bin nicht davon überzeugt, dass das die ganze Begründung für den Anstieg ist. Bei weitergehenden Untersuchungen sollten die folgenden Faktoren berücksichtigt werden:

- Da das Material nur bei Ebbe umgelagert wird, wird einiges davon zunächst einmal stromabwärts transportiert.

- Das Modell zeigt deutlich, dass sich die sedimentbedingte Trübungswolke, als Ergebnis von Umlagerungen, über ungefähr 40km ausdehnt, bevor sie sich weiter stromaufwärts verlagert wird, und dass das obere Ende den Hafengebiete erst nach mehreren Gezeitenwechseln erreicht. Gleichzeitig breitet sich das untere Ende weiter stromabwärts im Ästuar aus. Die Ausbreitung der sedimentbedingten Trübungswolke in beiden Richtungen wurde auch durch die Ergebnisse der Tracer-Experimente, die im Jahre 1994 ausgeführt wurden, nachgewiesen. Der Tracer bewegte sich nachweislich in beide Richtungen.
- Um die erforderlichen Rücktransportmengen zu erzielen, müsste die Konzentration der im Wasser suspendierten festen Bestandteile deutlich über das normale Maß der Feststoffkonzentration im Ästuar hinaus ansteigen. Es gibt jedoch keine Messdaten, die dieses entweder bestätigen oder ausschließen.
- BAW ist der Überzeugung, dass der Mechanismus durch die Vertiefung des Ästuars und dem besonders niedrigen Wasserablauf im Jahre 2004 nur unwesentlich verstärkt wurde. Jedoch muss er bereits vorher existiert haben, und das, obwohl die umlagerte Menge an der Umlagerungsstelle früher viel geringer war als in 2004/2005. Der Mechanismus als solcher war nicht bekannt als die Entscheidung getroffen wurde Baggergut umzulagern und er war auch nicht maßgeblich der relativ geringen Mengen wegen.
- Dem Modell zufolge existiert der Mechanismus nur dann, wenn der Oberwasserabfluss weniger als $700\text{m}^3/\text{sec}$ beträgt. Wenn der Oberwasserabfluss größer ist, ist der Mechanismus deutlich schwächer. Unter solchen Bedingungen (höherer Oberwasserabfluss) würde ich erwarten, dass ein gewisser Teil der Sedimente aus dem Hafengebiete stromabwärts transportiert wird.

Es ist zu beachten, dass z.Zt. eine interne BAW Untersuchung mit dem Titel „Der Einfluss anthropogener Maßnahmen auf die Transportcharakteristik von Salz und Sedimenten im Elbeästuar – Hintergrund Studie für verschiedene historische Zustände mit einem 3-dimensionalen Modell“ durchgeführt wird. Diese Studie sollte einige wertvolle Einsichten in diesen Mechanismus geben.

5.4 Oberwasserabflussmengen

Während – wie im Kapitel 4 erklärt – geringe Oberwasserabflüsse geringere Sedimentmengen transportieren, ist es als normal anzusehen, dass sich die Sedimente unter solchen Bedingungen im Ästuar stromaufwärts bewegen. Die hohe Verschlickungsrate folgte einem Zeitabschnitt mit besonders niedrigem Oberwasserabfluss. Es ist aber ohne weitere Studien nicht möglich, die Auswirkungen dieses Phänomens zu quantifizieren.

Bild 1 zeigte die durchschnittlichen Oberwasserabflussmengen im Verhältnis zu den Baggermengen. Ein detaillierteres Diagramm der Oberwasserabflüsse ist in Bild 7 dargestellt. Es zeigt deutlich die extrem niedrigen Abflussmengen im Sommer 2003 sowie 2004.

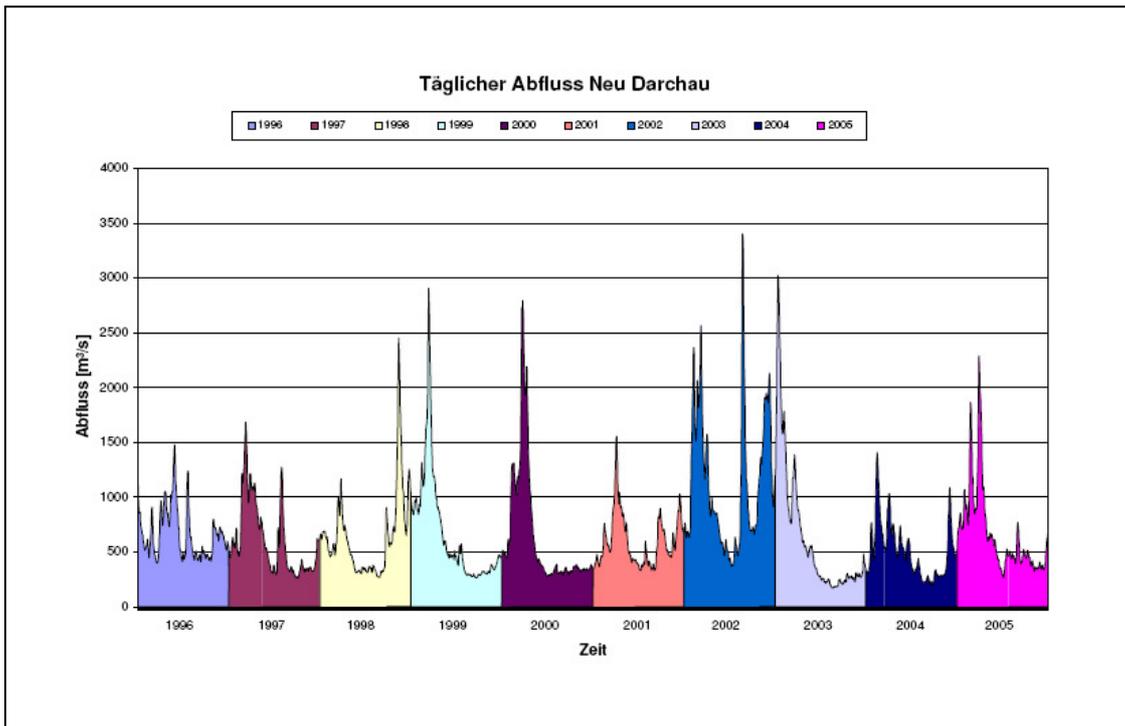


Bild 7: Messungen des Abflussverhaltens in der Elbe seit 1996

5.5 Vergleich von Bagger- und Sedimentationsmengen

In der vorangegangenen Diskussion haben wir überwiegend angenommen, dass die Verschlickungsrate angestiegen ist, und man kann mit großer Sicherheit sagen, dass sie angestiegen ist. Fast alle mir vorgelegten Statistiken betreffen jedoch die Baggermengen. Es ist bekannt, dass ein Nachholbedarf entstanden ist mit einer geschätzten Zuwachsrate von 1 Million m³ pro Jahr. Tatsache ist, dass dieser Nachholbedarf heute noch in einigen, wenn nicht sogar den meisten Gebieten besteht, wo er bereits vorher existierte (z. B. in den Binnenschiffsgebieten).

In der Vergangenheit war das Baggern begrenzt durch die Kapazität der vorhandenen Geräte / Anlagen – sowohl in der Baggerei als auch für die Behandlung des Baggergutes (Spülfelder und METHA). Heute ist die Mehrzahl der Baggergeräte, vornehmlich Laderaumsaugbagger, bei Fremdfirmen unter Vertrag.

Das Baggern wurde auf solche Maßnahmen, die unbedingt notwendig waren, beschränkt. Weiter hat die gegenüber den Reedereien eingegangene Verpflichtung, uneingeschränkten Zugang zum Hafen zu gewährleisten, die Baggerhäufigkeit erhöht. All diese Gründe könnten potentiell den Eindruck zu erwecken, dass die Verschlickungsmengen höher oder niedriger zu sein scheinen als sie tatsächlich sind.

5.6 Sonstige Baggermaßnahmen

Es wurde bereits erwähnt, dass das WSA Hamburg und das WSA Cuxhaven Baggerungen vornehmen und das Material im Ästuar umlagern. Es wurde bestätigt, dass einige dieser Umlagerungen in der Nähe der Bereichsgrenze nahe dem Hafen stattgefunden haben, teilweise während auflaufenden Wasser. Es ist für diese

Untersuchung wichtig, dass das Elbeästuar als ganzes betrachtet wird, bevor eine Strategie für einzelne Abschnitte entwickelt wird.

5.7 Unterwasserleitdamm bei Glückstadt

Die Arbeiten, die im vorigen Kapitel beschrieben wurden, wurden im Jahre 1999 bis 2001/2 ausgeführt, um die Strömung zu beeinflussen. Dieses führte zu einer drastischen Verringerung der Verschlickung und der damit verbundenen notwendigen Baggerungen in diesem Flussbereich. Das heißt, dass das Material, das sich in der Vergangenheit in dieser Gegend absetzte, gegenwärtig ausbleibt. Daher ist anzunehmen, dass die Konzentration der im Wasser gelösten festen Bestandteile höher sein muss, da das Material in beiden Richtungen durch diese Zone hindurch transportiert wird. Dieses würde zu höheren Konzentrationen und verstärkter Verschlickung im weiter oben oder weiter unten liegenden Bereich des Ästuars führen. Es ist nicht möglich, die Auswirkungen ohne ein spezielles Simulationsmodell vorherzusagen.

5.8 Sedimentverlagerung durch den Schiffverkehr

Die Größe und der Tiefgang der Seeschiffe, die den Hafen anfahren, ist angestiegen. Dies führt vermutlich zu einer erhöhten Resuspendierung in der Form sedimentbedingter Trübungswolken hinter dem Schiffsheck. Man könnte nun argumentieren, dass Schiffe, die mit der hereinkommenden Flut den Hafen anfahren, eine Komponente zum Nettotransport stromaufwärts hinzugefügt haben, insbesondere, wenn dies den 'Tidal Pumping' Mechanismus unterstützt.

5.9 Flussbettdestabilisierung aufgrund Baggeraktivitäten

Die Vertiefung und Verbreiterung in einigen Gebieten des Flussbettes im Jahre 1999 könnte örtlich leicht erodierbares Material freigelegt oder Sedimentmaterial durch den Baggerprozess auflockert haben. Dieses könnte wiederum die Sedimentmengen im Ästuar erhöht haben. Hier ist jedoch anzumerken, dass es nicht notwendig war, das Ästuar auf seiner Gesamtlänge zu baggern, sondern nur an den Stellen, an denen es zu seicht war.

5.10 Teilverlagerung von Unterwasser-Sanddünen

Dieser Mechanismus ist dem im vorherigen Abschnitt 5.9 beschriebenen sehr ähnlich. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass die Vertiefung der Fahrrinne die Beseitigung der Kuppen einer Anzahl von Unterwasser-Sanddünen umfasst. Da diese Dünen ein natürliches Merkmal des Elbeästuars sind, wird das System immer wieder dazu neigen, sie zurückzubilden, wobei in diesem Rückbildungsprozess (besonders feine) Sedimentpartikel im Wasser suspendiert werden, während die Unterwasser-Sanddünen wandern.

5.11 Erosion des Medem Grund

Veränderungen finden auch im unteren Teil des Ästuars statt. Die Natur versucht, den Medem Grund zu durchbrechen, um die Hauptabflussrinne nach Norden verlegen. Es wurde erwähnt, dass dieses eine zusätzliche Quelle für Sedimentmaterial sein könnte, das in das Ästuarsystem eintritt. Dem BAW zufolge ist die Entwicklung des Medem

Rinne nicht nur eine Quelle neuen Materials, sie verursacht auch fortlaufend die weitere Absenkung des Niedrigwasserniveaus in Hamburg.

6. BAGGERMANAGEMENT DER HAMBURG PORT AUTHORITY

6.1 Bedarfsgerechte Wassertiefen

Die Soll- und Vertragstiefen, so wie sie für den Schiffsverkehr freigegeben werden, werden vom Hafenmeister vorgegeben und es wird vorausgesetzt, dass sie mit internationalen Richtlinien wie z.B. die der PIANC von 1997 übereinstimmen. Die Wassertiefen sind nicht verhandelbar und das Baggermanagement ist dafür verantwortlich, diese Wassertiefen jederzeit bereitzustellen.

Unter Berücksichtigung der praktischen Durchführbarkeit der Baggeraktivitäten und um einen Puffer für Sedimentation zu schaffen, ist Baggern über die notwendige Tiefe hinaus bis zu einer gewissen Grenze zulässig. In der Regel ist diese auf 0,5 m festgelegt. Baggerarbeiten innerhalb dieser Toleranzgrenze werden voll vergütet. Zusätzliche Baggerarbeiten werden nicht bezahlt, sofern diese nicht anderweitig vereinbart wurden.

6.2 Das Baggerkonzept

Eine detaillierte Beschreibung aller Entwicklungen, die zur heutigen Baggerstrategie geführt haben, findet sich im HPA Bericht (2005).

Die Baggermanagementstrategie hat sich im Laufe der Jahre aufgrund einer Anzahl von Faktoren verändert:

- Kontinuierliche Versuche zur Kostenreduktion
- Veränderte Mengen und Verteilung der erforderlichen Baggerungen
- Kontinuierliche Verbesserungen in der Baggertechnologie
- Kontinuierliche Verbesserungen in der Überwachungstechnik
- Lernen aufgrund von Erfahrungen

Es gibt außerdem eine Anzahl von Einschränkungen, die die Art und Weise wie gebaggert wird einschränken. Diese sind:

- Das Baggergutvolumen, das die METHA Anlage annehmen kann
- Die Manövrierbarkeit der Bagger je nach Typ und Größen
- Die Fähigkeit unterschiedlicher Geräte / Anlagen unterschiedliche Materialien effizienter zu verarbeiten

Das Baggerprogramm wird ständig revidiert und ist darauf ausgelegt, flexibel auf die kurz- und langfristig erforderlichen Unterhaltsbaggerungen zu reagieren.

Ein Großteil der Baggerarbeiten wird heutzutage an Fremdfirmen vergeben. Dazu finden jährlich Ausschreibungen statt. Die Ausschreibungsunterlagen werden von HPA, nach Überprüfung der Wassertiefenkarten und einer Abschätzung der Materialmengen, die während des folgenden Jahres zu baggern sind, erstellt. HPA führt Berechnungen durch, um die Größe der erforderlichen Laderaumsaugbagger, unter der Annahme, dass diese fast rund um die Uhr eingesetzt werden, zu schätzen. Die Unternehmen,

die an der Ausschreibung teilnehmen, erhalten Angaben über die erwartete Jahresgesamtmenge, aber sie erhalten keine genauen Angaben, wo die Baggerungen notwendig sind. Sie werden aufgefordert, Bagger in der entsprechenden Größe bereitzustellen.

6.3 Preisanpassungsfaktor

HPA berücksichtigt die verschiedenen Arbeitsbedingungen (Sedimentart, Entfernung zur Umlagerungsstelle, usw.). Der Anbieter gibt ein Angebot für jede seitens HPA spezifizierte Baggerstelle ab. Abgerechnet wird nach tatsächlich gebaggerten Menge mit einem Bonus für Material mit hoher Dichte und Abzügen für Ladungen mit geringer Dichte.

Der Preisanpassungsfaktor ist spezifisch für jede Baggerstelle und den jeweiligen Bagger. Er wird ermittelt mittels Kalibrierung vor Ort, indem die Baggervolumina, die vor Ort mittels Peilung gemessen werden, mit tatsächlichen Dichtemessungen im Hopper verglichen werden.

6.4 Baggerausrüstung

Das oben beschriebene Vorgehen führt normalerweise zu der Bereitstellung eines Laderaumsaugbaggers mit einer Kapazität zwischen 2.500 m³ und 3.000 m³. Dieses ist eine ökonomische Größe mit einer entsprechenden Manövrierfähigkeit für den Großteil der Arbeiten.

Seit es notwendig wurde, einen Teil des Baggerguts in der Nordsee umzulagern, kann eine höhere Wirtschaftlichkeit erzielt werden, indem größere Laderaumsaugbagger mit einer Kapazität zwischen 8.000 m³ und 10.000 m³ eingesetzt werden. Dieses wird auf Basis eines separaten Vertrages ausgeführt, wobei der Bagger nur innerhalb der Stromelbe, nicht aber in den Hafenbecken eingesetzt wird.

Der Hafen besitzt nach wie vor 2 Eimerkettenbagger und setzt diese auch ein. Diese sind notwendig, um einerseits härteres Bodenmaterial und andererseits entlang der Kaimauern zu baggern, wo der Einsatz eines Laderaumsaugbaggers schwierig wäre. Die Eimerkettenbagger werden auch für mit Öl kontaminiertes Baggergut eingesetzt, das nicht in die METHA Anlage gepumpt werden kann, weil es dort die Filtertücher (in der Entwässerung) zusetzen würde. Der Hafen besitzt zwei Bagger, obwohl einer allein genügend Kapazität für die anfallenden Baggararbeiten hat. Der Grund für die Beibehaltung beider Bagger ist, dass einige der Hafenbecken zu klein für den größeren Bagger und andere Flächen wiederum zu tief für den kleinen Bagger sind. Um Kosten zu sparen, beschäftigt der Hafen aber nur eine Mannschaft, die in der Lage ist, beide Bagger, wenn auch nicht gleichzeitig, zu bedienen.

Sollte keiner der beiden Eimerkettenbagger für Unterhaltsbaggerungen gebraucht werden, setzt man sie für Investitionsbaggerungen ein. Auf diese Weise ist die Mannschaft nicht ohne Arbeit.

Der Hafen benutzt auch Wasserinjektionsgeräte, um Riffel zu beseitigen, die der Laderaumsaugbagger hinterlässt. Dieses ist wirtschaftlicher und zweckmäßiger, als sie mit dem Laderaumsaugbagger selbst zu beseitigen.

6.5 Überwachung

Eine große Veränderung ist bei der Überwachung eingetreten, wo man anstatt einer an Bord mitfahrenden Aufsicht zu einem 'stillen Inspektor' übergegangen ist. Die Bereitstellung von Personal sehr kostspielig, wenn die Bagger täglich im Dreischichtbetrieb kontinuierlich im Einsatz sind. Deshalb werden die Daten heute per Funk direkt von den Schiffsinstrumenten an eine zentrale Überwachungsstation übertragen. Dadurch ist der Hafen genau über die Position und das Ladevolumen eines jeden Baggers informiert. Insbesondere wird das Niveau des Saugkopfes überwacht, sodass der Hafen unnötiges Baggern über die Vertragstiefen hinaus vermeiden kann.

Dieses Überwachungssystem ist nun auch beim WSA Hamburg sowie bei den HPA Vertragsfirmen installiert.

6.6 Ausführung der Baggerungen – intern oder extern

HPA hat diese Frage sorgfältig abgewogen. Mit solch einer regulären Verpflichtung für jährliche umfangreiche Baggerarbeiten mag es auf den ersten Blick sinnvoll erscheinen, eine interne Lösung zu erwägen, bei der der Hafen einen oder mehrere speziell gebaute Bagger anschaffen würde, die diese Arbeit verrichten. Einer der Hauptgründe, dieses nicht zu tun, ist die Frage der Kapazität.

Um wirtschaftlich zu sein, müsste der Hafen einen Bagger in geeigneter Größe aussuchen, der an der Grenze seiner maximalen Kapazität arbeiten würde. Falls dann, so wie in Hamburg geschehen, das Volumen ansteigt, ist der Bagger für diese Aufgabe nicht mehr ausreichend. Die Bereitstellung von Überkapazität ist teuer und schwer zu rechtfertigen. Eine große Vertragsfirma hat normalerweise genügend Geräte zur Verfügung, um bei Bedarf kurzfristig weitere Bagger anzufordern, sollte ein Bagger ausfallen oder stärkere Sedimentation auftreten (z.B. nach einem Sturm).

Ein weiterer Grund, der gegen eine interne Lösung spricht, ist, dass die Mannschaft eines Baggers einer Fremdfirma weitreichende Erfahrungen mit Baggerarbeiten hat, während die Erfahrung einer intern beschäftigten Mannschaft beschränkt ist auf die spezielle Situation.

Ein letztes Argument ist, dass nur wenig Flexibilität in den Lohnsätzen für internes Personal vorhanden ist, während eine Fremdfirma in der Lage ist, marktübliche Löhne für entsprechend qualifiziertes und erfahrenes Personal zu bezahlen.

6.7 Kommentare zum Baggerkonzept

Es gibt immer einen Spielraum, in dem die Effizienz eines Baggerbetriebes verbessert werden kann, aber es ist meine feste Überzeugung, dass gegenwärtig nur mit dem großen Aufwand einer detaillierten Studie der Bagger- und Sedimentationsdaten, sowie der alten Verträge, ein kleiner prozentualer Nutzen erzielt werden könnte. Es ist von größerem Vorteil, ein besseres Verständnis des Sedimenttransportprozesses im Ästuarsystem der Elbe zu bekommen, und dadurch den Umfang der notwendigen Baggerungen zu reduzieren, und eine Sedimentmanagementstrategie zu entwickeln, die nicht nur HPA, sondern auch dem WSA Hamburg und möglicherweise dem WSA Cuxhaven nützen könnte.

Meiner Ansicht nach sind diejenigen, die für das Management der HPA Baggeraktivitäten verantwortlich sind, sich der ihnen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten zur Kostenkontrolle bewusst. Sie haben dahinein investiert und setzen dieses Wissen zum vollen Nutzen für den Hafen ein, während sie ihre gesetzlichen Verpflichtungen gegenüber der Schifffahrt innerhalb der Rahmenbedingungen der Umweltgesetze wahrzunehmen versuchen.

Die erlassenen Vertrags- und Überwachungsvorschriften lassen sehr wenig Raum für Fehlverhalten der Baggervertragsfirmen, im Gegenteil, sie werden für gute Arbeit entsprechend belohnt.

Dadurch, dass die Kontrolle der Baggerarbeiten bei HPA verbleibt – anstatt dem Vertragsunternehmen die Freiheit einzuräumen, die Vertragstiefen beliebig zu erreichen, übernimmt HPA einen hohen Grad an Verantwortung. Mit anderen Worten, die Fremdfirma wird für das Baggergutvolumen und nicht für das Ergebnis dieser Baggerarbeiten bezahlt. Damit ein solches Arrangement funktioniert, muss die Verantwortlichkeit, jetzt und auch in der Zukunft, in den Händen des kompetenten, erfahrenen HPA Managements, das die Technologie und die Praxis der Flussbaggerungen versteht, verbleiben.

Der jüngste dramatische Anstieg des Baggergutvolumen und damit der Baggerkosten liegt im Grossen und Ganzen außerhalb der Kontrolle der für das Management dieser Baggeraktivitäten verantwortlichen Mitarbeiter. Die möglichen Gründe für den Anstieg sind an anderer Stelle in meinem Bericht beschrieben. Die größte Hoffnung für eine Kostenreduzierung liegt in einem besseren Verständnis der Sedimenttransportprozesse im gesamten Ästuarsystem. In dem Zusammenhang könnten folgende Maßnahmen erwogen werden, z.B.:

- Den Einsatz von Schlickfallen
- Die Reihenfolge, in der bestimmte Flächen gebaggert werden
- Die genaue Umlagerungsstelle und der genaue Zeitpunkt der Verklappung im Ästuar.

Sollten solche Strategien jedoch ohne ausreichendes Verständnis der möglichen Konsequenzen eingesetzt werden, könnten sie letztendlich zu einer geringeren Baggerungseffizienz führen.

7. AUSWIRKUNGEN AUF DAS SEDIMENT MANAGEMENT

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen der vorherigen Diskussion auf das zukünftige Sedimentmanagementkonzept abgewogen.

7.1 Kontaminiertes Sediment

Dieses ist ein abnehmendes Problem aufgrund der sich ständig verbessernden Wasserqualitätsmaßstäbe. Diese unterliegen jedoch nicht alle der deutschen Kontrolle, da vermutlich auch kontaminierte Abwässer aus anderen Ländern in den Einzugsbereich des Flusses gelangen. Eine langfristige Lösung liegt deutlich bis zu einem gewissen Grade auf politischer Ebene, da versucht werden sollte, die Verunreinigung an seinem Ursprung zu kontrollieren.

7.2 Nicht kontaminiertes oder leicht kontaminiertes Sediment

Ich bin ziemlich davon überzeugt, dass sich herausstellen wird, dass die hohen Sedimentationsraten vorübergehender Natur sind und zum größten Teil durch die Störungen aufgrund der Investitionsbaggerungen hervorgerufen wurden.

Untersucht man das Ästuar als Gesamtsystem, ohne dabei politische Grenzen zu beachten, dann deuten die Fakten darauf hin, dass es sich hier mehr um eine Umverteilung als um einen Anstieg der Sedimentationsraten handelt. Die Wechselwirkung im Bereich der Gebietsgrenze der HPA mit dem WSA Hamburg zeigt dieses besonders deutlich. Falls die Rückführung, bedingt durch das 'Tidal Pumping', teilweise für den Anstieg verantwortlich ist, dann ist auch die Verfahrensweise des WSA, 3 Millionen m³ im oberen Teil des Ästuars, unweit von der Gebietsgrenze, umzulagern, mit darin verwickelt ist.

7.3 Umlagerung innerhalb des Ästuars

Es wäre verfrüht, die Möglichkeit der Umlagerung von Baggergut im Ästuar komplett zu verwerfen. Die komplette Entfernung aus dem Ästuar ist nicht unbedingt die beste Lösung, insbesondere, weil sie wegen der Entfernungen, die vom Bagger zurückgelegt werden muss, mit hohen Kosten verbunden ist. Ist es möglicherweise preisgünstiger, das gleiche Material z.B. zweimal pro Jahr zu baggern, als es einmal zu baggern und aus dem Ästuarsystem vollständig zu entfernen? Das führt zu der Frage, ob es wirklich das gleiche Material ist oder ob es in der Tat nur ein Teil des gleichen Materials ist, das wiederum Teil einer viel größeren Materialquelle ist, die entweder innerhalb des Ästuars oder sogar außerhalb, in der Küstenregion liegt. Mit anderen Worten gesagt lautet die Frage die zu untersuchen ist: „Was wird die langfristige Folge sein, wenn kontinuierlich Sediment aus dem System über einen großen Zeitraum hinweg entnommen wird?“

7.4 Morphologische Gestaltung des Ästuars

Im Fall der Elbe wird ein Projekt vorgeschlagen, in dessen Rahmen Untersedimentdepots für überschüssiges Sediment nahe der Mündung des Ästuars angelegt werden. Das Ziel ist, die Gezeitenströmung im Ästuar einzuschränken, indem man den Mündungsbereich verengt. Ergänzt werden sollen diese Ideen dadurch, dass Flächen, möglichst nah bei Hamburg, geöffnet werden, die im Moment noch von der Gezeitenströmung ausgeschlossen sind. Es besteht die Hoffnung, dass der Kombinationseffekt eine Erhöhung des Niedrigwasserstands und eine Verringerung des Hochwasserstands bewirken wird.

Das Konzept zur Wiederherstellung des Gezeitenvolumens ist gerechtfertigt und sollte als Ergebnis eine Verzögerung des Ebbstroms und damit ein Ansteigen des Niedrigwasserstands bewirken. Diese Maßnahme würde das Ästuar sogar wieder in einen natürlicheren Zustand zurückversetzen.

Das Konzept zur Verringerung der Gezeitenströmung ist schwierig zu beurteilen. Wasserbauvorhaben im Bereich der Mündung eines Ästuars waren nicht immer erfolgreich. Im Fall des Flusses ‚Ribble‘ an der Westküste Englands hat die Kanalisierung der Fahrrinne bis in den äußeren Bereich des Ästuars hinaus die Ablagerung von Sediment an beiden Seiten des Kanals begünstigt und einen Wall, unweit der Stelle wo die Kanalisierung endet, geformt. Es wird allgemein

angenommen, dass im Fall der Elbe eine etwas erhöhte Sedimentation in der von den Gezeiten beeinflussten Fläche auf der rechten Seite der Mündung nützlich sein würde, aber es ist möglich, dass die Sedimentationsrate höher wäre als erwartet und kommerziell genutzte Gebiete für den Krabbenfang dabei verloren gehen könnten.

Während Studien zur Flutbarriere im Themse Ästuar fand man heraus, dass ein Blockierungsfaktor von mehr als 60% im Querschnitt benötigt würde, um die Gezeitenströmung in der Größenordnung von etwa 2 Metern zu dämpfen. Daraus lässt sich logisch ableiten, dass diese Barriere, um effektiv zu sein, auch einen steilen Anstieg im hydraulischen Strömungsgradienten hervorrufen würde, der an bestimmten Stellen hohe Strömungsgeschwindigkeiten verursachen würde. Diese würden im Gegenzug Erosion auslösen, bis die Strömung im Querschnitt mehr oder weniger vergleichbar der jetzigen wäre, wodurch die Gezeitenströmung nicht mehr maßgeblich gedämpft würde. Eine Maßnahme dieser Art wurde in der Themse nicht durchgeführt: Die Behörden zogen ein bewegliches Sperrwerk vor.

Untersuchungen an einem Computermodell für das Loire Ästuar in Frankreich haben gezeigt, dass mit im großen Ausmaß angelegten Maßnahmen zur Beeinflussung der Strömung über beachtliche Länge des Ästuars (Dutzenden von Kilometern) der Tidehub stromaufwärts reduziert werden kann.

Dieses ist ein sehr interessante Annäherung an das Problem, die man sicher nicht ausschließen sollte, aber ich würde dennoch empfehlen, ein umfassendes Computermodell zu entwickeln, um damit eine Hypothese über die Auswirkungen aufzustellen, bevor man sich abschließend für diese Option entscheidet. Ich würde außerdem vorschlagen, die Maßnahmen vorsichtig anzugehen, vielleicht mit einer kleinen Modifikation anzufangen und die Auswirkungen zu überwachen.

7.5 Kommentare zur Morphologie bei der Umlagerung in der Nordsee

Die Auswirkungen der Sedimentumlagerung bei Tonne E3 sind untersucht worden, bevor die Genehmigung für einen Versuch gegeben wurde. Danach wurden Messungen von HPA und Dredging Research Ltd. (UK) im September und Oktober 2005 gemeinsam durchgeführt. Die Ziele waren:

- Messung des kurzfristigen Sedimenttransports, der während des Umlagerungsvorgangs auftritt
- Untersuchung der Randbedingungen
- Erfassung der Resuspendierung von umgelagertem Material

Das Kurzzeitverhalten der Trübungswolke verhielt sich wie erwartet: der größte Teil des Sediments erreichte innerhalb von Sekunden nach Öffnung der Ladeklappen den Meeresboden. Der obere Teil der Wassersäule – abseits der Umlagerungsstelle - wurde nicht durch Sediment aus den Umlagerungsvorgängen beeinflusst. Die Trübungswolke blieb jedoch bis zum Gezeitenwechsel im unteren Teil der Wassersäule ‚sichtbar‘. Als sich die Strömung beruhigte, setzte sich das Sediment am Meeresboden ab. Die verbleibende Konzentration der suspendierten Bestandteile lag mit ungefähr 1 – 10 mg/l über dem Hintergrundwert, obwohl es Zweifel darüber gibt, wie die normalen Hintergrundwerte sind, weil nicht genügend Langzeitmessdaten vorhanden sind.

Die Untersuchung stellt abschließend fest:

- Der größte Teil des Sediments sinkt sehr schnell in die Zone nahe dem Meeresboden ab
- Nach 1 – 1,5 Stunden wird das Abklingen der Trübungswolke, hauptsächlich durch die Strömungsgeschwindigkeit (Turbulenzen) bestimmt
- Mit dem Gezeitenwechsel setzt sich das Sediment auf dem Grund ab
- Mit Ansteigen der Strömungsgeschwindigkeit wird ein Teil des abgelagerten Sediments im unteren Teil der Wassersäule resuspendiert
- Die betroffene Gesamtfläche könnte etwas größer sein als die kurzfristig betroffene Fläche (allerdings mit sehr geringen Konzentrationen), weil sich der Zyklus von Ablagerung und Resuspendierung wiederholt
- Weitere Untersuchungen dieser Art, wie sie bereits gemeinsam von Dredging Research Ltd and HPA durchgeführt wurden, sind notwendig, um Randbedingungen und langfristige Verdriftung zu untersuchen. Einige Grundlagenforschungen bzgl. resuspendiertem Sediment in der Deutschen Bucht sind vorhanden. Puls et al (1997).

Auf dieser Basis wurde beschlossen, dass die Umlagerung des Sediments an dieser Stelle zumindest für einen beschränkten Zeitraum möglich ist.

Es ist geplant, im März 2006 800.000 m³ an dieser Stelle umzulagern, gefolgt von einer ähnlichen Menge im Herbst. Eine Genehmigung für weitere Mengen bis zum Jahr 2008 wurde, unter der Voraussetzung zufrieden stellender Monitoringergebnisse, bereits erteilt, aber es gibt keine Garantien für die Zeit danach. Die genehmigte Gesamtmenge liegt bei 4,5 Millionen m³.

8. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

8.1 Allgemeines

Den Anstoß zu diesem Gutachten gab das deutlich angestiegene Volumen bei den ausgeführten Unterhaltungsbaggerungen.

Ich habe die vorhandenen Daten und Berichte geprüft und bin zu dem Schluss gekommen, dass der Anstieg bis 2005 wahrscheinlich nicht durch einen einzigen Faktor, sondern durch mehrere, gleichzeitig vorhandene, interagierende Faktoren ausgelöst wurde. Die bedeutendsten sind wahrscheinlich folgende:

- Temporäre Nachwirkungen der Investitionsbaggerungen
- Zeiträume mit besonders niedrigem Oberwasserabfluss;
- Verstärkter Nettostromtransport stromaufwärts ('Tidal Pumping');
- Erhöhtes Sedimentationsvermögen bedingt durch Baggerungen, insbesondere im Köhlbrand;
- Rückstände von lockerem Material nach Investitionsbaggerungen.

Es gibt Anzeichen dafür, dass die Baggerhäufigkeit in 2006 wieder abnimmt. Drei mögliche Gründe sind nahe liegend:

- Dieses könnte eine unmittelbare Reaktion auf die Umlagerung von Baggergut in der Nordsee sein, anstatt der Umlagerung innerhalb des Elbe Ästuars. Ob das die wirtschaftlichste Lösung ist, bleibt bisher eine unbeantwortete Frage.

- Es könnte auch einfach die Folge sein, dass das Ästuar nach einer Periode von Eingriffen nun 'zur Ruhe' kommt.
- Die dritte Möglichkeit ist der Anstieg des Oberwasserabflusses der Elbe.

Ich möchte hervorheben, dass dieser Bericht in seiner Art einen Überblick darstellt, der die bisher geleistete Arbeit Anderer und Informationen, die von HPA bereitgestellt wurden, unter Berücksichtigung meiner Erfahrung mit anderen Ästuaren und mit Sedimentation und Baggerarbeiten im Allgemeinen interpretiert. Nach ernsthafter Abwägung bin ich zu der Ansicht gekommen, dass weitere Untersuchungen angestellt werden müssen, bevor irgendwelche endgültigen Entscheidungen über eine langfristige Strategie getroffen werden. Einige Untersuchungen sind in der Tat bereits im Gange.

8.2 Modell-Simulation

Die BAW ist technisch bereits weit fortgeschritten mit der Entwicklung eines 3- dimensional Computermodells für komplexe Systeme, insbesondere für das Elbe Ästuar. Ich sehe dieses Modell als wichtiges Instrument an bei der Entscheidungsfindung für bedeutende Projekte und für das Sedimentmanagement. Im Zuge der weiteren Entwicklungen, die das WSA Hamburg, WSA Cuxhaven und HPA planen, ist es äußerst wichtig, dass diese zusammen, und nicht unabhängig voneinander betrachtet werden.

Das Sedimenttransportsystem in der Elbe ist sehr komplex, und um die Zuverlässigkeit des Modells zu überprüfen, wird dringend empfohlen, einige der Entwicklungen, die stattgefunden haben, mit Modellen nachzustellen, sodass die Vorhersagen mit den tatsächlichen Ergebnissen verglichen werden können. Die interne Studie des BAW geht einige dieser Probleme an und sollte unterstützt werden. Beispiele wären die Veränderungen bei Glückstadt. Ein wesentliches Problem hierbei ist, dass sich einige der Entwicklungen zeitlich überlappen und das Ästuar sich nicht an eine Veränderung anpassen konnte, bevor die nächste einsetzte.

Die spezielle Art, wie dieses Modell betrieben wird, ist sehr zeitraubend. Es werden zurzeit Möglichkeiten erwogen, die Laufzeiten zu verkürzen, und dieses somit zu einem flexibleren Instrument zu machen. Andere, weniger detaillierte Modelle können benutzt werden, um das allgemeine Sedimenttransportverhalten zu studieren und das Wissen über Sedimenttransportvorgänge im gesamten Ästuar zu verbessern.

8.3 Datenerhebung

Um das Modell weiter zu entwickeln und zu kalibrieren, insbesondere im Hinblick auf den Sedimenttransport, müssen zuverlässige Messdaten zusammengetragen werden. Man sollte erwägen, ein Mitarbeiterteam zusammenzustellen, das verantwortlich dafür wäre, eine umfassende Auswahl an Messdaten zu sammeln und auszuwerten.

Eine Anzahl von Überwachungsstationen, die die Konzentration von suspendierten Schwebstoffen messen, würden sehr wertvolle Ergebnisse liefern. Diese sollten, sagen wir, etwa alle 15 Minuten Messungen aufzeichnen in verschiedenen Wassertiefen, inklusive dicht am Boden, für einen Mindestzeitraum von einem Jahr.

Eine Kampagne sollte durchgeführt werden, in der Sedimentströme mit ADCP Messungen erfasst werden, um den Sedimenttransport unter einer Anzahl von

Strömungsbedingungen zu beschreiben. Eine ähnliche Studie wird momentan im Themse Ästuar in England durchgeführt.

Reguläre, bathymetrische Überwachungen sollten mittels Doppelfrequenzecholot durchgeführt werden, um die bodennah die Bedingungen zu beobachten und zu identifizieren, unter denen sich Fluid Mud bildet. Der Einsatz dieser Geräte bei den nächsten routinemäßigen Baggerungen in der Köhlbrandregion wäre hilfreich. Dieses wird Aufschluss darüber geben, inwieweit Fluid Mud im Sedimentationsprozess eine Rolle spielt und den Entscheidungsprozess unterstützen, wie am besten damit umzugehen ist.

Es sollte beachtet werden, dass im Themse Ästuar Fluid Mud zwar Teil des natürlichen Sedimenttransports ist, jedoch kein Faktor ist in Bezug auf die schiffbaren Wassertiefen. Es gibt bestimmte Gebiete, z.B. Strömungswalzen leeseitig von Flussbiegungen und in Hafenbeckeneinfahrten, wo sich suspendiertes Sediment ablagert und während bestimmter Gezeitenphasen eine Schicht mit höheren Konzentrationen bildet. Im Fall von Biegungen wird diese durch die sich umkehrenden Gezeiten resuspendiert. In Hafenbeckeneinfahrten ist es wahrscheinlicher, dass diese Schichten sich aufbauen, schließlich verdichten und dann durch Baggern beseitigt werden müssen.

Unter Anerkennung der brauchbaren Arbeitsergebnisse, die bereits erzielt worden sind, ist es zusätzlich notwendig, die Bedeutung des Nettostoffstromtransports stromaufwärts zu verifizieren und zu quantifizieren. ADCP Messungen wären hilfreich, um den Mechanismus in der Natur zu beobachten. Solche Messungen haben im Zusammenhang mit dem Londoner Gateway Projekt große Erkenntnisse über den Sedimenttransport in der Themse geliefert.

Es wäre empfehlenswert, darüber nachzudenken, die interessierten Betroffenen wie das WSA Hamburg, WSA Cuxhaven, BAW und HPA an einem gemeinsamen Workshop zu beteiligen, um zu diskutieren, wie ein Untersuchungs- und Überwachungsprogramm zusammengestellt werden könnte und welche Daten notwendig wären. Dabei könnte auch die Möglichkeit der Kostenteilung in Betracht gezogen werden.

8.4 Sedimentmanagement

Es ist deutlich, dass jegliche Sedimentmanagementstrategie die Aktivitäten der drei davon betroffenen politischen Regionen in Betracht ziehen muss.

Die sehr hohe Sedimentationsrate in den Jahren 2004 und 2005 wird als vorübergehend angesehen und sollte nicht als Grundlage für eine langfristige Planung verwendet werden, es sei denn, sie würde durch ähnlich hohe Werte über einen Zeitraum von mehreren Jahren bestätigt.

Trotzdem werden die Sedimentmengen im Verantwortungsbereich der HPA wahrscheinlich höher sein als in der Vergangenheit. Dieses ist einer Anzahl von Faktoren zuzuschreiben, unter anderem der Entwicklung und der Vertiefung des Hafengebietes und der Umlagerung von Baggergut.

Die Umlagerung von Baggergut in Ästuar sollte nicht aufgegeben, jedoch auf das Niveau, auf dem es sich vor dem großen Anstieg befand, reduziert werden. Weitere Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um festzustellen, ob es eine bessere

Umlagerungsstelle gibt. Das könnte die Zusammenarbeit mit dem WSA Hamburg erforderlich machen.

Zusammen mit der Option, Baggergut in der Nordsee umzulagern und dem Management von relativ kleinen Mengen von kontaminiertem Sediment, mag dieses genügend Kapazität bereitstellen, wenn das System zur Ruhe kommt. Während weitere Untersuchungen stattfinden, die sich mit dem morphologischen Wasserbau im Ästuar befassen, wäre es möglich, rechtzeitig eine Verlängerung der Genehmigung für die Verklappung von Baggergut bei der Tonne E3 zu beantragen.

8.5 Baggermanagement

Die Baggeraktivitäten sind sorgfältig geplant, gut überwacht und werden in finanzieller Hinsicht gut kontrolliert. In Zukunft sollten jedoch einige Dinge erwogen werden:

Falls sich herausstellen sollte, dass Fluid Mud ein bedeutender Faktor ist (was ich vermute), dann wäre es möglicherweise nicht die beste Lösung, die Fremdfirmen für Baggermengen mit hoher Dichte zu belohnen.

Zieht man die fast sichere Bildung von Schichten mit hoher Konzentration in der Nähe des Flussbettes in Betracht, wäre es in Zukunft sinnvoller, bei Investitionsbaggerungen und Unterhaltsbaggerungen zu versuchen, die Mengen, die durch Überlaufen verloren gehen, zu reduzieren und die derzeitige Praxis, das Überlaufen ganz zu verhindern, fortzusetzen.

Es könnte auch der selektivere Einsatz der Wasserinjektionstechnik notwendig werden.

Außerdem sollte die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, die Baggermanagementverträge mehr an die Ziele des Sedimentmanagementkonzeptes anzugleichen.

8.6 Langzeitstrategie

Im Zuge der Entwicklung einer langfristigen Strategie sollten die Betrachtungen auf den gesamten Sedimenthaushalt im ganzen Ästuarsystem angestellt werden. Wenn die Entnahme von Sedimenten den Eintrag übersteigt, so wird dies Folgen für die Morphologie des Ästuars nachsichziehen. Sedimenttransport ist Teil des natürlichen Gleichgewichtes und wenn Sedimente im Ästuar bewirtschaftet werden so sollte dieses vorsichtig geschehen. Aus diesen Gründen sollten Studien über die nächsten Jahre unter Verwendung von Simulationsmodellen und Überwachung vor Ort durchgeführt werden. Dies betrifft Beides, Baggerstrategie und jegliche Vorschläge zum morphologischen Design des Ästuars.

LITERATUR

BAW (2006). Maintenance of the delegated section in the tidal Elbe river. Comments regarding the development and recommendations for the sediment management in Hamburg. Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg, 2006

Brinkmann B (undated). Untersuchungen zur Optimierung der Umlagerungsstrategie an der Unterelbe. Hamburg Port Authority.

Eichweber, G.; Lange, D. (1998): Tidal Subharmonics and Sediment Dynamics in the Elbe Estuary. 3d International Conference on Hydroscience and Engineering; Brandenburg University of Technology at Cottbus; Cottbus / Berlin 31. August – 03. September 1998.

HPA (2005). Strategy and use of resources for the maintenance of the required water depths in the Hamburg Port – a continuous optimisation process in the course of changed conditions and technologies, Port of Hamburg, HPA 22, 2005.

HR Wallingford (1980). Thames flood prevention investigation. Analysis of suspended solids regime prior to barrier construction. Report EX934, June 1980.

DRL (2005). Measurement of sediment transport at the Buoy E3 Dredged Material Disposal Site, German Bight, North Sea. Dredging Research Ltd Report 348.EU.0905.1. December 2005.

McDowell D M and O'Connor B A (1977). Hydraulic behaviour of estuaries. Macmillan Press. London 1977

PIANC (1997). Approach Channels: a guide for design. Final report of Working Group PTCII-30, supplement to Bulletin no 95, June 1997.

Puls W, Heinrich H and Mayers B (1997). Suspended particulate matter budget for the German Bight. Marine Pollution Bulletin, Vol 34, No 6, pp 398-409, 1997

Whitehouse RJS, Soulsby RL, Roberts W and Mitchener HJ (1999). Dynamics of estuarine muds. A manual for practical applications. HR Wallingford Report SR 527, June 1999.