

BfG-1763



Bericht

# Sedimentmanagement Tideelbe Strategien und Potenziale - Systemstudie II -

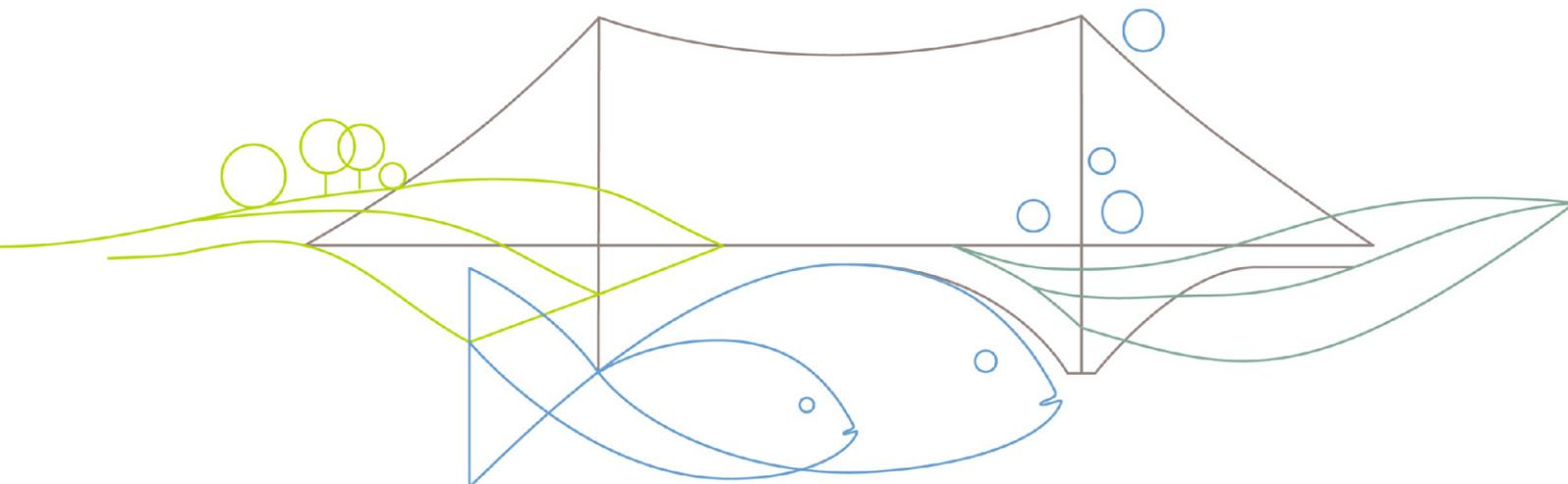


Ökologische Auswirkungen der Unterbringung  
von Feinmaterial

Band 1 von 2

**Band 1: Endbericht**

Band 2: Anlagenband



Zitiervorschlag:

BfG (2014): Sedimentmanagement Tideelbe - Strategien und Potenziale - Systemstudie II. Ökologische Auswirkungen der Unterbringung von Feinmaterial. Band 1 (2), Endbericht. Im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-1763.

DOI: 10.5675/BfG-1763

---

Der Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der Bundesanstalt für Gewässerkunde.

BfG-1763



Bericht

# Sedimentmanagement Tideelbe Strategien und Potenziale - Systemstudie II -



Ökologische Auswirkungen der Unterbringung  
von Feinmaterial

Band 1 von 2

**Band 1: Endbericht**

Band 2: Anlagenband

Datum: 27.03.2014

Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg

Auftragsnummer: M 39630103275

Anzahl der Seiten: 266



## **Bearbeiter(innen) in der BfG**

### **Federführung**

Dr. Michael Fiedler

Dr. Heiko Leuchs

### **Redaktion**

Dr. Heike Büttner

Nikolas Uffmann

### **Fachliche Bearbeitung**

Hydrologie

Christoph Blasi

Morphologie

Dr. Axel Winterscheid, Nathalie Cron

Schadstoffe

Dr. Birgit Schubert, Dr. Carmen Kleisinger

Dr. Peter Heininger

Sauerstoff-/Nährstoffhaushalt

Andreas Schöl

Ökotoxikologie

Dierk-Steffen Wahrendorf

Makrozoobenthos

Dr. Markus Wetzel

Fische

Christian von Landwüst, Wilko Heimann

Vegetation

Katja Behrendt

FFH, WRRL, MSRL, Artenschutz

Dr. Heike Büttner

Karten/GIS

Isabella Hauschopp, Nikolas Uffmann

Layout

Claudia Chuadry

### **Begleitendes Gremium:**

#### **BAW-DH**

Dr. Holger Weilbeer

#### **WSA Cuxhaven**

Bernd Vaessen

#### **WSA Hamburg**

Dr. Bettina Gätje, Dr. Ingo Entelmann

#### **GDWS Außenstelle Nord**

Dr. Günther Eichweber,

Klaus Rickert-Niebuhr

#### **HPA**

Axel Netzband, Bruno Maaß, Nino Ohle,

Dr. Henrich Röper



## Inhaltsverzeichnis

<b>0 Zusammenfassung .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>14</b>
<b>2 Methodischer Ansatz.....</b>	<b>18</b>
2.1 Untersuchungsgebiet.....	18
2.2 Untersuchungsumfang .....	18
2.3 Methode .....	19
<b>3 Ökologisches Leitbild und Ziele .....</b>	<b>22</b>
3.1 Elbeästuar.....	22
3.2 Nordsee .....	25
<b>4 Rechtliche Aspekte .....</b>	<b>27</b>
4.1 Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) .....	27
4.2 Artenschutz .....	31
4.3 Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) .....	32
4.4 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) .....	32
<b>5 Aktuelle Unterbringungsstrategie und Baggermengenentwicklung ...</b>	<b>35</b>
5.1 Baggerverfahren.....	35
5.2 Aktuelle Baggergut- und Sedimentmanagementstrategie.....	36
5.3 Korngrößenspezifische Baggermengenentwicklung 2002 - 2011 .....	38
5.4 Informationen zur aktuellen Baggermengenentwicklung.....	41
<b>6 Systemanalyse und Bewertung.....</b>	<b>42</b>
6.1 Hydrologie und Morphologie .....	42
6.1.1 Beschreibung des Ist-Zustands.....	42
6.1.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie .....	54
6.2 Sauerstoff und Nährstoffe .....	56
6.2.1 Beschreibung des Ist-Zustands.....	56
6.2.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie .....	70
6.3 Schadstoffe.....	74
6.3.1 Beschreibung des Ist-Zustands und des Systemverständnisses.....	74
6.3.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie .....	83
6.3.3 Entwicklung der Schadstoffeinträge aus dem Binnenbereich in die Tideelbe .....	89
6.4 Ökotoxikologie .....	91
6.4.1 Beschreibung des Ist-Zustands.....	95
6.4.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie .....	101
6.5 Makrozoobenthos.....	102
6.5.1 Beschreibung des Ist-Zustands.....	103
6.5.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie .....	107

Ökologische  
Auswirkungen  
der Umlagerung  
von Feinmaterial

Endbericht

BfG-1763

6.6	Fische .....	107
6.6.1	Beschreibung des Ist-Zustands.....	107
6.6.2	Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie .....	115
6.7	Vegetation .....	116
6.7.1	Beschreibung des Ist-Zustands.....	116
6.7.2	Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie .....	122
6.8	Zusammenfassende Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie .....	125
<b>7</b>	<b>Sensitivitätsanalyse .....</b>	<b>129</b>
7.1	Hydrologie und Morphologie .....	129
7.2	Sauerstoff .....	135
7.3	Schadstoffe.....	139
7.4	Ökotoxikologie .....	146
7.5	Makrozoobenthos.....	152
7.6	Fische .....	154
7.7	Vegetation.....	157
7.8	Rechtliche Aspekte .....	160
7.9	Zusammenfassende Betrachtung .....	163
<b>8</b>	<b>Empfehlungen für die Unterbringung von Feinsedimenten.....</b>	<b>172</b>
8.1	Ziele .....	172
8.2	Grundsätze .....	173
8.2.1	Austragsmenge.....	174
8.2.2	Oberwasserabhängige Unterbringung .....	175
8.3	Strategievorschlag.....	176
8.3.1	Fall A: Hohe Oberwasserabflüsse.....	177
8.3.2	Fall B: Niedrige Oberwasserabflüsse.....	179
8.4	Auswirkungsprognose und Bewertung .....	181
8.4.1	Fall A: Hohe Oberwasserabflüsse.....	182
8.4.2	Fall B: Niedrige Oberwasserabflüsse.....	188
8.5	Abschließende Empfehlungen .....	193
<b>9</b>	<b>Empfehlungen für ein begleitendes Monitoring .....</b>	<b>200</b>
9.1	Hydrologie und Morphologie .....	200
9.2	Schadstoffe.....	206
9.3	Weiterer Untersuchungsbedarf .....	211
9.3.1	Sauerstoff .....	211
9.3.2	Ökotoxikologie .....	211
9.3.3	Makrozoobenthos.....	213
9.3.4	Fische .....	213
9.3.5	Vegetation.....	214
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>216</b>
<b>11</b>	<b>Abkürzungen.....</b>	<b>236</b>

<b>12 Anhang.....</b>	<b>A 1</b>
Anhang 1: Definition der Bewertungsstufen.....	A 1
Anhang 2: Übersicht Trübungszone.....	A 7
Anhang 3: Vorgaben zu Baggermengen .....	A 8
Anhang 4: Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ).....	A 9
Anhang 5: Natura 2000- und IBA-Gebiete .....	A 11
Anhang 6: Historische Referenzfischfauna der Tideelbe.....	A 18

## Anlagenband - Band 2

### Anlage 1: Baggerabschnitte und Unterbringungsbereiche

- A 1.1 Hydromorphologie
- A 1.2 Nährstoffe und Sauerstoffzehrung
- A 1.3 Schadstoffe
- A 1.4 Ökotoxikologie
- A 1.5 Makrozoobenthos
- A.1.6 Fische
- A 1.7 Vegetation

### Anlage 2: Datengrundlagen

- A.2.1 Hydromorphologie
- A.2.2 Sauerstoff und Nährstoffe
- A.2.3 Schadstoffe
- A.2.4 Ökotoxikologie
- A.2.5 Makrozoobenthos
- A.2.6 Fische
- A.2.7 Vegetation

### Anlage 3: Steckbriefe

(G 1 - G 6, BA 1 - BA 17, Nordsee (Schlickfallgebiet))

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 01: Empfohlene Unterhaltungsstrategie: Unterbringungspfade zur Erreichung des zusätzlichen Austrags von Feinmaterial aus dem System Tideelbe.....	10
Abbildung 1: Gegenwärtige Unterbringungsstrategie für die Feinsedimente aus der Unterhaltungsbaggerung in der Tideelbe .....	16
Abbildung 2: Natura 2000- und IBA-Gebiete in der Unterelbe .....	29
Abbildung 3: Natura 2000- und IBA-Gebiete in der Außenelbe.....	30
Abbildung 4: Übersichtskarte der deutschen Nordseeküste incl. AWZ mit den Grenzen nach WRRL, OSPAR, Seerechtsübereinkommen (SRÜ) (Daten: www.WasserBlick.net) .....	34
Abbildung 5: Entwicklung der Baggermengen seit 2002 in den durch Feinsediment geprägten Baggerbereichen. ....	36

Abbildung 6: Schematische Darstellung der mittleren charakteristischen Zusammensetzung des Baggergutes im Bereich der Tideelbe (inklusive des Hamburger Hafens und der Delegationsstrecke), basierend auf Erfahrungswerten und aktuellen Sedimentproben.....	38
Abbildung 7: Korngrößenspezifische Baggermengenentwicklung 2002 bis 2011 für die Tideelbe inklusive der Bereiche Hamburg und NOK; (Daten: WSV, HPA) .....	40
Abbildung 8: Mittlerer Jahresgang des Oberwassers am Pegel Neu Darchau (rot) sowie höchste und niedrigste Tageswerte (blau) für den Zeitabschnitt 2002 bis 2011 (Daten: WSA Lauenburg) .....	43
Abbildung 9: Verhältnis mittlerer und maximaler Flut- zu Ebbestromgeschwindigkeiten (F:E) entlang der Fahrrinne für $Q_{\text{konstant}} = 180, 720$ und $1260 \text{ m}^3/\text{s}$ (BAW 2011) .....	45
Abbildung 10: Verhältnis mittlerer Flut- zu Ebbestromtransport (F:E) entlang der Fahrrinne für $Q = 180, 720$ und $1260 \text{ m}^3/\text{s}$ (BAW 2012) .....	48
Abbildung 11: Mittlere Schwebstoffkonzentrationen; die seewärtige Verlagerung des Trübungsmaximums aufgrund des zunehmenden Oberwasserabflusses ist deutlich zu erkennen (BAW 2012).....	49
Abbildung 12: Monatsmittelwerte für Oberwasserabfluss in den Jahren 2003 bis 2005, Pegel Neu Darchau (Daten: WSA Lauenburg) .....	51
Abbildung 13: Ausbreitung der Schwebstoffgehalte bei Unterbringung auf der Stelle Neßsand nach 40 Tiden = 120 Unterbringungsverfahren (Feinsediment), Oberwasserabfluss $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ (konstant).....	52
Abbildung 14: Anteilige Baggermengen zur Unterbringung auf den Stellen Neßsand (Bereich stromauf MaxTrüb) und Tonne E3 (Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet)), Zeitraum 2005 bis 2012.....	53
Abbildung 15: Anteilige Transportverhältnisse (in %) in Ebbe- und Flutrichtung nach Unterbringung auf Stelle VS 689 R (Elbe-km 689 vor St. Margarethen), abhängig von unterschiedlichen Oberwasserabflussverhältnissen (Quelle: BAW 2012) .....	53
Abbildung 16: Jahre eines überdurchschnittlich hohen (linke Grafik) bzw. niedrigen (rechte Grafik) Abflussgeschehens in den Monaten März und April (Bezugspegel Neu Darchau) aus dem Betrachtungszeitraum ab 2002 (Daten: WSA Lauenburg) .....	54
Abbildung 17: Längsprofile des Sauerstoffgehaltes in der Tideelbe im Juli bzw. August der Jahre 1996 - 2010 .....	57
Abbildung 18: Zeitliche Entwicklung (1996 bis 2010) der oberflächennahen Sauerstoffgehalte an verschiedenen Orten der Elbe (auf Basis der monatlichen ARGE-Elbe-Hubschrauberbefliegungen) .....	58
Abbildung 19: Tagesminima des Sauerstoffgehaltes basierend auf den kontinuierlichen Messungen der ARGE-Elbe bei Bunthaus und Seemannshöft von 1996 bis 2010 .....	59

Abbildung 20: Sommerliche Sauerstoffgehalte im Hauptstrom der Tideelbe bei km 585,5 und km 630 in den Jahren 1953 - 2009 (FGG-Elbe) .....	60
Abbildung 21: Sauerstoffgehalte in der Hahnöfer Nebelbe und im Hauptstrom der Tideelbe (km 641) von 1996 bis 2010 (auf Basis der monatlichen ARGE-Elbe-Hubschrauberbefliegungen) .....	61
Abbildung 22: Isoplethendiagramm der zeitlichen und räumlichen Verteilung des Phytoplanktons (als Chla-Gehalt) im Jahr 2006 auf Grundlage aller Messwerte (n = 99) aus dem FGG-Elbe-Messprogramm. ....	62
Abbildung 23: Längsprofile des Chlorophyllgehaltes und der Sauerstoffsättigung in der Tideelbe vom Wehr Geesthacht (km 586) bis Cuxhaven (km 727) am 8./9.6. und 24./25.8.2011 bei ablaufendem Wasser (= Ebbphase) (Daten: BfG) .....	63
Abbildung 24: Chlorophyllkonzentration in der Mittelbe bei Schnackenburg (km 474) im Zeitabschnitt von 1993 bis 2010 (Daten: FGG Elbe).....	63
Abbildung 25: Korrelationen von abfiltrierbaren Stoffen und Chlorophyll-Gehalt für die Sommermessungen der Jahre 1993 - 2005 an den Messstellen Zollenspieker (km 598), Seemannshöft (km 629) & Grauerort (km 660) (Daten: ARGE Elbe).....	65
Abbildung 26: Schwebstoffanteile und -gehalte (unten) sowie Sauerstoffgehalt (oben) und Sauerstoffzehrung im Längsprofil der Tideelbe am 08./09.06.2011 (Daten: BfG) .....	66
Abbildung 27: Sauerstoffzehrung und Schwebstoffgehalt für verschiedene Stationen in der Tideelbe (Daten: FGG-Elbe) .....	67
Abbildung 28: Glühverluste und Feinkornanteil (< 20 µm) der Sedimente im September 2006 von km 634 bis km 729 (Daten: BfG, Erläuterung siehe Text).....	69
Abbildung 29: Ammoniumgehalte im Porenwasser der Sedimente im September 2006 von km 634 bis km 729 (Daten: BfG) .....	69
Abbildung 30: Sauerstoffzehrung der Sedimente im September 2006 von km 634 bis km 729 (Daten: BfG) .....	70
Abbildung 31: Cadmiumgehalte in Oberflächensedimenten und Schwebstoffen im Längsverlauf der Elbe (2005//2006 bzw. 2003 - 2005 und 2007 - 2011) sowie Baggergut (2005/2006 und 2007 - 2011) (Daten: BfG, FGG Elbe) .....	76
Abbildung 32: Cadmiumgehalte in Feststoffen der DMS Geesthacht Inselfpitze (km 584) und Geesthacht Wehr (km 586), Seemannshöft (km 629), Wedel (km 642), Brunsbüttel (km 696,3) (Fraktion < 20 µm; gleitender Mittelwert über jeweils drei Werte) und Oberwasser abfluss bei Neu Darchau (km 536,4) (Daten: BfG, FGG Elbe, WSA Lauenburg) .....	77

Abbildung 33: Cadmiumgehalte in Feststoffen der DMS Wedel und Brunsbüttel (Fraktion < 20 µm; gleitender Mittelwert über jeweils drei Werte) und Oberwasserabfluss bei Neu Darchau (Daten: BfG, FGG Elbe, WSA Lauenburg).....	80
Abbildung 34: Erfasste Schadstoffdepots mit Gesamtschadstoffmengen des Elbeästuars bis 1998 (Daten: BfG) .....	82
Abbildung 35: Erfasste Schadstoffdepots mit potenziell mobilisierbaren Schadstoffmengen der Tideelbe 2008 - 2012 (Daten: BfG) .....	82
Abbildung 36: Bewertung der Schadstoffbelastung des Baggergutes in der Tideelbe nach den Richtwerten der GÜBAK. (Daten: HPA) .....	85
Bereiche mit einer mittleren jährlichen Baggermenge > 0,5 Mio. m <sup>3</sup> sind durch runde Balken gekennzeichnet. Gelbe Balken: RW 2 < Schadstoffgehalte < 1,5 x RW2; Orange Balken: Schadstoffgehalte > 1,5 x RW 2. ....	85
Abbildung 37: Partikuläre Frachten 2003 - 2011 an der Tidegrenze Geesthacht (Daten: BfG) .....	91
Abbildung 38: Zusammenfassende Darstellung der ökotoxikologischen Untersuchungen über den Längsverlauf der Tideelbe im Herbst 2006 (Daten: BfG, Karte: WSV, BKG) .....	96
Abbildung 39: Zusammenfassende Darstellung der ökotoxikologischen Untersuchungen über den Längsverlauf der Tideelbe im Frühjahr 2011 (Daten: BfG, Karte: WSV, BKG) .....	97
Abbildung 40: Schematische Darstellung der ökotoxikologischen Untersuchungsergebnisse mit den klassischen Biotestsystemen von Oberflächensedimenten und Baggergut der Tideelbe der Jahre 2005 bis 2011 (Daten: BfG, HPA, WSV; Karte: WSV, BKG) .....	100
Abbildung 41: Clusteranalyse der Benthoslebensgemeinschaften in der Tideelbe .....	103
Abbildung 42: Im Bereich der niedersächsischen Watten kartierte Bestände an Seegraswiesen ( <i>Zostera noltii</i> und <i>Zostera marina</i> ), (a) im Bereich auf dem Knechtsand, (b) im Bereich auf dem Neuwerker Watt (Quelle: Adolph 2009) .....	119
Abbildung 43: Erfasste Seegrasbestände (Seegrasfläche und -bedeckung ab einer Seegrasdichte > 20%) der 1/6-Kartierung von 2007 - 2011 im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer (Quelle: Dolch et al. 2011) .....	119
Abbildung 44: Aktuelle und potenzielle Standorte des Schierlings-Wasserfenchels ( <i>Oenanthe conioides</i> ) (Quelle/Datengrundlage: Kartierung von Obst et al. 2006).....	121
Abbildung 45: Tendenzen der Morphodynamik (1998 - 2010) mit (bereichsweiser) Relevanz für den Schierlings-Wasserfenchel .....	125
Abbildung 46: Fallunterscheidung für die Beschreibung der jeweils empfohlenen Baggergut- und Sedimentmanagementstrategie. Fall A:	

Hohe Oberwasserabflüsse, Fall B: niedrige Oberwasserabflüsse (Daten: WSA Lauenburg) .....	176
Abbildung 47: Unterbringungsbereiche Fall A (hohe Oberwasserabflüsse) - „Westliche Häfen“ beinhaltet Unterelbe und Köhlbrand.....	179
Abbildung 48: Unterbringungsbereiche Fall B (niedrige Oberwasserabflüsse) - „Westliche Häfen“ beinhaltet Unterelbe und Köhlbrand .....	181
Abbildung 49: Empfohlene Unterhaltungsstrategie: Unterbringungspfade zur Erreichung des zusätzlichen Austrags von Feinmaterial aus dem System Tideelbe (Details siehe Text). Im Fenster rechts oben ist die aktuelle Strategie dargestellt, die grundsätzlich weiterhin bestehen bleibt und durch den zusätzlichen Austrag optimiert wird. ....	196

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 01: Rangfolge der Optionen zur Erreichung der erforderlichen Austragsmenge an Feinsediment .....	10
Tabelle 1: Beschreibung der Szenarien (Vorgaben aus FAP (1 Mio. m <sup>3</sup> Baggermehrmengen, Fintenschonzeit) enthalten) .....	21
Tabelle 2: Hydrologische Kennwerte des Oberwassers am Pegel Neu Darchau in m <sup>3</sup> /s je Monat im Zeitabschnitt 2002 bis 2011 (Daten: WSA Lauenburg) .....	43
Tabelle 3: Ökotoxikologische Sedimentklassifizierung nach HABAB-WSV (BfG 2000) & GÜBAK-WSV (Anonymus 2009) .....	94
Tabelle 4: Ökotoxikologische Untersuchungsergebnisse der klassischen Biotestsysteme von Oberflächensedimenten und Baggergut der Tideelbe für die Jahre 2005 bis 2011.....	99
Tabelle 5: Bewertung der Auswirkungen für das Szenario 1 (derzeitige Unterbringungsstrategie) .....	126
Tabelle 6: Zusammenfassende Bewertung der Szenarien zur Unterbringung von Baggergut aus dem Elbeästuar und der hypothetischen Szenarien.....	139
Tabelle 7: Bewertung der Auswirkungen und Trends für die Szenarien 2 bis 5 und die hypothetischen Szenarien (1 - 3).....	164
Tabelle 8: Bewertung der prognostizierten ökologischen Auswirkungen bei Unterbringung des Baggerguts gemäß dem Strategievorschlag. ....	182
Tabelle 9: Optionen zur Erreichung der erforderlichen zusätzlichen Austragsmenge an Feinmaterial; gering belastetes Baggergut ist zu bevorzugen. Der zusätzliche Austrag von etwa 1 Mio. m <sup>3</sup> /a soll über den in der aktuellen Unterhaltungspraxis erreichten Austrag hinausgehen. ....	196

## 0 Zusammenfassung

In dem vergangenen und aktuellen Jahrzehnt ist es mehrfach zu deutlich erhöhten jährlichen Baggermengen im Hamburger Raum (Delegationsstrecke und Hafenbecken) gekommen. Im angrenzenden WSV-Bereich haben sich die Baggerschwerpunkte nach stromauf verlagert. Darüber hinaus haben sich die umweltrechtlichen Anforderungen maßgeblich verändert. Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) und Hamburg Port Authority (HPA) sehen daher vor, mit einer nachhaltigen Strategie zum Sedimentmanagement die anfallenden Baggermengen zu begrenzen und die Unterhaltung der Tideelbe auch hinsichtlich ökologischer Aspekte zu optimieren. Dies trägt dauerhaft zur rechtlichen Absicherung der notwendigen Unterhaltung bei.

Der vorliegende Bericht (Systemstudie II) ist die Fortführung der Systemstudie I (BfG 2008a), in der Unterbringungsoptionen für das bei Wedel gebaggerte Feinmaterial erarbeitet wurden. In der Systemstudie II werden nunmehr das bei der Unterhaltung anfallende Feinmaterial<sup>1</sup> der gesamten Tideelbe (HPA- und WSV-Bereich) und dessen Unterbringungsmöglichkeiten sowie die damit verbundenen ökologischen Auswirkungen betrachtet. Das Feinmaterial stammt im Wesentlichen aus den Baggerbereichen Hamburg, Wedel/Juelssand, NOK (Vorhafenbereiche) und Osteriff (Abbildung 01). Das Baggergut in den anderen regelmäßig zu unterhaltenden Bereichen der Tideelbe ist hingegen überwiegend sandig. Zu Empfehlungen zur Unterhaltungsstrategie für die sandig geprägten WSV-Fahrrinnenabschnitte der Tideelbe wird auf separate Berichte verwiesen (BAW 2013, BfG 2014 in Vorbereitung).

Für eine Analyse der aktuellen Unterhaltungsstrategie, deren Defizite (bezüglich Kreislaufbaggerungen und Baggermengen) und ihrer Optimierungspotenziale, wurde die Methode einer szenariobasierten Sensitivitätsanalyse verwendet. In fünf betrachteten Szenarien wird davon ausgegangen, dass die gebaggerten Sedimente im Gewässer verbleiben (Tabelle 1, Kapitel 2.4). Betrachtet wurde die Unterbringung des gesamten Baggergutes (Feinmaterial) jeweils eines Baggerbereiches in verschiedene Bereiche der Tideelbe: Maximum Trübungszone (MaxTrüb), stromab MaxTrüb und Nordsee (zur Lage der Feinmaterialbereiche und Zonen siehe Abbildung 01).

Die unterschiedlichen Optionen zur Unterbringung von Feinmaterial mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen für die verschiedenen Fachaspekte (Hydrologie, Morphologie, Schadstoffe, Ökotoxikologie, Sauerstoffhaushalt, wirbellose Tiere, Fische und Pflanzen) wurden vergleichend dargestellt und bewertet. Anhand der szenariobasierten Sensitivitätsanalyse wird deutlich, dass es aufgrund der teilweisen Gegenläufigkeit von Wirkpfaden und -prozessen keine aus Sicht aller Fachaspekte optimale Unterhaltungsstrategie geben kann. Basierend auf den morphologischen Grundsätzen wird der Fokus in Bezug auf die ökologischen Auswirkungen auf das Thema Schadstoffe und Ökotoxikologie gelegt, da vor allem die Belastung der Sedimente der Tideelbe noch immer hoch ist und die Entscheidung über die Unterbrin-

---

<sup>1</sup> Definition: Als Feinmaterial bzw. Feinsediment gilt Sediment mit einem hohen Anteil in der Kornfraktion < 63 µm (Tone und Schluffe). Dieses Material besitzt aber zugleich auch größere Feinsandanteile (63 - 200 µm), wobei schluffiger Feinsand das größte Sediment darstellt, welches in dieser Systemstudie noch zum Feinmaterial gezählt wird.

gungsbereiche für Baggergut beeinflusst. Dementsprechend sind die Empfehlungen entwickelt und formuliert.

Nach aktueller Unterhaltungspraxis werden die zur Herstellung der planfestgestellten Fahrwassertiefen in den Feinsedimentationsschwerpunkten zu entnehmenden Sedimente weiter stromab im Gewässer umgelagert (Abbildung 01, oben rechts).

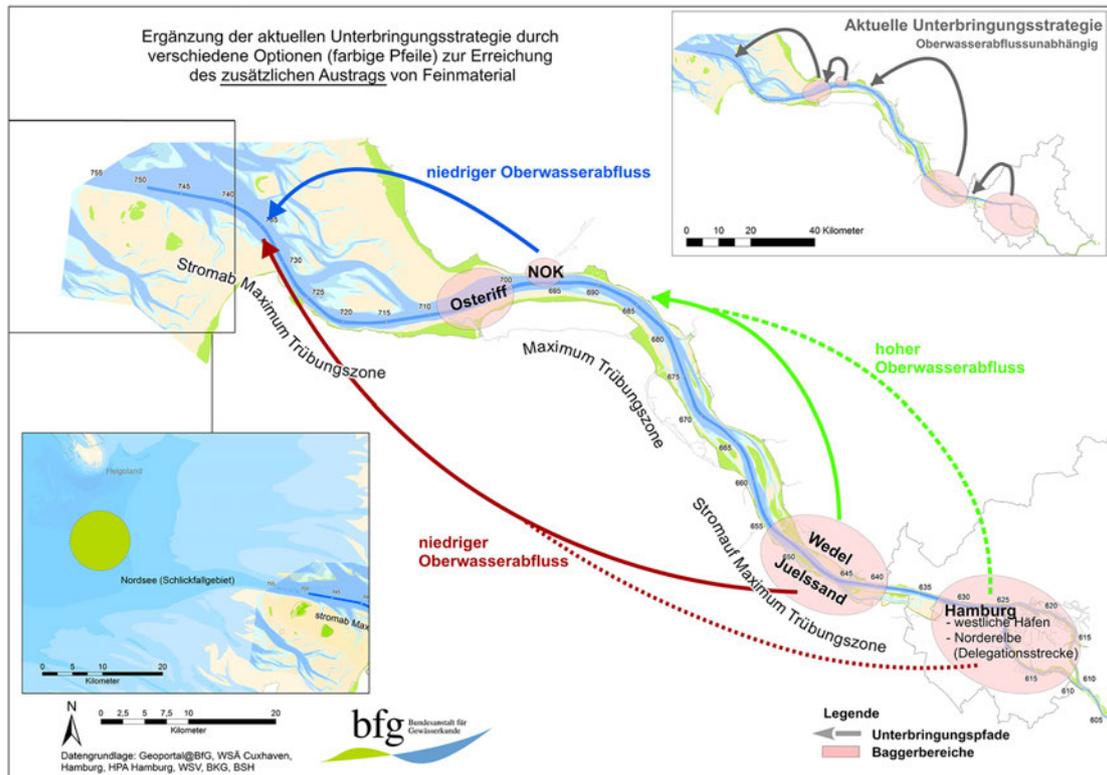
### **Empfehlungen**

Das aus morphologischer Sicht zu verfolgende Ziel eines ausgeglichenen Feinmaterialhaushaltes wird derzeit nicht erreicht. Notwendig ist ein verstärkter Austrag von Feinmaterial aus dem Ästuar, um unter anderem eine Reduzierung bestehender Kreislaufbaggerungen, insbesondere im Bereich Hamburg (Minimierung der Umlagerungen im Bereich stromauf MaxTrüb), zu erreichen. Zu Zeiten hohen Oberwasserabflusses bewirkt die aktuelle Unterhaltungsstrategie bereits jetzt durch die Unterbringung des Baggerguts aus dem Bereich Wedel/Juelssand in den Bereich MaxTrüb einen Feinmaterialaustrag aus dem Bereich stromauf MaxTrüb. Dieser erfolgt bislang nicht mit dem erklärten Ziel, eine definierte zusätzliche Menge von Feinmaterial - unter Berücksichtigung der Schadstoff- und Ökotoxikologieproblematik - aus dem System zu entfernen. Unter Einbeziehung der Erfahrungen aus der zeitlich befristeten Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg in das Schlickfallgebiet der Nordsee (Tonne E3) und der Analyse der morphologischen Auswirkungen und Defizite der verschiedenen Szenarien wurde eine Empfehlung für eine neue adaptive und flexible Unterhaltungsstrategie entwickelt.

Ergänzend zur aktuellen Strategie ist nach erster Abschätzung ein zusätzlicher Austrag von Feinmaterialmengen in der Größenordnung von 1 Mio. m<sup>3</sup>/a Feinmaterialmenge (0,5 Mio. t TS/a) aus der Tideelbe erforderlich. Dieser Strategievorschlag beinhaltet eine Abwägung zwischen den für den Feinsedimenthaushalt gesetzten Zielen und den aus der Zielerreichung resultierenden ökologischen Auswirkungen - vorrangig die Aspekte Schadstoffe, Ökotoxikologie (Tabelle 8, Kapitel 8.4).

In Abbildung 01 sind die Unterbringungspfade zur Erreichung der zusätzlichen Austragsmenge (Kapitel 8) dargestellt. Die Auswahl der Unterbringungspfade richtet sich nach der Schadstoffbelastung der Sedimente und der Höhe des Oberwasserabflusses (Tabelle 01).

Der zusätzliche Austrag soll durch eine gezielte Unterbringung des Baggerguts zu Zeiten mit hohem Oberwasserabfluss in den Bereich MaxTrüb und zu Zeiten mit niedrigem Oberwasserabfluss in den Bereich stromab MaxTrüb erreicht werden. Eine Unterbringung weiter seewärts bewirkt dagegen keinen zusätzlichen Effekt bezüglich der beabsichtigten Austragsmenge. Zudem wird für die Unterhaltung die Einbeziehung von Vorratsbaggerungen und Sedimentfängen empfohlen (Sedimentfang Wedel ist eingerichtet); in Zeiten hoher Oberwasserabflüsse kann damit eine bestmögliche Entlastung des Feinsedimenthaushaltes erreicht werden. Die Erreichung der Austragsmenge ist durch ein entsprechendes Monitoring zu überprüfen und gegebenenfalls auf der Basis neuer Erkenntnisse anzupassen.



**Abbildung 01: Empfohlene Unterhaltungsstrategie: Unterbringungspfade zur Erreichung des zusätzlichen Austrags von Feinmaterial aus dem System Tideelbe (Details siehe Text). Im Fenster rechts oben ist die aktuelle Strategie dargestellt, die grundsätzlich weiterhin bestehen bleibt und durch den zusätzlichen Austrag optimiert wird.**

**Tabelle 01: Optionen zur Erreichung der erforderlichen zusätzlichen Austragsmenge an Feinmaterial; gering belastetes Baggergut ist zu bevorzugen. Der zusätzliche Austrag von etwa 1 Mio. m<sup>3</sup>/a soll über den in der aktuellen Unterhaltungspraxis erreichten Austrag hinausgehen.**

Baggerbereich	Oberwasserabfluss	Unterbringung
NOK	niedrig	stromab MaxTrüb
Wedel/Juellssand	hoch	MaxTrüb
Wedel/Juellssand	niedrig	stromab MaxTrüb
Hamburg	hoch	MaxTrüb
Hamburg	niedrig	stromab MaxTrüb

Bei der Auswahl des Feinmaterials soll für den zusätzlichen Austrag nach Möglichkeit das Feinmaterial verwendet werden, welches die geringste Schadstoffbelastung und das geringste ökotoxikologische Potenzial aufweist. Zu beachten ist, dass entsprechend dem bestehenden Gradienten der Schadstoffbelastung (von Hamburg bis Nordsee abnehmend) mit zunehmender Entfernung die Unterschiede der Schadstoffbelastungen und des ökotoxikologischen

Potenzials zwischen Baggergut/-bereich und weiter seewärtigen Unterbringungsbereichen größer werden. Die weiteren geprüften ökologischen Aspekte spielen bei den vorgeschlagenen Unterbringungspfaden eine untergeordnete Rolle. Im Folgenden werden die einzelnen Optionen der empfohlenen Strategie (Erreichung des zusätzlichen Austrages mit Reduktion Baggerkreislauf) mit ihrer Abfolge skizziert, Details sind dem Kapitel 8 zu entnehmen. Werden die Prioritäten anders als in diesen Empfehlungen gesetzt, können andere Handlungsoptionen in den Vordergrund treten.

Zur Erreichung der zusätzlichen Austragsmenge wird als vorrangige Option empfohlen, Baggergut aus dem Bereich NOK bei niedrigem Oberwasserabfluss in den Bereich stromab MaxTrüb unterzubringen (blauer Pfeil, Abbildung 01), da dieses sich durch die geringste Schadstoffbelastung und das geringste ökotoxikologische Potenzial auszeichnet. Ob die erforderliche zusätzliche Austragsmenge an Feinsedimenten allein im Bereich NOK erreicht wird, kann aufgrund noch ungeklärter sedimentologischer Bedingungen nicht sicher ausgesagt werden. Zudem bedarf es vertiefter Analysen, um die Effekte auf den zusätzlichen Austrag sowie insbesondere auf die Feinsedimentdynamik im weiter entfernten Bereich Hamburg abschätzen zu können. Die Bearbeitung dieser Fragestellungen ist erforderlich, um zukünftig eine aus ökologischer Sicht weitgehend optimierte Unterhaltungsstrategie verfolgen zu können.

Aus morphologischer Sicht müssen noch fehlende Austragsmengen aus der Unterhaltung der stromauf gelegenen und daher stärker schadstoffbelasteten Bereiche Wedel/Juelssand und ggf. auch Hamburg mit höherem ökotoxikologischen Potenzial herangezogen werden.

Das Baggergut des Bereichs Wedel/Juelssand wird derzeit schon im Bereich MaxTrüb untergebracht, um einen Austragseffekt und eine Entlastung des Feinsedimenthaushaltes zu erzielen. Durch die Unterhaltung dieses Bereiches sowie die Nutzung von Sedimentfängen konsequent zu Zeiten hoher Oberwasserabflüsse können zusätzliche Austragsmengen zur weiteren Entlastung des Feinsedimenthaushaltes erreicht werden (grüner Pfeil, Abbildung 01). Unter diesen Bedingungen wird das untergebrachte Baggergut durch die Strömung weiter stromab transportiert und eine Unterbringung des Baggergutes in den Bereich stromab MaxTrüb würde zu keinem zusätzlichen Austrag führen. Wenn durch die Unterhaltung von Sedimentfängen zu Ende des Winterhalbjahres baggerfreie Zeiten im Sommerhalbjahr erreicht werden können, würde dies zudem helfen, die Notwendigkeit von Baggerungen zu vorgegebenen Baggerausschlusszeiten zu vermeiden.

In Fällen lang anhaltend niedriger Oberwasserabflüsse kann es zur Erreichung der zusätzlichen Austragsmenge erforderlich sein, Material aus dem Bereich Wedel/Juelssand (roter Pfeil, Abbildung 01) nach stromab MaxTrüb zu bringen.

Falls auch damit die zusätzlichen Austragsmengen nicht erreicht werden, kann es erforderlich sein, zu Zeiten hoher Oberwasserabflüsse zusätzlich Baggergut aus dem Bereich Hamburg in den Bereich Max Trüb (gepunkteter grüner Pfeil, Abbildung 01) unterzubringen.

Werden die Austragsmengen bei sehr lang anhaltend niedrigen Oberwasserabflüssen durch die oben genannten Optionen nicht erreicht, besteht zur Erreichung der zusätzlichen Austragsmenge die Option, Baggergut aus dem Bereich Hamburg in den Bereich stromab MaxTrüb (gepunkteter roter Pfeil, Abbildung 01) unterzubringen.

Die Unterbringung von Baggergut im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) wird im Rahmen der strategischen Überlegungen nicht betrachtet, da dieses aus morphologischer Sicht keinen zusätzlichen Austragseffekt gegenüber der Unterbringung stromab MaxTrüb hat; zudem wird diese Option hinsichtlich der Schadstoffbelastung und ökotoxikologischer Risiken schlechter bewertet als eine Unterbringung im Ästuar.

Durch Sicherstellung der zusätzlichen Austragsmenge wird der Feinsedimenthaushalt der Tideelbe - unabhängig vom Ort der Materialentnahme (Baggerbereiche) - entlastet. Die kleinräumige Wirkung auf Kreislaufbaggerungen bzw. auf die Feinsedimentdynamik hängt jedoch von den Entnahmebereichen ab. Bei außergewöhnlich niedrigen Oberwasserabflüssen kann trotz Erreichen der zusätzlichen Austragsmengen

- > im Bereich Hamburg Baggergut in ökologisch bedingten Ausschlusszeiten (1. April bis 6. November) anfallen und daher nicht auf der Stelle Neßsand untergebracht werden (HPA & BSU 2012).
- > im Zeitraum November bis März durch Unterbringung des Baggerguts auf der Stelle Neßsand im Bereich Hamburg eine sehr starke Intensivierung der Kreislaufbaggerungen erfolgen („Umlagerungszeitraum Neßsand“, hydrologische Randbedingungen sind noch zu spezifizieren).

In diesen beiden Fällen sollte eine Unterbringung dieses Baggerguts im Bereich MaxTrüb zur Gewährleistung der Unterhaltung in Betracht gezogen werden.

Aufgrund der Schadstoffbelastung bedarf die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg einer vorherigen Überprüfung der Schadstoffbelastungen und des ökotoxikologischen Potenzials sowie eines anschließenden geeigneten Monitoringprogramms. Es ist zu beachten, dass Baggergut aus dem Bereich Hamburg nicht wesentlich höher als Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand belastet ist: Im Hamburger Bereich trifft das vor allem auf die Teilgebiete der Westlichen Häfen, Unterelbe, Köhlbrand und Norderelbe/Delegationsstrecke zu.

Bei der Umsetzung des Strategievorschlags ist ein begleitendes Monitoring (Kapitel 9) erforderlich, welches ermöglicht,

1. die vom Oberwasserabfluss abhängige Strategie umzusetzen (flexibles Management)
- und
2. auf „unerwünschte“ Effekte durch Anpassungen beim Baggergut- und Sedimentmanagement reagieren zu können (adaptives Management).

Ein entsprechendes Monitoringprogramm ist zu entwickeln und mit bestehenden Programmen und Zuständigkeiten des Bundes (WSV), der Länder und Dritter hinsichtlich Synergien abzugleichen. Abstimmungen und ein gemeinsames Vorgehen aller Akteure sind unabdingbar. Das Monitoring dient zudem der zielgerichteten Förderung eines gemeinsamen Systemverständnisses und damit einer gemeinsamen Entscheidungsbasis für zukünftige Handlungsoptionen, außerdem können durch Synergieeffekte Kosten und Aufwand reduziert werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der Tideelbe um ein hochdynamisches und komplexes System handelt und daher Lösungsansätze kontinuierlich zu überprüfen und anzupassen sind. Vorschläge für ein begleitendes Monitoringkonzept sind in Kapitel 9 des Berichtes beschrieben.

### **Fazit**

Im Ergebnis wurde eine adaptive und flexible Strategie für das Feinmaterialmanagement der gesamten Tideelbe (WSV und HPA) vorgeschlagen, um das Ziel einer wirtschaftlichen Baggergutunterbringung unter Minimierung negativer Auswirkungen für Natur und Umwelt zu erreichen.

Die vorliegende Studie bildet die Grundlage für neue Wege eines gemeinsamen Sedimentmanagements für WSV und HPA im System Tideelbe. Sie führen von dem Vorgehen nach festen Vorgaben hin zu einem Handeln, das sich an sich ändernde Verhältnisse anpasst, um das übergeordnete Ziel der Gewährleistung der Unterhaltung zur Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs mit möglichst wenigen nachteiligen ökologischen Auswirkungen zu erreichen.

Die vorhandene Schadstoffbelastung und das ökotoxikologische Potenzial des Feinmaterials schränken die Optionen eines Feinmaterialmanagements innerhalb des Ästuars ein. Die Ursachen hierfür liegen weitgehend im Bereich oberhalb des Ästuars, so dass vorrangig Maßnahmen im Rahmen des Flussgebiets-Sedimentmanagements erforderlich sind, damit zukünftig noch effizientere Strategien der Sedimentbewirtschaftung möglich werden. Solange aber keine Verbesserung erfolgt, sind die aus dem Umgang mit Elbesedimenten resultierenden Wirkungen unvermeidlich und können nur verringert, nicht aber vermieden werden. Die Unterhaltung wird dabei je nach Vorgehensweise entweder mehr die Schadstoffrisiken, oder mehr die Risiken des unausgeglichene Sedimenthaushaltes in Kauf nehmen müssen. Mit den vorgeschlagenen Empfehlungen werden bestehende/zu erwartende negative Auswirkungen abgewogen.

Die geltenden rechtlichen Vorschriften aus der Meeresstrategie-Rahmen-, der Wasserrahmen- und der FFH-Richtlinie sowie des Artenschutzes führen in ihrer Anwendung zu Zielkonflikten, die nur in einer integrierenden Gesamtbewertung der Tideelbe lösbar sind.

# 1 Einleitung

Am 9. Februar 2012 erhielt die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) vom Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) Hamburg und der Hamburg Port Authority (HPA) den Auftrag, eine aktuelle Systemanalyse in Bezug auf Baggermengen und Unterbringung in der Tideelbe einschließlich der angrenzenden Nordsee zu erstellen. Diese umfasst sowohl das (frisch sedimentierte) Baggergut aus der Delegationstrecke der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH) einschließlich der Hafengebiete als auch das Baggergut aus der WSV-Strecke des Bundes der Bundeswasserstraße Elbe.

Im Fokus dieser Systemstudie II steht die Feinmaterialbewirtschaftung der bei der Wassertiefenunterhaltung anfallenden Sedimente der gesamten Tideelbe. Dieses ist wie folgt definiert: als Feinmaterial bzw. Feinsediment gilt Sediment mit einem hohen Anteil in der Kornfraktion  $< 63 \mu\text{m}$  (Tone und Schluffe). Dieses Material besitzt aber zugleich auch größere Feinsandanteile ( $63 - 200 \mu\text{m}$ ), wobei schluffiger Feinsand das größte Sediment darstellt, welches in dieser Systemstudie noch zum Feinmaterial gezählt wird.

Während in der Systemstudie I (BfG 2008a) eine Betrachtung und Analyse des Wedeler Baggergutes aus der WSV-Strecke erfolgte, wird mit der Systemstudie II hieran insoweit angeknüpft, als dass die Gesamtheit des Feinmaterialmanagements (WSV und HPA) betrachtet wird.

Bei der Wassertiefenunterhaltung der WSV und HPA werden vorrangig geringe (Gesamt-) Baggermengen angestrebt, wobei gleichzeitig die Umweltauswirkungen und Kosten minimiert werden sollen. Die Systemstudie II beschreibt vergleichend für verschiedene Baggergutunterbringungsoptionen die voraussichtlichen Umweltauswirkungen. Das Ergebnis dieser ökologischen Betrachtungen soll neben technischen und fiskalischen Aspekten eine Entscheidungsgrundlage vorbereiten, um auf aktuelle und zukünftige Baggermengenentwicklungen kurzfristig und dynamisch reagieren zu können. Eine wichtige Grundlage ist das Strombau- und Sedimentmanagementkonzept (SSMK) für die Tideelbe (WSD Nord & HPA 2008).

Die vorliegende Systemstudie II fasst die Ergebnisse der ökologischen Betrachtungen und die hieraus abgeleiteten Kernaussagen zusammen. Unter Abwägung dieser Ergebnisse werden Empfehlungen (siehe Kapitel 8) für ein flexibles und zugleich adaptives Baggergut- und Sedimentmanagement abgeleitet, die nach dem derzeitigen Systemverständnis die geringsten negativen Auswirkungen auf die Umwelt haben werden. Hierunter ist eine Unterbringung von Baggergut zu verstehen, die ein an variierende Randbedingungen ausgerichtetes Handeln vorsieht und mittelfristig an neue Erkenntnisse angepasst wird. Die Ergebnisse der Systemstudie II, insbesondere hinsichtlich der Schadstoffbelastungen als wesentliche Einflussgröße des Sedimentmanagements der Tideelbe, sollen auch in das Sedimentmanagementkonzept, das die IKSE derzeit erarbeitet, einfließen.

In fünf Länderworkshops wurden seit April 2012 die Ländervertreter der Umweltverwaltungen aus Schleswig-Holstein, Hamburg und Niedersachsen über den Sachstand und Fortschritt der Systemstudie II informiert. Aus diesen Terminen sind Anregungen und Hinweise seitens der Ländervertreter in den Entwicklungsprozess der Systemstudie II

eingeflossen bzw. aufgenommen worden. Im Mai 2013 wurden mit dem „Statusbericht zur Systemstudie II“ die wesentlichen Ergebnisse und Erkenntnisse zusammengefasst (BfG 2013d).

Am 20. August 2013 wurde seitens der WSV und HPA ein übergeordneter Dialogprozess „Dialog zur Zukunft der Elbe von Hamburg bis zur Nordsee“ mit Bundesländern, Kommunen, Verbänden, Interessenvertretern und Akteuren entlang der Unterelbe initiiert, um u. a. Chancen und Möglichkeiten für die zukünftige Unterhaltung der Tideelbe als Wasserstraße zu erörtern und abzustimmen<sup>2</sup>. Die Systemstudie II soll außerdem neben anderen Expertisen als Diskussionsgrundlage zur Fortschreibung des SSMK dienen.

### **Gegenwärtiges Sedimentmanagement**

Baggerungen zur Gewährleistung der planfestgestellten Tiefe des Fahrwassers dienen der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt. Seit dem Jahr 2000 sind die im Zuge dieser Wassertiefenunterhaltung umzulagernden Baggermengen stromauf von Stade und insbesondere im Hamburger Raum stark angestiegen. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung ist in den Jahren 2006 bis 2008 die Systemstudie I (BfG 2008a) und im Jahr 2008 das SSMK als ein zuständigkeitsübergreifendes Strategiepapier von WSV und HPA erarbeitet worden. Für die Feinmaterialbewirtschaftung sieht das SSMK die „*allgemeine Zielsetzung ... in der Verringerung der Baggermengen durch die Stabilisierung des Sedimenthaushaltes...*“ (WSD Nord & HPA 2008). Die Menge des umgelagerten Feinmaterials, der Bereich der Unterbringung und der Oberwasserabfluss stellen die maßgeblichen Randbedingungen dar, welche die Intensität von Kreislaufbaggerungen und die Baggermentwicklung bestimmen.

Erste Maßnahmen im Sinne dieses SSMK waren die Herstellung und Unterhaltung eines Sedimentfangs vor Wedel, die vollständige Verbringung aller im Amtsbereich des WSA Hamburg gebaggerten Sedimente weiter stromabwärts im VSB 686/690 vor St. Margarethen (BfG 2012a, 2012b) sowie die zeitlich befristete, durch eine Ausnahmeregelung des Landes Schleswig Holstein ermöglichte Unterbringung von Hamburger Baggergut auf die Stelle „Tonne E3“ in der Nordsee.

In Abbildung 1 ist die gegenwärtige Strategie der Unterhaltungspraxis mit den Unterbringungsbereichen in Tideelbe und Nordsee (Tonne E3, befristet von 2005 bis 2011) dargestellt. Eine Erläuterung der gegenwärtigen Strategie, Hintergrundinformationen, die zur Entwicklung dieser Strategie geführt haben, und eine Bewertung des Ist-Zustandes erfolgt in Kapitel 6.

---

<sup>2</sup> Pressemitteilung von HPA,  
siehe <http://www.hamburg-port-authority.de/de/presse/pressearchiv/Seiten/Pressemitteilung-20-08-2013.aspx>

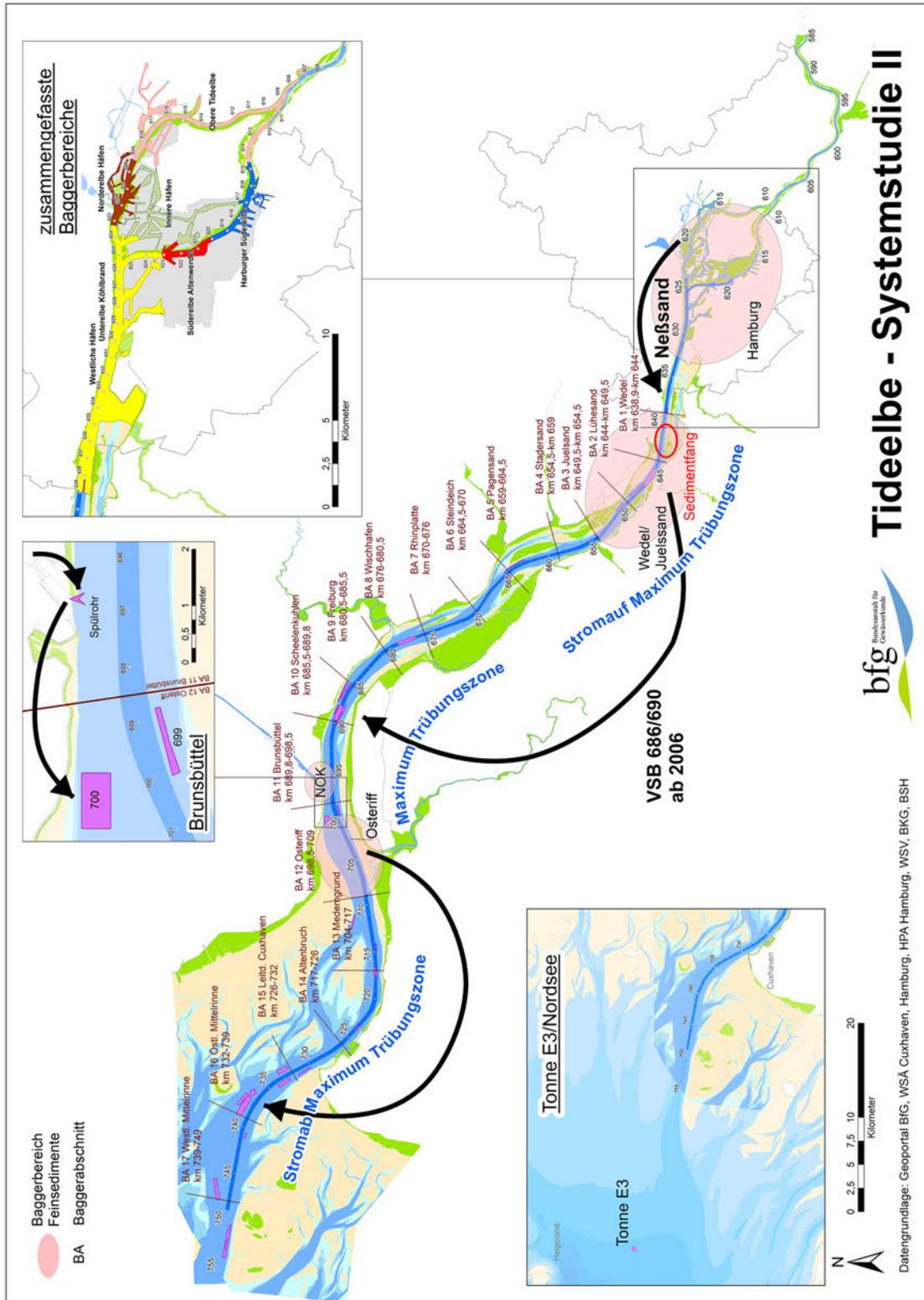


Abbildung 1: Gegenwärtige Unterbringungsstrategie für die Feinsedimente aus der Unterhaltungsbaggerung in der Tideelbe

## **Wesentliche ökologische Defizite in der Tideelbe**

Die Zunahme der Feinmaterialmengen, die Schadstoffbelastung der Sedimente und die sommerlichen Sauerstoffdefizite prägen die bestehenden ökologischen Defizite in der Tideelbe. Die Zunahme der zu baggernden Feinmaterialmengen ist zum einen durch verstärkten Eintrag und Stromauftransport von marinem Feinmaterial sowie eine verstärkte Mobilität von Sedimenten (höhere Strömungsgeschwindigkeiten) und zum anderen durch eine Zunahme von Kreislaufbaggerungen bedingt.

Die Schadstoffbelastung in der Tideelbe resultiert zum überwiegenden Teil aus Einträgen aus der Mittelelbe. Quellen im Hamburger Hafen (z. B. Häfen, Hafenbecken) bestehen vor allem für Tributylzinnverbindungen. Feinsedimente marinen Ursprungs hingegen, die durch den „Tidal Pumping Effekt“ stromauf entlang des Ästuars transportiert werden, sind weniger belastet.

Sauerstoffdefizite treten besonders im Sommer bei niedrigen Oberwasserabflüssen stromauf der maximalen Trübungszone bis hin zum Hamburger Hafen auf. Hier findet der Abbau organischer Partikel statt, die überwiegend aus der Mittelelbe stammen und aus Algen sowie abgestorbenem organischem Material bestehen. Hohe Sauerstoffzehrungen können in diesem Bereich aufgrund der großen Wassertiefen und der damit verbundenen schlechten Sauerstoffnachlieferung aus der Atmosphäre nicht ausgeglichen werden.

## 2 Methodischer Ansatz

### 2.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich vom Wehr Geesthacht über das Stromspaltungsgebiet der Freien und Hansestadt Hamburg seewärts bis zur Elbmündung und in der Nordsee bis zum Schlickfallgebiet. Die Tideelbe ist in Baggerabschnitte (BA) eingeteilt und im Hamburger Bereich wurden diese zu Teilgebieten zusammengefasst (G1 - G6). Entlang der Tideelbe von Neßsand bis in das Schlickfallgebiet der Nordsee existieren Unterbringungsbereiche, die dauerhaft oder temporär genutzt werden. Eine ausführliche Darstellung aller Bereiche ist im Anlagenband (Band 2) in Anlage 1 und 3 enthalten.

### 2.2 Untersuchungsumfang

Die Systemstudie II umfasst die Fachthemen Morphologie/Hydrologie, Wasserbeschaffenheit (Sauerstoff, Nährstoffe, Plankton), Schadstoffe, Ökotoxikologie, Makrozoobenthos, Fische, Vegetation und die rechtlichen Aspekte.

Die Systemstudie II basiert auf der Systemstudie I (BfG 2008a). Die Datengrundlage wurde aktualisiert und unter Berücksichtigung von seit 2008 durchgeführten Untersuchungen der BfG sowie Systemanalysen der Bundesanstalt für Wasserbau Hamburg (BAW 2008) fortgeschrieben. Schwerpunkt der Studie ist die Suche nach Optimierungspotenzial bezüglich der derzeitigen Unterhaltungsstrategie (Feinmaterial) von WSV und HPA. Die wesentlichen Mengen an Feinmaterial fallen in den vier Baggerbereichen Hamburg, Wedel/Juelssand, Nord-Ostsee-Kanal (NOK) und Osteriff an.

Für die Systemstudie II wurden die Baggerdaten und Baggergutcharakteristika in der WSV- und der Delegationstrecke einschließlich der Hafenzufahrten systematisch erfasst, analysiert und fachwissenschaftlich bewertet. Basierend darauf wurde eine ökologische Bewertung sowohl für die derzeitige Feinmaterialbewirtschaftung als auch für weitere Szenarien durchgeführt. Mit diesen Szenarienbetrachtungen ist eine Sensitivitätsanalyse für verschiedene Unterbringungsbereiche und dem jeweilig anfallenden Baggergut verbunden. Die in dieser Systemstudie betrachteten Unterbringungsbereiche liegen im gesamten Elbeästuar sowie im Bereich des Schlickfallgebietes in der Nordsee südöstlich von Helgoland. Zudem wurden bestehende ökologische Defizite identifiziert, die durch eine Modifikation der Unterhaltungsstrategie gemindert werden könnten. Die Ergebnisse dieser Sensitivitätsanalyse sind Grundlage für Empfehlungen (siehe Kapitel 8), welche die Möglichkeiten zur Umsetzung eines flexiblen, also auf variierende Randbedingungen und adaptiven, also auf unerwünschte Reaktionen des Systems abgestimmten Baggergut- und Sedimentmanagements aufzeigen.

Im Rahmen der Systemstudie II ist die Baggergutunterbringung in die Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) Deutschland unter Beteiligung des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) Hamburg und der Bundesanstalt für Wasserbau Hamburg (BAWDH) geprüft worden. Aufgrund der Strömungs- und Verdriftungswege in der AWZ, vor dem Hintergrund des rechtlichen Rahmens (z. B. HoheSeeEinbrG, MSRL) sowie der sehr

weiten Transportwege sind für eine Baggergutunterbringung aus der Tideelbe in die AWZ jedoch keine geeigneten Voraussetzungen gegeben (siehe Anhang 4).

## 2.3 Methode

Den Aussagen in diesem Bericht liegt ein aktuelles Systemverständnis (Kapitel 6) zugrunde. Es basiert auf dem in der Systemstudie I (BfG 2008a) beschriebenen Systemverständnis, das in vorliegender Systemstudie II mit neueren Daten und Erkenntnissen fortgeschrieben und erweitert wurde.

Für eine Analyse der derzeitigen Unterhaltung auf umweltrelevante Optimierungspotenziale wurde die Methode einer szenariobasierten Sensitivitätsanalyse verwendet. Tabelle 1 enthält eine Kurzbeschreibung der analysierten Szenarien. Die Szenarien gehen davon aus, dass das Baggergut auch künftig im Gewässer verbleibt (Ausnahme: Hypothetisches Szenario 3).

Die Szenarien können wie folgt gruppiert werden:

- > **Szenario 1** beschreibt die derzeitige Unterhaltungsstrategie.
- > Die **Szenarien 2 - 5** sind Extremszenarien, mit deren Hilfe Vor- und Nachteile der verschiedenen Strategien klarer herausgearbeitet werden. In jedem dieser Szenarien wird, für jeweils einen der vier Feinmaterial-Baggerbereiche (Hamburg, Wedel/Juelssand, NOK, Osteriff), das gesamte dort anfallende Baggergut an nur einen, stromab gelegenen Unterbringungsbereich verbracht.
- > Die **hypothetischen Szenarien Hypo 1 - 3** sind nicht empfohlene und unrealistische Vorgehensweisen, deren Betrachtung dazu dient, das System Tideelbe und darin ablaufende Prozesse besser zu verstehen.

Der betrachtete Zeithorizont ist mit etwa 10 Jahren mittelfristig angelegt. Differenziert wird nach kleinräumigen bis systemweiten und, wenn möglich, nach oberwasserabflussabhängigen Auswirkungen.

Die Basis für die Analyse stellt die gegenwärtige Unterhaltungsstrategie dar (Szenario 1, Abbildung 1). Zusätzlich werden die betrachteten Szenarien um die folgenden Vorgaben ergänzt, die zukünftig aus der aktuell geplanten Fahrrinnenanpassung (FAP) für die Unterhaltung resultieren werden:

- > Es muss zukünftig im Bereich der Begegnungsbox vor Wedel im Baggerbereich Wedel/Juelssand mit einer Baggermenge in der Größenordnung von etwa 1 Mio. m<sup>3</sup>/a gerechnet werden (WSA Hamburg, schriftliche Mitteilung).
- > *„Unterhaltungsbaggerungen mit Hopperbaggern dürfen im Zeitraum vom 15. April bis 30. Juni nur durchgeführt werden, wenn sichergestellt ist, dass an der geplanten Baggerstelle im Hauptlaichgebiet der Finte (Schwingemündung bis Mühlenberger Loch) kein Laichgeschehen stattfindet. Die Maßnahmen zur Ermittlung, ob in dem für die Unterhaltungsmaßnahme vorgesehenen Bereich ein Laichgeschehen stattfindet, sind in Abstimmung mit den zuständigen Naturschutzbehörden der Länder festzulegen. Sollte eine Laichaktivität festgestellt werden, löst dies unmittelbar ein dreitägiges Verbot von Unterhaltungstätigkeiten in diesem Einsatzbereich aus. Der*

*Zeitpunkt und das Gebiet, in dem die Laichaktivität festgestellt wurde, sind zu dokumentieren. Nach Ablauf der dreitägigen Schonzeit ist die konkrete Unterhaltungsmaßnahme an der betreffenden Stelle erlaubt.“ (WSD Nord 2012, FHH 2012)*

Für diesen erweiterten Ist-Zustand werden in Kapitel 6 die umweltbezogenen Auswirkungen der derzeit praktizierten Unterhaltung (= Szenario 1) für verschiedene Fachaspekte beschrieben. Das Baggergut wird abhängig vom Ort der Baggerung stets stromabwärts auf unterschiedliche Unterbringungsstellen umgelagert (siehe auch Abbildung 1). Das in dieser Systemstudie II betrachtete Feinmaterial stammt im Wesentlichen aus den Baggerbereichen Hamburg, Wedel/Juelssand, NOK und Osteriff. Das Baggergut in den anderen Bereichen der Tideelbe ist dagegen stark sandig. Empfehlungen zur Unterbringung des sandigen Baggergutes für den Bereich stromauf von Brunsbüttel (überwiegend Baggerungen von Einzeluntiefen) sind in Kapitel 9 beschrieben. Handlungsoptionen zur Optimierung der Unterhaltungsstrategie für die sandigen Baggermengen, die im Bereich des Mündungstrichters der Tideelbe anfallen, sind in BAW (2013) beschrieben.

Für die Szenarien 2 bis 5 (Tabelle 1) werden die fachspezifischen ökologischen Auswirkungen in Kapitel 7 beschrieben, die sich ergäben, wenn aus jeweils einem der vier betrachteten Baggerbereiche das **gesamte** gebaggerte Feinmaterial in einen weiter stromabwärts gelegenen Unterbringungsbereich gebracht würde. Die folgenden Unterbringungsbereiche werden dabei unterschieden (vgl. Abbildung 1):

- > Bereich stromauf des Trübungsmaximums (stromauf MaxTrüb)
- > Bereich des Trübungsmaximums (MaxTrüb)
- > Bereich stromab des Trübungsmaximums (stromab MaxTrüb)
- > Nordsee, begrenzt auf das Schlickfallgebiet südöstlich vor Helgoland (Nordsee (Schlickfallgebiet))

Beispielsweise wurden für das Szenario 2a die umweltbezogenen Auswirkungen prognostiziert, wenn das gesamte Baggergut aus dem Bereich Hamburg (ohne das Baggergut, das zur METHA<sup>3</sup> gelangt) auf Unterbringungsstellen im Bereich von MaxTrüb verbracht würde.

Des Weiteren wurden für drei hypothetische Szenarien (Hypo 1 - 3) die möglichen Auswirkungen analysiert, um das Systemverständnis zu verbessern.

Die Festlegung der behandelten Szenarien erfolgt anhand morphologischer Kriterien. Die Auswirkungen der festgelegten Szenarien werden aus Sicht aller Fachthemen dargestellt und bewertet.

Aus der Analyse der ökologischen Auswirkungen und Defizite der derzeitigen Unterbringungspraxis (Szenario 1) lassen sich Strategievorschläge ableiten. Die Szenarien 2 bis 5 und „Hypothetisches Szenario 1“ bis Hypothetisches Szenario 3“ dienen der Identifikation weiterer Optimierungsvorschläge.

---

<sup>3</sup> Anlage von HPA zur Mechanischen Trennung und Entwässerung von Hafensedimenten

**Tabelle 1: Beschreibung der Szenarien (Vorgaben aus FAP (1 Mio. m<sup>3</sup> Baggermehrmengen, Fintenschonzeit) enthalten)**

<b>Szenario 1</b> Derzeitiges Unterbringungskonzept	1) Fortführung der gegenwärtigen Unterbringungsstrategie
<b>Szenario 2</b> Szenarien zur Unterbringung für Baggergut aus Hamburg	2a) alles nach „MaxTrüb“ 2b) alles nach „Nordsee (Schlickfallgebiet)“
<b>Szenario 3</b> Szenarien zur Unterbringung für Baggergut BA Wedel & Juellssand	3a) alles nach „stromab MaxTrüb“ 3b) alles nach „Nordsee (Schlickfallgebiet)“
<b>Szenario 4</b> Szenarien zur Unterbringung für Baggergut NOK (elbseitiger Schleusenbereich)	4a) alles nach „stromab MaxTrüb“ 4b) alles nach „Nordsee (Schlickfallgebiet)“
<b>Szenario 5</b> Szenarien zur Unterbringung für Baggergut BA Osteriff	5) alles nach „Nordsee (Schlickfallgebiet)“
<b>Hypothetisches Szenario 1:</b> „kein Baggern“	Einstellung sämtlicher Baggerungen zur Unterhaltung der Wassertiefe
<b>Hypothetisches Szenario 2:</b> Unterbringungsstrategie von vor 2005	Baggergut BA Wedel/Juellssand nach „stromauf MaxTrüb“
<b>Hypothetisches Szenario 3:</b> Unterbringung „Entnahme aus System“	Das gesamte Feinmaterial aus der Unterhaltung wird dem System entnommen.

Mit Hilfe dieser szenariobasierten Sensitivitätsanalyse wird versucht, fachübergreifend die Komplexität des Systems Tideelbe, vor allem die vorhandene Gegenläufigkeit von Wirkpfaden und -prozessen und die „äußeren“ Randbedingungen darzustellen. Diese bedingen, dass es nicht eine (einzige) für alle Fachaspekte geeignete Strategie geben kann. Dementsprechend werden die verschiedenen Optionen zur Unterbringung von Feinsedimenten mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen verschiedener Fachaspekte dargestellt.

## 3 Ökologisches Leitbild und Ziele

### 3.1 Elbeästuar

Im Elbeästuar treffen vielfältige Nutzungen und Interessen aufeinander, die die Ökologie des Ästuars beeinflussen. Hierzu zählen insbesondere wasserwirtschaftliche Aspekte, Schifffahrt, Naturschutz und Hochwasserschutz. Diese Aspekte sind bei einer Leitbildentwicklung zu berücksichtigen. Bei der Aufrechterhaltung von Schifffahrt und Hochwasserschutz kann ein natürliches Ästuar nicht als Leitbild herangezogen werden. Wie bereits in der Potenzialanalyse Unter- und Außenelbe (BfG 2002) ausgeführt, orientiert sich deshalb das ökologische Leitbild im Rahmen des Sedimentmanagements an einem Optimalzustand mit Erhalt von Deich und vertiefter Fahrrinne (BfG 2008a). Auch die EG-WRRL berücksichtigt die vorhandenen Nutzungen, indem sie den Wasserkörper „Übergangsgewässer Tideelbe“ als „erheblich verändert“ einstuft. Das Leitbild entspricht somit dem Ansatz der EG-WRRL, das Umweltziel „gutes ökologisches Potenzial“ zu erreichen.

Ökologisches **Leitbild** für das Elbeästuar (BfG 2002):

- > Das Elbeästuar ist ein dynamisches System von Flach- und Tiefwasserbereichen, Wattflächen, terrestrischen Flächen, Inseln (Sänden) und Stromarmen mit einer möglichst naturnahen Ausprägung von Tide und Strömung.
- > Morpho- und hydrodynamische Prozesse (Erosion, Sedimentation, Verlandung, Überflutungen) führen zu einer stetigen Veränderung von Lebensräumen.
- > Die Qualität von Boden, Sediment und Wasser ist so beschaffen, dass die Voraussetzungen zur nachhaltigen Entwicklung natürlicher Lebensräume gegeben sind.
- > Die für das Gebiet typischen Lebensräume sind vorhanden, so dass darin alle ästuar-typischen Pflanzen- und Tierarten in langfristig überlebensfähigen Populationen und den entsprechenden Vergesellschaftungen vorkommen.
- > Die Biotope/Lebensgemeinschaften des Elbeästuars erfüllen weitere wichtige ökosystemare Funktionen wie die Filterung von Schad- und Nährstoffen.

Die im Folgenden formulierten **Umweltziele** und weitergehenden **Zielzustände** konkretisieren die im Leitbild dargestellten allgemeinen Grundsätze, insbesondere hinsichtlich eines optimierten Baggergut- und Sedimentmanagements.

Die Umweltziele für ein Baggergut- und Sedimentmanagement bezüglich der **Morphologie** sind die Erhaltung und Entwicklung ästuartypischer morphologischer Prozesse bei gleichzeitiger Sicherstellung von Leichtigkeit und Sicherheit der Schifffahrt. Ein auf ökologische Kriterien optimiertes Baggergut- und Sedimentmanagement soll die Erreichung der folgenden Zielzustände (vgl. BfG 2008a) mittelfristig unterstützen:

- > Eine Umlagerungsstrategie ermöglicht eine möglichst große morphologische Strukturvielfalt im gesamten Ästuar, die jeweils dem entsprechenden Bereich (äußerer Ästuarbereich, Brackwasserzone, limnischer Bereich) angepasst ist.
- > Die Funktionsfähigkeit und die Teilnahme der Nebenelben an morphologischen Prozessen werden sichergestellt.

- > Eine ästuartypische Niveauflächenverteilung mit den Strukturelementen Vorland, Watt, Flachwasser und Tiefwasser wird angestrebt.
- > Bezüglich des Feststoffhaushaltes wird eine ästuartypische Schwebstoffdynamik mit Schwebstoffgehalten und Sohlsubstraten, die den natürlichen Milieubedingungen angepasst sind, erhalten bzw. gesichert.
- > Um eine langfristige Regimestabilität zu erzielen, weisen Sedimentation und Erosion großräumig einen Gleichgewichtszustand auf. Es werden sowohl natürliche als auch anthropogen verursachte Materialkreisläufe nicht verstärkt. Eine Stabilisierung des Regimes wird durch ein ökologisch optimiertes Umlagerungskonzept unterstützt.
- > Die Entwicklung kleinräumiger morphologischer Prozesse wie Uferabbrüche, Anlandungszonen sowie innere Mäandrierung werden durch das Umlagerungskonzept nicht eingeschränkt.

Aus Sicht der **Hydrologie** ist die Sicherung und Entwicklung einer ästuartypischen Tidedynamik im gesamten Bearbeitungsgebiet das generelle Umweltziel. Der Hochwasser- und Sturmflutschutz besitzt grundsätzlich höchste Priorität. Weitere Zielzustände bzgl. der Hydrologie sind:

- > Die die ästuartypische Tidedynamik beschreibenden Parameter wie Tidehochwasser (Thw) und Tidehub (Thb) werden nicht weiter erhöht, das Tideniedrigwasser (Tnw) nicht weiter gesenkt.
- > Die vorhandene ästuartypische Tidedynamik der Nebelben und Nebenflüsse wird nicht nachteilig verändert.
- > Die durch das Stromspaltungsgebiet oberhalb Hamburgs bedingten Verhältnisse von Flut- zu Ebbedauer werden trotz der wesentlich kleiner werdenden Fließquerschnitte nicht nachteilig verändert.

Bezüglich der **Wasserbeschaffenheit (Sauerstoff, Nährstoffe und Phytoplankton)** gilt als generelles Umweltziel die Erhaltung und Verbesserung der Wasserbeschaffenheit und der trophischen Strukturen im Ästuar. Weitergehende Zielzustände für die Tideelbe sind:

- > Die Sauerstoffgehalte liegen generell im Bereich der Sättigung. Vorübergehende Abweichungen bis 60%-Untersättigung sind zu tolerieren, etwa im Bereich des Trübungsmaximums (natürliche Trübungsmaxima ca. bei Brunsbüttel, Elbe-km 685) und zu bestimmten Zeiten lokal in stark mit Feinmaterial versorgten Sedimentationsräumen.
- > Der limnische und polyhaline Abschnitt der Tideelbe sind autotroph, während im oligo- bis mesohalinen Abschnitt heterotrophe Prozesse überwiegen. Die Primärproduktion im Wasser und auf den Watten bildet eine angemessene Nahrungsgrundlage für das nachfolgende Nahrungsnetz.
- > Der oberstromige Eintrag in das Ästuar mit Nährstoffen, organischem Material und lebender Algenbiomasse wird reduziert.

Das Umweltziel bezüglich der Qualität von **Boden, Sedimenten und Wasser** ist die Erhaltung und Entwicklung von nur gering bzw. nicht anthropogen mit Schadstoffen belasteten Sedimenten und Schwebstoffen in der Tideelbe und in den angrenzenden Nordseewatten. Prinzipiell soll die Baggergut- und Sedimentmanagementstrategie die derzeitige Belastungs-

situation in der Tideelbe berücksichtigen und durch ein gezieltes Management Beeinträchtigungen vermeiden. Kurzfristig kann nur erreicht werden, dass die Schadstoffbelastung in den einzelnen Abschnitten der Tideelbe und der angrenzenden Nordseewatten nicht weiter zunimmt. Folgende Zielzustände sind unter Berücksichtigung der Randbedingungen anzustreben:

- > Die Schadstoffgehalte in den Sedimenten bzw. Böden der einzelnen Bereiche des Elbeästuars und der Nordseewatten sollen sich in Richtung der natürlichen Gehalte entwickeln.
- > Der Schadstoffeintrag aus der Binnenelbe in das Ästuar sowie ggf. punktuelle Einträge innerhalb des Ästuars werden verringert und somit die Schadstoffbelastung in der Tideelbe und den Nordseewatten mittel- und langfristig gesenkt.
- > In einigen Wattbereichen des Elbeästuars lagern derzeit vergleichsweise stabil z. T. große Schadstoffmengen. Eine direkte und indirekte Mobilisierung der Schadstoffe durch Resuspendierung der abgelagerten Feinsedimente und eine damit verbundene großräumige Verfrachtung von Schadstoffen in stromab gelegene Sedimentationsräume bis hin zu den Nordseewatten soll vermieden bzw. möglichst gering gehalten werden.

Der Zielzustand des Ästuars Tideelbe im Hinblick auf die Ökotoxikologie ist eine nicht vorhandene oder nur sehr geringe toxische Belastung der aquatischen Lebensräume:

- > Die in den jeweiligen Bereichen der Tideelbe festgestellten Belastungspotenziale sollten nicht ansteigen, sondern bedingt durch zurückgehende Schadstoffeinträge und Abbauprozesse abnehmen.
- > Ein Anstieg der Belastung in bisher gering belasteten Bereichen des Elbeästuars wird unterbunden.

Das generelle Umweltziel für die **Fauna** besteht in der nachhaltigen Entwicklung der charakteristischen Vielfalt an Arten und Lebensgemeinschaften sowie ihrer lebensräumlichen Voraussetzungen.

Das Umweltziel für das **Makrozoobenthos** im Elbeästuar ist das Vorkommen aller für Ästuar typischen Biozönosen und Tiergruppen, insbesondere auch die für das Ökosystem wichtigen funktionellen Gruppen in typischen Individuendichten und Verhältnissen zueinander. Voraussetzung für die Zielerreichung ist das Vorhandensein aller für die Biozönosen wichtigen Lebensräume (Flachwasserbereiche, Nebenarme etc.) mit ihren unterschiedlichen Ausprägungen (unterschiedliche Sedimentzusammensetzung, Strömungsverhältnisse und Dynamik) in einer ästuartypischen Ausgewogenheit.

Zielzustand für die **Fischfauna** ist ein ästuartypischer, arten- und individuenreicher Fischbestand. Wichtige Umweltziele in diesem Zusammenhang sind:

- > möglichst geringe Schwebstoffkonzentrationen in den wichtigen Reproduktionsgebieten ästuartypischer Fischarten stromab von Hamburg,
- > eine Minimierung bzw. keine weitere Verstärkung der abschnittsweise in einigen Seiten- und Flachwasserbereichen entlang des Flussverlaufs und in einigen Neben-

elben des Elbeästuars zu beobachtenden Verlandungstendenzen (wiederum insbesondere in den Reproduktionsgebieten stromab von Hamburg)

- > Rückgang der zeitweilig für Fische kritischen Sauerstoffsituation stromab von Hamburg.

Im Rahmen des Integrierten Bewirtschaftungsplanes Elbeästuar (IBP) wurden aus den **Natura 2000-Zielen** und den **Nutzungszielen** integrierte Ziele abgeleitet (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012). **Integrierte Ziele** von besonderer Bedeutung für die aquatische Landschaftszone gemäß IBP sind u. a. folgende:

- > Erhaltung und Förderung eines für die Unterelbe typischen, vielfältigen Strömungsmusters
- > Vermeidung eines weiteren Tidehubanstiegs; nach Möglichkeit Verringerung des Tidehubs
- > Erhaltung und Wiederherstellung von Flachwasserzonen
- > Rückkehr zu einem naturnäheren Verhältnis von Erosion, Sedimenttransport und Sedimentation
- > Naturnahe räumliche Verteilung der Sedimentarten Sand, Schluff und Ton, Erhaltung des elbtypischen Spektrums der benthischen Lebensgemeinschaften
- > Optimierung des Sedimentmanagements mit dem Ziel, die von Baggerungen und Umlagerungen ausgehenden negativen Effekte zu verringern
- > Senkung der Schadstoffbelastung der Sedimente
- > Sicherung eines Wasserzustands, der den ökologischen Ansprüchen der Lebensgemeinschaft des Ästuars entspricht (insb. Sauerstoffkonzentration in der Regel > 6 mg/l), Einhaltung der Zielwerte für Nähr- und Schadstoffe nach einschlägigen Richtlinien (u. a. WRRL)
- > Erhaltung und Wiederherstellung der Laich- und Aufwuchsgebiete der Finte zwischen Hamburg und Glückstadt sowie des Rapfens zwischen Geesthacht und Hamburg
- > Erhaltung und Entwicklung von störungsfreien Nahrungs- und Ruheflächen, insbesondere für störungsempfindliche Vogelarten im Watt und in den Flachwasserbereichen

Besonders bedeutsame Zielsynergien:

- > Umsetzung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie
- > Naturnähere Tide- und Sedimentverhältnisse zur Reduktion des Unterhaltungsaufwands
- > Minimierung der Unterhaltung; soweit möglich, Ersatz von Deckwerken durch naturnahe Ufersicherung

## 3.2 Nordsee

Teile des Betrachtungsgebietes vorliegender Systemstudie liegen im Küstenmeer der Nordsee und somit im Geltungsbereich der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (2008/56/EG, MSRL). Das übergeordnete Ziel der MSRL ist das Erreichen eines „guten Umweltzustands“ (GES) in

allen europäischen Meeren bis zum Jahr 2020<sup>4</sup>. Die Beschreibung des guten Umweltzustandes erfolgt auf Grundlage der in der MSRL, Anhang I aufgeführten 11 Deskriptoren, die mit Beschluss der EU-Kommission zu Kriterien und methodischen Standards (2010/477/EU) und dem Bericht zu Artikel 9 (GES) weiter konkretisiert wurden (BLANO 2012a).

Die folgenden **Umweltziele** gelten als allgemeine und übergeordnete Richtschnur zur Erreichung des guten Umweltzustands in der deutschen Nordsee bis 2020 (BLANO 2012b):

- > Meere ohne Beeinträchtigung durch anthropogene Eutrophierung
- > Meere ohne Verschmutzung durch Schadstoffe
- > Meere ohne Beeinträchtigungen der marinen Arten und Lebensräume durch die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten
- > Meere mit nachhaltig und schonend genutzten Ressourcen
- > Meere ohne Belastung durch Abfall
- > Meere ohne Beeinträchtigung durch anthropogene Energieeinträge
- > Meere mit natürlicher hydromorphologischer Charakteristik

Sie bilden einen Rahmen, der mit jeweils spezifischen operativen Zielen ausgefüllt und durch zugehörige Indikatoren weiter konkretisiert wird (s. Anlage I, BLANO 2012b). Jedes Umweltziel trägt zur Verbesserung des Zustands mehrerer Deskriptoren (Anhang I MSRL) und den entsprechenden Kriterien und Indikatoren des EU-Kommissionsbeschlusses (2010/477/EU) bei.

---

<sup>4</sup> In Artikel 3 MSRL (2008/56/EG) Begriffsbestimmungen ist gemäß Absatz (5) festgelegt: „Guter Umweltzustand“ ist der Umweltzustand, den Meeresgewässer aufweisen, bei denen es sich um ökologisch vielfältige und dynamische Ozeane und Meere handelt, die im Rahmen ihrer jeweiligen Besonderheiten sauber, gesund und produktiv sind und deren Meeresumwelt auf nachhaltigem Niveau genutzt wird, so dass die Nutzungs- und Betätigungsmöglichkeiten der gegenwärtigen und zukünftigen Generationen erhalten bleiben, d. h.:

a) Die Struktur, die Funktionen und die Prozesse der einzelnen Meeresökosysteme sowie die damit verbundenen physiografischen, geografischen, geologischen und klimatischen Faktoren ermöglichen es, dass diese Ökosysteme ohne Einschränkungen funktionieren und ihre Widerstandsfähigkeit gegen vom Menschen verursachte Umweltveränderungen erhalten bleibt. Die im Meer lebenden Arten und ihre Lebensräume sind geschützt, ein vom Mensch verursachter Rückgang der biologischen Vielfalt wird verhindert, und die unterschiedlichen Komponenten stehen im Gleichgewicht.

b) Die hydromorphologischen, physikalischen und chemischen Verhältnisse der Ökosysteme, einschließlich der Verhältnisse, die sich aus menschlicher Tätigkeit in dem betroffenen Gebiet ergeben, stützen die vorstehend beschriebenen Ökosysteme. Vom Menschen verursachte Einträge von Stoffen und Energie, einschließlich Lärm, in die Meeresumwelt verursachen keine Verschmutzungseffekte.

Der gute Umweltzustand wird auf der Ebene der jeweiligen bzw. -unterregion festgelegt. Zur Erreichung des guten Umweltzustands wird ein anpassungsfähiges Management auf der Grundlage des Ökosystem-Ansatzes angewandt.

## 4 Rechtliche Aspekte

Bei Unterhaltungsmaßnahmen im Elbeästuar sind neben den Europäischen Richtlinien (Fauna-Flora-Habitat-RL, Vogelschutz-RL, Wasserrahmenrichtlinie, Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie) verwaltungsinterne Vorgaben, z. B. die Handlungsanweisungen HABAB und GÜBAK (BfG 2000, Anonymus 2009) sowie der Leitfaden Umweltbelange bei der Unterhaltung von Bundeswasserstraßen (BMVBS 2012) zu berücksichtigen.

Eine Betrachtung nationaler Schutzgebiete ist nicht erforderlich, da i. d. R. Unterhaltungsmaßnahmen ausdrücklich als zulässige Handlungen in den Schutzgebietsverordnungen genannt sind. Zudem sind sie flächendeckend als Natura 2000-Gebiete ausgewiesen.

Für den hamburgischen Bereich der Tideelbe besteht zusätzlich ein Einvernehmen/eine Übergangsregelung zwischen HPA und der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) bezüglich der Baggergutunterbringung (HPA & BSU 2012). Im Rahmen dieses Einvernehmens stellen Empfehlungen der ARGE Elbe (1996) die Grundlage für die Schadstoffbewertung dar.

Im Rahmen der geplanten Fahrrinnenanpassung der Tideelbe (FAP) wurde geprüft, ob sich die prognostizierten Auswirkungen einschließlich der zu erwartenden vermehrten Unterhaltungsmaßnahmen nachteilig auf artenschutzrechtliche Belange, Zustand der Wasserkörper und Zielerreichung im Rahmen von WRRL und MSRL sowie auf die FFH-Verträglichkeit auswirken.

### 4.1 Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL)

Im Elbeästuar befinden sich Schutzgebiete unterschiedlicher Kategorien, die sich zum Teil überlappen und der Betrachtungsraum ist nahezu flächendeckend mit Natura 2000-Gebieten ausgewiesen. Die Natura 2000-Kulisse setzt sich im Betrachtungsraum aus folgenden 12 FFH-Gebieten, sieben EU-Vogelschutzgebieten sowie sechs Important Bird Areas (IBA-Gebiete) zusammen (vgl. Abbildung 2 und 3):

- > FFH-Gebiet Hamburger Untereelbe (2526-305)
- > FFH-Gebiet Borghorster Elblandschaft (2527-303)
- > FFH-Gebiet Zollenspieker/Kiebitzbrack (2627-301)
- > FFH-Gebiet Heuckenlock/Schweenssand (2526-302)
- > FFH-Gebiet Elbe zw. Geesthacht und Hamburg (2526-332)
- > FFH-Gebiet Mühlenberger Loch/Neßsand (2424-302)
- > EU-Vogelschutzgebiet Mühlenberger Loch (2424-401)
- > FFH-Gebiet Rapfenschutzgebiet Hamburger Stromelbe (2424-303)
- > FFH-Gebiet Schleswig-Holsteinisches Elbästuar u. angrenzende Flächen (2323-392)
- > EU-Vogelschutzgebiet Untereelbe bis Wedel (2323-401)
- > FFH-Gebiet Untereelbe (2018-331)
- > EU-Vogelschutzgebiet Untereelbe (2121-401)
- > FFH-Gebiet Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und angrenzende Küstengebiete (0916-391)

- > EU-Vogelschutzgebiet Ramsar-Gebiet Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und angrenzende Küstengebiete (0916-491)
- > EU-Vogelschutzgebiet Vorland St. Margarethen (2121-402)
- > FFH-Gebiet Nationalpark Hamburgisches Wattenmeer (2016-301)
- > EU-Vogelschutzgebiet Nationalpark Hamburgisches Wattenmeer (2016-401)
- > EU-Vogelschutzgebiet Seevogelschutzgebiet Helgoland (1813-491)
- > FFH-Gebiet Helgoland mit Helgoländer Felssockel (1813-391)

Hinzu kommen folgende Important Bird Areas:

- > IBA Gebiet Mühlenberger Loch (036)
- > IBA Gebiet Pinneberger Elbmarschen (025)
- > IBA Gebiet Elbmarsch Stade-Otterndorf (107)
- > IBA Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (289)
- > IBA Nationalpark Hamburgisches Wattenmeer (034)
- > IBA Östliche Deutsche Bucht (mit Helgoland) (291)

Weitere Informationen zu den Natura 2000- und IBA-Gebieten finden sich in Anhang 4.

Unterhaltungsmaßnahmen sind im Normalfall keine Projekte im Sinne der FFH-RL<sup>5</sup>. Daher ist für Unterhaltungsmaßnahmen keine förmliche FFH-Verträglichkeitsprüfung durchzuführen. Vor Durchführung der Unterhaltungsmaßnahmen prüfen die WSÄ, ob der Bereich der Unterhaltungsmaßnahme in einem Natura 2000-Gebiet liegt und geschützte Tierarten ausnahmsweise durch die Auswirkungen der Maßnahme betroffen sein können. In einem derartigen Fall wird eine Betroffenheit der Tiere durch Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen bzw. Alternativen in der Durchführung der Maßnahme minimiert bzw. ausgeschlossen. Wenn sich erhebliche Beeinträchtigungen nicht vermeiden lassen, ist die Unterhaltungsmaßnahme wie ein Projekt im Sinne des § 34 BNatSchG zu behandeln und dementsprechend eine FFH-Verträglichkeitsprüfung durchzuführen (BMVBS 2012).

Die WSV/HPA achtet darauf, dass sie bei Unterhaltungsmaßnahmen voraussichtlich keine nachteiligen Auswirkungen auf Natura 2000-Gebiete mit seinen Erhaltungszielen ausübt. Für die Tideelbe werden die Auswirkungen von Unterhaltungsbaggerungen und Baggergutunterbringungen in regelmäßigen Untersuchungen nach GÜBAK dokumentiert (z. B. BfG 2012b, BfG 2013b).

Bei der Beurteilung möglicher Auswirkungen von Unterhaltungsmaßnahmen sind ggf. Natura 2000-Managementpläne heranzuziehen. Der Integrierte Bewirtschaftungsplan (IBP) Elbeästuar für Natura 2000 zielt darauf ab, eine einzigartige Natur zu schützen und Lösungsmöglichkeiten für Nutzungsinteressen zu integrieren und aufzuzeigen (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012). Die WSV und HPA waren bei der Erstellung des IBP Elbeästuar beteiligt und das Strombau- und Sedimentmanagementkonzept ist enthalten. Die FFH-Verträglichkeit von Unterhaltungsmaßnahmen im Planungsraum wurde mit dem IBP nicht (ab-) geprüft.

---

<sup>5</sup> Geschützt werden Gebiete, die nach FFH-RL oder nach Vogelschutzrichtlinie (2009/147/EG) unter Schutz zu stellen sind. Nach Art. 7 FFH-RL finden die Vorschriften der FFH-RL auch auf Vogelschutzgebiete Anwendung.

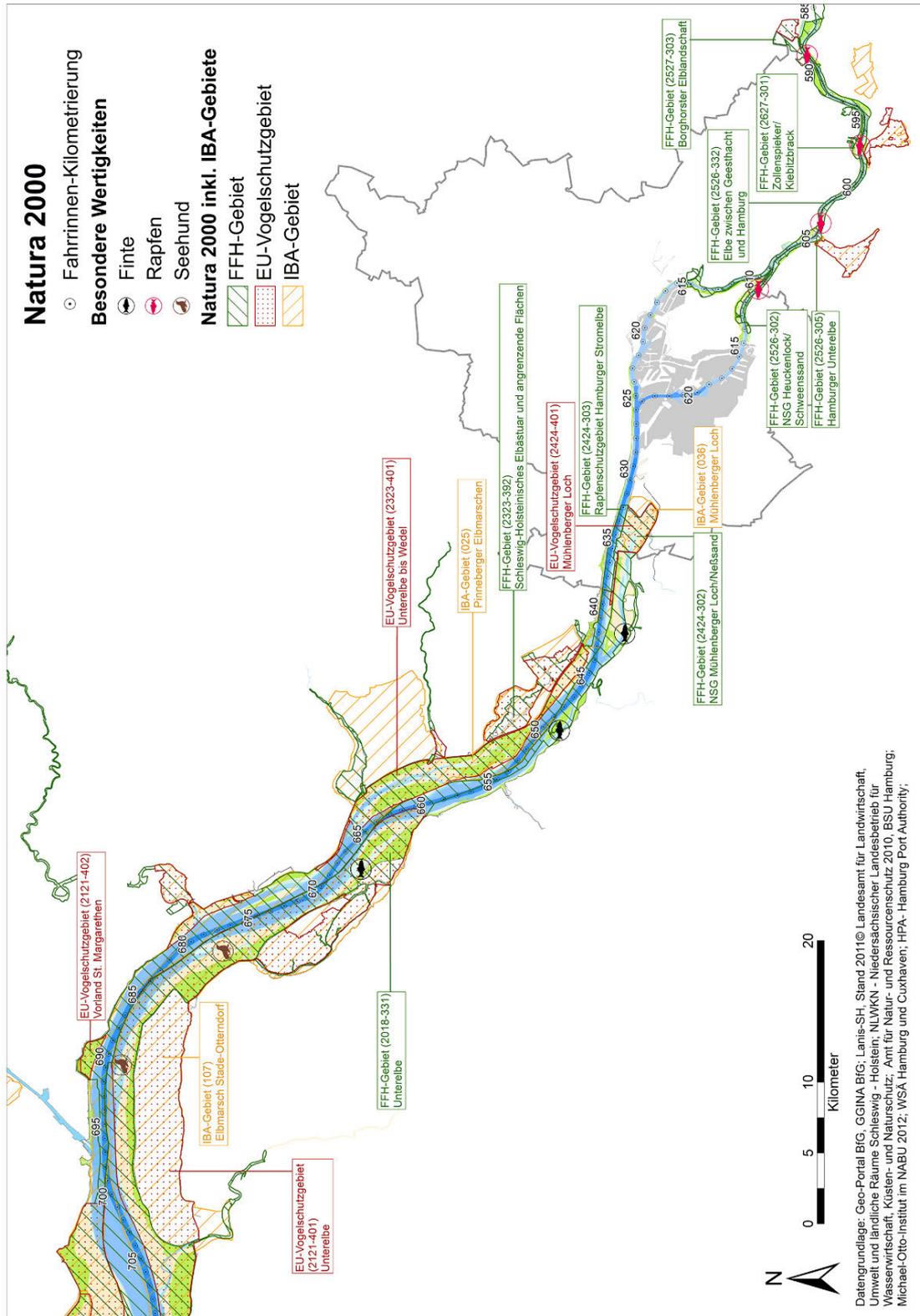


Abbildung 2: Natura 2000- und IBA-Gebiete in der Untereibe

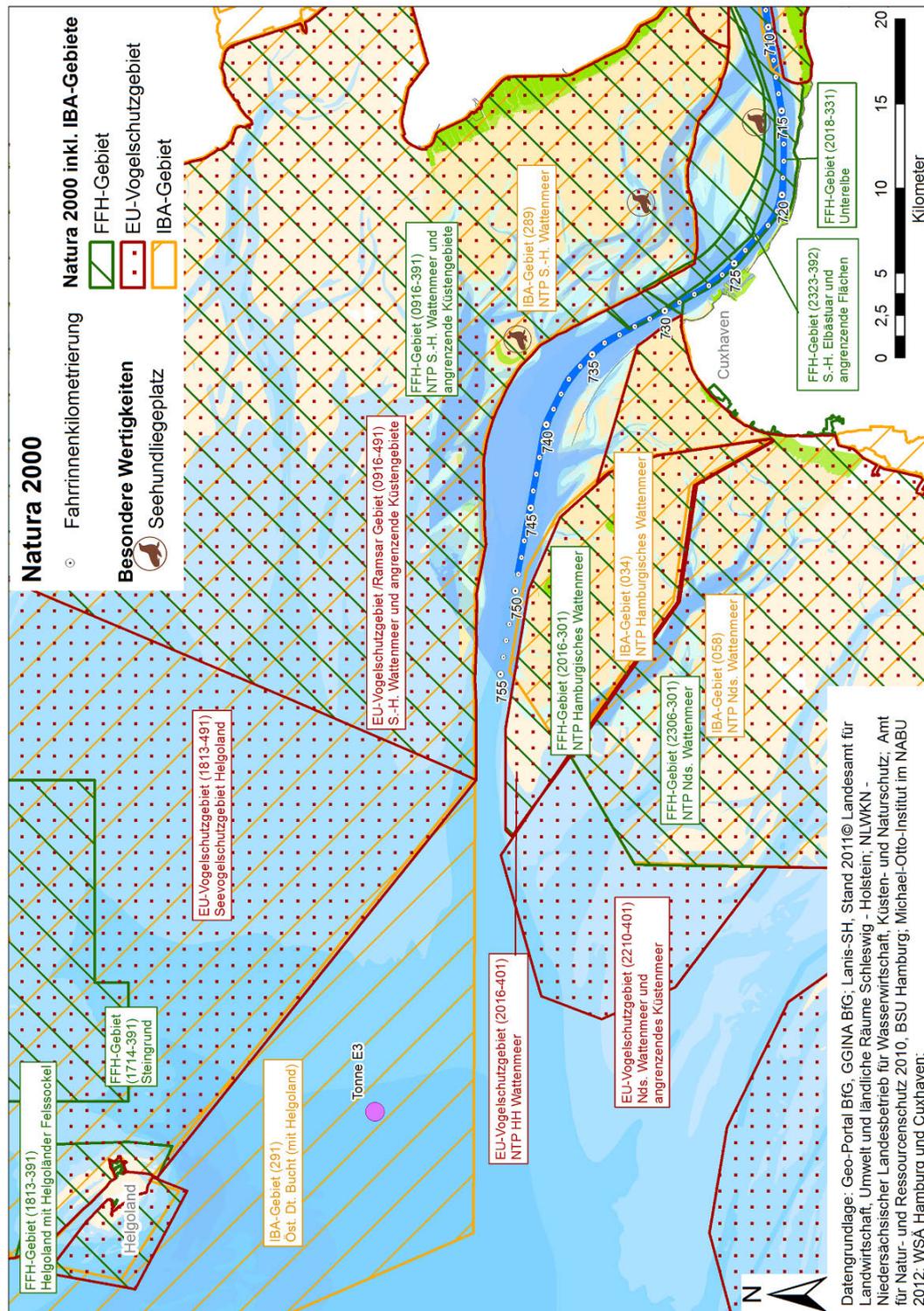


Abbildung 3: Natura 2000- und IBA-Gebiete in der Außenelbe

Reichen die Kenntnisse zur Abschätzung möglicher Auswirkungen auf Natura 2000-Gebiete nicht aus, kann ein Monitoringprogramm durchgeführt werden, um nicht vorhergesehene erhebliche Auswirkungen im Ansatz zu erkennen oder durch Modifikationen der Baggergutunterbringung zu vermeiden (vgl. Europäische Kommission 2011).

Ein Systemmonitoring soll Entwicklungen der Schadstoff- und Sedimentdynamik erfassen sowie die von der Unterhaltung ausgehenden Wirkungen erfassen und bilanzieren.

Aufgrund von Unterhaltungsbaggerungen und der Baggergutunterbringung kann es zu Lebensraum- und Standortverlusten durch Sedimentation, Beeinträchtigungen der Lebensraumqualität durch Schadstoffeffekte und ungünstige Sauerstoffverhältnisse sowie Individuenverluste und Störungen kommen. Damit können Auswirkungen auf Erhaltungsziele betroffener Natura 2000-Gebiete nicht ausgeschlossen werden. In der Vergangenheit konnten in den gemäß GÜBAK bzw. davor gemäß HABAK durchgeführten Untersuchungen im Elbe-Ästuar keine erheblichen Beeinträchtigungen von Erhaltungszielen nachgewiesen werden.

## 4.2 Artenschutz

Die artenschutzrechtlichen Regelungen gelten für die WSV auch bei der verkehrlichen Unterhaltung. Bei hoheitlichem Handeln - wie es die Unterhaltungsbaggerung ist - prüft die WSV die artenschutzrechtlichen Vorschriften eigenverantwortlich im Benehmen mit der zuständigen Naturschutzbehörde.

Für alle Unterhaltungsmaßnahmen muss grundsätzlich sichergestellt werden, dass infolge der Durchführung die Zugriffsverbote nach § 44 Abs. 1 BNatSchG für besonders bzw. streng geschützte Arten nicht verletzt werden. Für die Praxis relevant ist insbesondere das Verbot, aktuell oder regelmäßig genutzte Fortpflanzungs- und Ruhestätten von besonders geschützten Arten zu beschädigen. Auch eine verbotene Tötung/Schädigung von Individuen geschützter Arten (welche über das allgemeine Lebensrisiko hinausgeht) muss geprüft werden (BMVBS 2012).

Nach § 44 Abs. 5 BNatSchG ist eine Privilegierung für zulässige Eingriffe (§ 15 BNatSchG) vorgesehen. Da Unterhaltungsmaßnahmen in der Regel keine Eingriffe in Natur und Landschaft darstellen, ist diese Privilegierung allerdings hier nicht anwendbar. Wenn trotz Vermeidungsmöglichkeiten eine Verletzung von Zugriffsverboten nach § 44 BNatSchG nicht sicher ausgeschlossen werden kann, ist eine Ausnahmeprüfung nach § 45 Abs. 7 BNatSchG durchzuführen.

Normalerweise ist bei Unterhaltungsmaßnahmen kein ausführlicher Fachbeitrag zum Artenschutz erforderlich. Nur in Ausnahmefällen können Untersuchungen zur Überprüfung einer Lebensstätte erforderlich sein. In Anlehnung an BMVBS (2012) werden folgende Schritte für eine pragmatische Vorgehensweise empfohlen:

1. Welche relevanten besonders geschützten Arten können im Bereich der Unterhaltungsmaßnahme vorkommen und sind im Sinne der Zugriffsverbote nach § 44 Abs. 1 BNatSchG betroffen?
2. Inwieweit können mögliche Betroffenheiten/Verbotsverletzungen durch Optimierung der Baggergutunterbringungsmaßnahme vermieden werden (z. B. Ausschlusszeiten wie Laichzeit, Mauser)?
3. Wenn trotz Vermeidungsmöglichkeiten eine Verletzung von Zugriffsverboten nach § 44 BNatSchG nicht ausgeschlossen werden kann, muss im 3. Schritt eine Ausnahme nach § 45 Abs. 7 BNatSchG zugelassen werden.

### 4.3 Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

Ziel der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000/60/EG) ist es, bis zum Jahr 2015 einen ökologisch und chemisch guten Zustand der Gewässer (Oberflächengewässer und Grundwasser) bzw. ein ökologisch gutes Potenzial und guter chemischer Zustand bei erheblich veränderten/künstlichen Gewässern zu erreichen. Die Instrumente zur Erreichung dieser Zielstellung sind die flussgebietsbezogenen Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme. Im Jahr 2009 wurde der Bewirtschaftungsplan für den deutschen Abschnitt der Flussgebietseinheit Elbe veröffentlicht (FGG Elbe 2009b).

Der Betrachtungsraum gehört zum Koordinierungsraum Tideelbe und umfasst Fließgewässer, Übergangsgewässer, Küstengewässer und Küstenmeer (vgl. Abbildung 2). Für die Umsetzung der WRRL wird die Tideelbe in vier Oberflächenwasserkörper unterteilt: Elbe (Ost), Elbe (Hafen), Elbe (West) und Elbe (Übergangsgewässer). Diese sind als HMWB (heavily modified water bodies) mit mäßigem ökologischem Potenzial eingestuft. Die Elbenebenflüsse sind überwiegend als HMWB und die Marschgewässer als AWB (artificial water bodies) eingestuft. Das sich seewärts von Cuxhaven anschließende Küstengewässer und das Küstenmeer sind als natürliche Gewässer eingestuft und es wird der ökologische Zustand bewertet. Der Wasserkörper um Helgoland, das Küstenmeer Elbe, muss aufgrund seiner Lage außerhalb der Basislinie plus 1 Seemeile nur chemisch untersucht werden, eine ökologische Bewertung entfällt (FGG Elbe 2009b, LANU SH 2004, Voß et al. 2010).

Für die Einstufung und Darstellung des ökologischen Potenzials/Zustandes bei Oberflächengewässern werden biologische Qualitätskomponenten (Phytoplankton, Makrophyten, Makrozoobenthos, Fische) sowie unterstützend chemische, physikalisch-chemische und hydromorphologische Qualitätskomponenten herangezogen. Das ökologische Potenzial bzw. der ökologische Zustand und der chemische Zustand der Oberflächenwasserkörper der Tideelbe sind anhand der Qualitätskomponenten im Bewirtschaftungsplan beschrieben (FGG Elbe 2009b).

Verkehrliche Unterhaltungsmaßnahmen der WSV müssen die Bewirtschaftungsziele nach Wasserrahmenrichtlinie berücksichtigen (vgl. § 8 Abs. 1 Satz 5 WaStrG). Wasserwirtschaftliche Unterhaltungsmaßnahmen müssen sich an diesen Zielen ausrichten (vgl. § 39 Abs. 2 WHG). Bei Unterhaltungsmaßnahmen der WSV sind also die jeweiligen Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme nach WRRL einzubeziehen (BMVBS 2012).

Die vorliegende Systemstudie II (wie auch schon die Systemstudie I, BfG 2008a) wird von der WSV/HPA als Maßnahme an Bundeswasserstraßen in der Planungseinheit Tideelbestrom im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie im Zuständigkeitsbereich der GDWS Außenstelle Nord durchgeführt.

### 4.4 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL)

Gemäß Artikel 1 der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL 2008/56/EG) ist spätestens bis zum Jahr 2020 ein guter Zustand der Meeresumwelt zu erreichen oder zu erhalten. Zu diesem Zweck werden Meeresstrategien entwickelt und umgesetzt, um „die Meeresumwelt zu schützen und zu erhalten, ihre Verschlechterung zu verhindern oder, wo durchführbar,

Meeresökosysteme in Gebieten, in denen sie geschädigt wurden, wiederherzustellen“. Zudem sind „Einträge in die Meeresumwelt zu verhindern und zu verringern, um die Verschmutzung (...) schrittweise zu beseitigen, um sicherzustellen, dass es keine signifikanten Auswirkungen auf oder Gefahren für die Artenvielfalt des Meeres, die Meeresökosysteme, die menschliche Gesundheit und die rechtmäßige Nutzung des Meeres gibt“ (Art 1(2)).

Grundsätzlich gibt die MSRL vor, dass die Umweltziele unter dem Gebot des „Ökosystemansatzes“ menschliches Handeln steuern (Erwägungsgrund 8 zur MSRL), die Prinzipien der Vorsorge und Vorbeugung (Erwägungsgrund 27 zur MSRL) erfüllen und dafür sorgen, dass es zu keiner Verschlechterung des Zustands der Meeresumwelt kommt (BLANO 2011).

In Vorbereitung der nationalen Meeresstrategie wurden eine Anfangsbewertung, die Beschreibung des guten Umweltzustandes sowie die Festlegung von Umweltzielen erarbeitet (BLANO 2012a/b/c). Bis Juli 2014 sind Überwachungsprogramme und bis Dezember 2015 Maßnahmenprogramme aufzustellen.

Die Umweltziele für die deutsche Nord- und Ostsee integrieren die bereits bestehenden nationalen, europäischen und internationalen Vorgaben (u. a. FFH-RL, Vogelschutz-RL, WRRL, OSPAR, ASCOBANS<sup>6</sup>). Jedes Ziel trägt zur Verbesserung des Zustands mehrerer Deskriptoren (Anhang I MSRL) und den entsprechenden Kriterien und Indikatoren der KOM-Entscheidung (2010/477/EU) bei. Zielkonflikte bei der Regulierung von Nutzungen und dem Schutz der biologischen Vielfalt werden vermieden. Interessenkonflikte mit bestehenden und geplanten Nutzungen sollen bei der konkreten Planung der Maßnahmen (Artikel 13 MSRL) gelöst werden.

Das Unterbringungsgebiet „Nordsee (Schlickfallgebiet)“ liegt im Küstenmeer und somit im Geltungsbereich der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie.

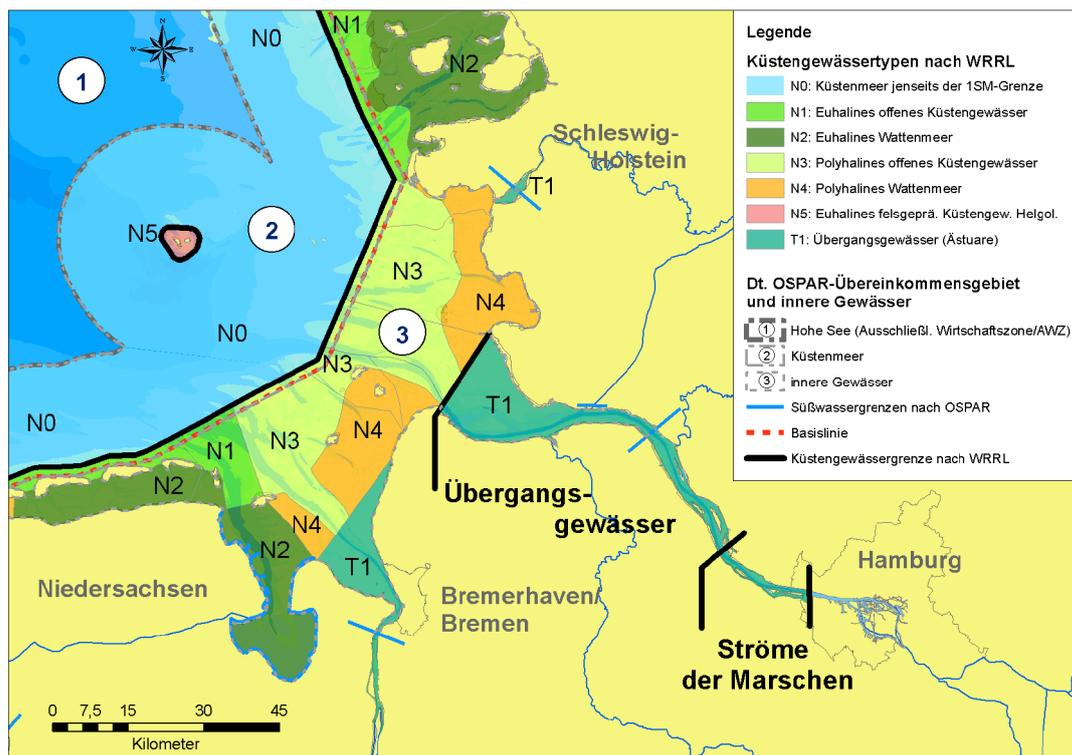
Die Vorgaben zur Bewirtschaftung der Meeresgewässer sind im WHG (§§ 45a ff.) beschrieben. Nach § 45a(1) WHG sind die Meeresgewässer so zu bewirtschaften, dass

1. eine Verschlechterung ihres Zustands vermieden wird und
2. ein guter Zustand erhalten oder spätestens bis zum 31. Dezember 2020 erreicht wird.

Die Unterbringung von Baggergut wird nach Anhang III Tabelle 2 („Belastungen und Auswirkungen“) der MSRL aufgrund des physischen Verlustes sowie der Einbringung bzw. Freisetzung von Schadstoffen als Belastung gewertet. Zudem sind mit der Baggergutunterbringung auch die potenziellen Belastungen und Auswirkungen (nach Anhang III Tabelle 2 MSRL) wie physische Schädigung durch Verschlickung, Störung infolge von Unterwasserlärm, Kontamination durch den Eintrag nicht synthetischer Stoffe sowie der Eintrag mit Nährstoffen zu betrachten.

---

<sup>6</sup> Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic, North East Atlantic, Irish and North Seas



**Abbildung 4: Übersichtskarte der deutschen Nordseeküste incl. AWZ mit den Grenzen nach WRRL, OSPAR, Seerechtsübereinkommen (SRÜ) (Daten: [www.WasserBlick.net](http://www.WasserBlick.net))**

Baggergutunterbringungen können zu Zielkonflikten mit den folgenden operativen Zielen der MSRL für Maßnahmen führen (s. Anlage I, BLANO 2012c):

- > Schadstoffeinträge über die Flüsse sind weiter zu reduzieren. Reduzierungsvorgaben wurden in den Maßnahmenprogrammen der Bewirtschaftungspläne der WRRL aufgestellt.
- > Schadstoffgehalte in der Meeresumwelt und die daraus resultierenden Verschmutzungswirkungen sind zu reduzieren und auf einen guten Umweltzustand zurückzuführen.
- > Die (Teil-)Einzugsgebiete der Wattbereiche sind im natürlichen Gleichgewicht. Die vorhandenen Substratformen befinden sich in ihren typischen und vom dynamischen Gleichgewicht geprägten Anteilen. Es besteht eine natürliche Variabilität des Salzgehaltes.
- > Veränderung der Habitate und insbesondere der Lebensraumfunktionen (z. B. Laich-, Brut- und Futterplätze oder Wander-/Zugwege von Fischen, Vögeln und Säugetieren) aufgrund anthropogen veränderter hydrografischer Gegebenheiten führen allein oder kumulativ nicht zu einer Gefährdung von Arten und Lebensräumen bzw. zum Rückgang von Populationen.

## 5 Aktuelle Unterbringungsstrategie und Baggermengenentwicklung

### 5.1 Baggerverfahren

Die für die Unterhaltung der Fahrrinne und Hafengebiete in der Tideelbe angewandten Unterhaltungstechniken umfassen mechanische und hydrodynamische Verfahren. Zu den mechanischen Verfahren zählen Baggerungen mit dem Hopperbagger. Der Einsatz eines Wasserinjektionsgerätes (WI-Gerät) zählt zu den hydrodynamischen Verfahren.

Beim Einsatz mechanischer Bagger wird das Sediment von der Sohle gelöst, in einen Behälter (Schute, Laderaum etc.) aufgenommen, transportiert und an anderer Stelle an Land oder im Gewässer wieder untergebracht. Im Unterschied dazu entfällt bei den hydrodynamischen Verfahren nach dem Lösen des Sediments an der Gewässersohle der gesamte Prozess des Transportes und des Unterbringens des Baggerguts, da das an der Gewässersohle mobilisierte Material mit der Strömung örtlich umgelagert wird.

#### Hopperbagger

Hopperbagger sind seetüchtige Laderaumsaugbaggerschiffe, mit denen das Baggergut (festes Material) durch Schleppköpfe von der Gewässersohle gelöst und durch ein Saugrohr in die Hoppertanks im Schiff gepumpt wird. Mit diesen wird das Sediment an der Gewässersohle gelöst, welches dann als Baggergut bei langsamer Vorwärtsfahrt in den Laderaum gepumpt wird. Nach Beendigung des Baggervorgangs wird das Baggergut zum Zielort transportiert (Unterbringungsstellen, Ufervorspülungen).

Die Genauigkeit, mit der ein Hopperbagger die Sedimentablagerungen bis zu der geforderten Tiefe abarbeiten kann, hängt von den Sedimenteigenschaften, den revierspezifischen Gegebenheiten und dem Gerät selbst ab. Die normale Präzision (Baggertoleranzmaß) liegt bei 0,5 m bis 1 m vertikal und bei 3 m bis 6 m horizontal. Unter besonderen Voraussetzungen kann eine vertikale Präzision von 15 bis 25 cm erreicht werden (GDWS Außenstelle NW, schriftliche Mitteilung).

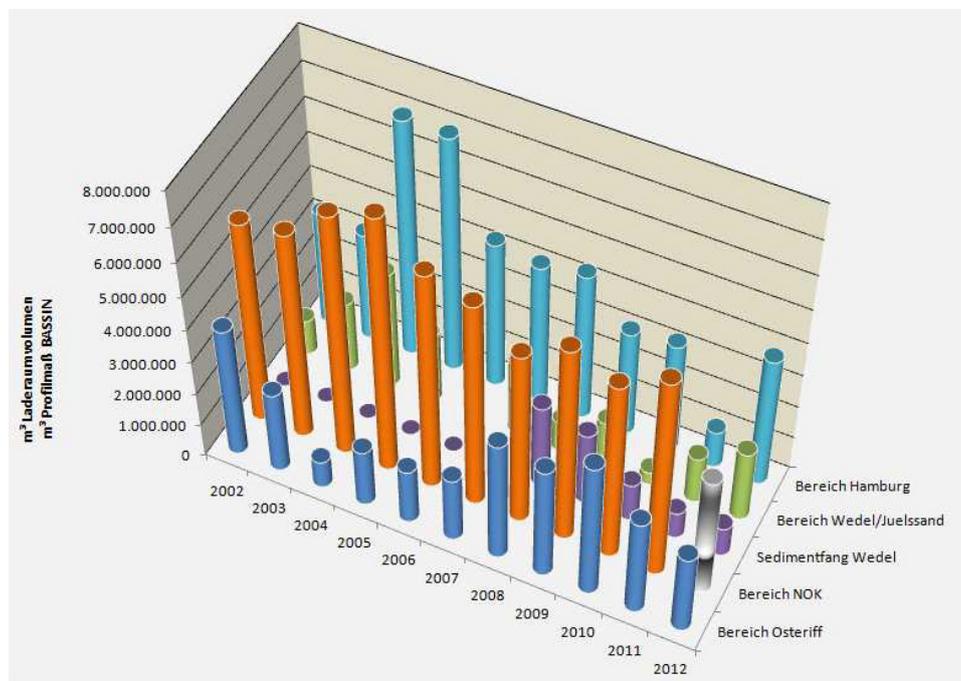
#### Wasserinjektionsgerät (WI-Gerät)

Das Wasserinjektionsverfahren beruht auf dem Prinzip der Resuspendierung von Sedimenten durch Wasserstrahlen. Durch Düsen werden große Mengen Wasser mit geringem Druck in die obere Sedimentschicht eingetragen, wodurch über der Gewässersohle ein fließfähiges Wasser-Sediment-Gemisch unter Vermeidung einer starken Aufwirbelung der Sedimente entsteht. Das Abfließen dieses Wasser-Sediment-Gemisches wird so gesteuert, dass die Suspension in tiefere Gewässerteile fließt und dort sedimentieren kann oder die Suspension wird in Bereiche mit größerer Strömung und Turbulenz gelenkt, wodurch das Material dann mit der Strömung abtransportiert wird. Anwendung findet dieses Verfahren bei sandigem sowie schlammigem Material. Die Schichtdicke der Dichteströmung ist abhängig von der Sedimentzusammensetzung und kann zwischen 0,5 m und 3 m variieren. Je größer der Feinkornanteil, desto besser ist die Suspensionsfähigkeit und desto größer ist der mögliche Transportweg (Meyer-Nehls 2000).

Bei der Baggerung von weichen Schichten liegt die Präzision bei ca. 30 cm. Meist bleiben die unmittelbaren Auswirkungen auf den Schwebstoffhaushalt gering und treten räumlich und zeitlich begrenzt auf. Der Abtransport erfolgt meist sohnah und es bleibt eine dünne Schicht aufgewühlten Baggermaterials zurück. Aufgrund der Größe der Wasserinjektionsgeräte sowie der vergleichsweise guten Manövrierfähigkeit sind sie auch für Unterhaltungsarbeiten in engen Gewässerabschnitten (z.B. Nebenflüssen) geeignet. Um mögliche negative Auswirkungen auf die Trübungs- und Sauerstoffentwicklung in der Tideelbe zu verhindern, werden Unterhaltungsbaggerungen von Feinsedimenten mit dem WI-Gerät möglichst in den Wintermonaten durchgeführt.

## 5.2 Aktuelle Baggergut- und Sedimentmanagementstrategie

Zur Unterhaltung der planfestgestellten Fahrwassertiefen werden Feinsedimente (auch bezeichnet als Feinmaterial) schwerpunktmäßig in mehreren Bereichen der Tideelbe gebaggert und an anderer Stelle im Gewässer untergebracht. Zu diesen Schwerpunktbereichen gehören die Vorhäfen des Nord-Ostsee-Kanals vor Brunsbüttel, Osteriff, Wedel/Juelssand und der Bereich Hamburg inklusive der Delegationsstrecke. Die Baggermengenentwicklung seit 2002 kann aus Abbildung 5 und die Bereiche, in denen diese Feinsedimentmengen gebaggert werden, aus einer Kartenübersicht in Abbildung 1 entnommen werden. Feinmaterial wird zwar auch in anderen Bereichen zu Unterhaltungszwecken gebaggert (z.B. WSV-Baggerabschnitt Rhinplate, Nebenelben, kleinere Häfen), jedoch sind die dort gebaggerten Mengen vergleichsweise gering, so dass sie nicht gesondert in den Untersuchungen betrachtet worden sind. Sandige Baggermengen sind in der Abbildung 5 nicht dargestellt, da der Fokus dieser Systemstudie auf der Feinmaterialbewirtschaftung liegt.



**Abbildung 5: Entwicklung der Baggermengen seit 2002 in den durch Feinsediment geprägten Baggerbereichen.**

Datengrundlage: Baggerstatistiken der WSV [m³ Laderaumvolumen] und HPA [m³ Profilaß]. Dargestellt ist 2002 - 2012 (NOK: nur Januar bis September 2012)

Nach Umsetzung der letzten Fahrinnenanpassung 1999/2000 wurden zunächst weiterhin möglichst kurze Transportentfernungen für das anfallende Baggergut angestrebt. Feinmaterial wurde daher auf Stellen untergebracht, die nur wenige Kilometer stromab der Baggerbereiche lagen. Teilweise wurde Baggergut aus dem Baggerbereich Osteriff auch stromauf auf Stellen im Bereich MaxTrüb untergebracht.

In den Jahren 2004 und 2005 sind die Baggermengen im Bereich Hamburg stark angestiegen. Stark intensivierte Sedimentkreisläufe und daraus resultierende Mehrfachbaggerungen derselben Sedimente sind als eine Hauptursache für diese Entwicklung identifiziert worden. Daraufhin wurde die Baggergut- und Sedimentmanagementstrategie verändert und es sind verschiedene Maßnahmen umgesetzt worden. Übergeordnetes Ziel dieser Maßnahmen war ein Durchbrechen bzw. eine Schwächung der Sedimentkreisläufe, die Vermeidung von Mehrfachbaggerungen und die Entlastung des Feinsedimenthaushaltes durch Unterbringung in stärker (in Bezug auf Sedimenttransport) ebbestromdominante Flussabschnitte. Für das Baggergut- und Sedimentmanagement mit den zuvor genannten Zielvorstellungen wurde erstmals auch eine gemeinsame Handlungsstrategie beschrieben - siehe hierzu das Strombau- und Sedimentmanagementkonzept (SSMK) in WSD Nord & HPA (2008). In Ergänzung dazu hat die BfG in 2008 eine erste Systemstudie zu alternativen Unterbringungsbereichen für das Baggergut aus dem Baggerschwerpunkt vor Wedel fertiggestellt (BfG 2008a). Seit 2005 sind die nachfolgenden Maßnahmen im Rahmen der Unterhaltung umgesetzt worden:

**(1)** Mit der Einrichtung und fortlaufenden Umsetzung eines zentralen Unterbringungsstellenbereichs zwischen Elbe-km 686 und 690 (benannt als Verbringstellenbereich VSB 686/690) wurde 2006 sukzessive begonnen. Im Jahr 2009 ist dann erstmals das im Amtsbereich des WSA Hamburg anfallende Baggergut (sowohl Feinsedimente als auch sandige Sedimente) vollständig stromab auf Höhe der Ortschaft St. Margarethen im VSB 686/690 untergebracht worden. Für das im Baggerbereich Wedel/Juelssand anfallende Feinsediment bedeutet dies eine Transportentfernung von etwa 45 km. Eine Prognose der möglichen Auswirkung durch die Unterbringung von Baggergut auf Stellen im VSB 686/690 können BfG (2012b) entnommen werden.

**(2)** Seit 2008 wird im Baggerschwerpunkt Wedel ein Sedimentfang betrieben. Die zur Unterhaltung des Sedimentfangs gebaggerten Mengen sind in Abbildung 5 separat dargestellt.

Wichtigste Funktionen dieses Sedimentfangs sind (vgl. BfG 2012a)

- > eine Verringerung von Menge und Häufigkeit nautisch bedingter Unterhaltungsbaggerungen vor allem im (früh-)sommerlichen Zeitraum, der sowohl sedimentationsstark als auch ökologisch kritisch ist („Sauerstoffloch“ und Fintenlaichzeit - 15. April bis 30. Juni),
- > zusätzliche Entlastung des Feinsedimenthaushalts durch Unterhaltung des Sedimentgangs in den Monaten März und April mit dem im Jahresverlauf höchsten Oberwasserabfluss,
- > eine Zunahme der Dichte des Baggerguts durch längere Lagerungszeit; dadurch bessere Bedingungen beim Baggervorgang etc.

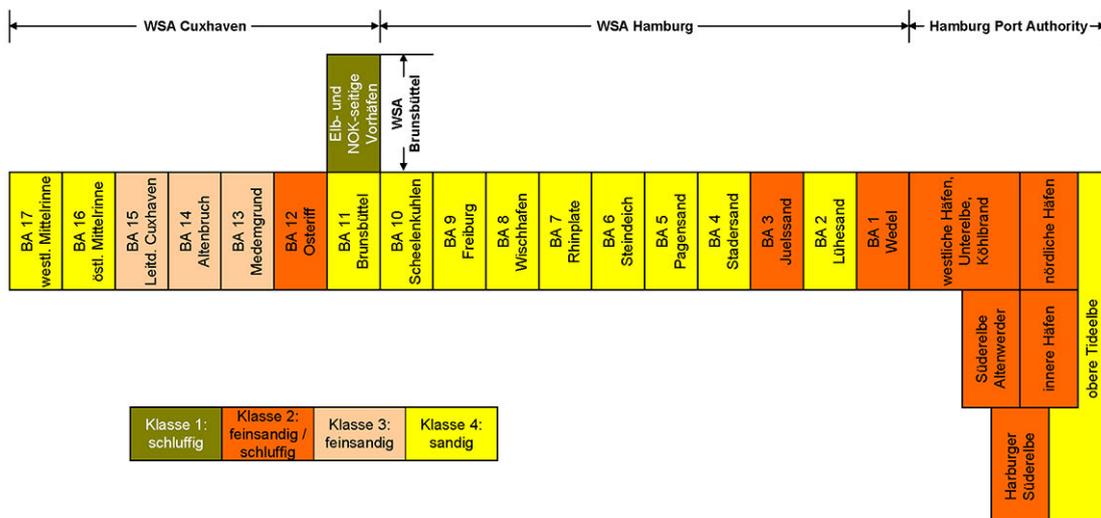
**(3)** Seit 2009 wird das Feinsediment aus dem Baggerbereich Osteriff überwiegend auf die Stelle VS 738 (bei Elbe-km 738 auf Höhe Neuer Lüchtergrund) verbracht. Kleinräumige

Kreislaufbaggerungen werden durch eine solche Unterbringung nicht erwartet. Zugleich bewirkt diese Stelle der Unterbringung, dass das im Bereich Osteriff anfallende Baggergut den Feinsedimenthaushalt der Tideelbe (Bereiche MaxTrüb und stromauf MaxTrüb) - und zwar unabhängig von dem aktuellen Oberwasserabfluss - entlastet (Austrag in Richtung Nordsee).

(4) Als eine unmittelbare Reaktion auf den starken Anstieg der Baggermengen in den Jahren 2004 und 2005 hat die HPA im Zeitraum 2005 bis 2010 im Durchschnitt etwa 1 Mio. m<sup>3</sup>/a (bzw. 0,5 Mio. t TS/a) auf die Stelle „Tonne E3“ in die Nordsee verbracht. Hierbei handelte es sich um eine zeitlich befristete, durch eine Ausnahmeregelung des Landes Schleswig-Holstein ermöglichte Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg. Daher wird diese Maßnahme nicht als regulärer Bestandteil des gegenwärtigen Baggergut- und Sedimentmanagements betrachtet. Die letzte Unterbringung von Hamburger Baggergut auf die Stelle Tonne E3 ist zu Jahresbeginn 2010 durchgeführt worden.

### 5.3 Korngrößenpezifische Baggermengenentwicklung 2002 - 2011

Sedimente unterschiedlicher Korngrößen unterliegen auch unterschiedlichen Transportprozessen und -regimen. Daher ist es erforderlich, differenziert für das Feinmaterial und das sandige Baggergut Entwicklungstendenzen bei der Mengenentwicklung seit 2002 und entsprechende Unterbringungsmöglichkeiten zu analysieren. Dazu wird das gröbere Baggergut in die Kategorien feinsandiges (ohne Schluffanteile) und sandiges Baggergut (geprägt vor allem durch Mittel- bzw. Grobsand) sowie das Feinmaterial (vgl. Kapitel 1) in die Unterkategorien schluffiges und feinsandig/schluffiges Baggergutes unterteilt. Abbildung 6 zeigt für die einzelnen Baggerabschnitte im Bereich der Tideelbe inklusive des Bereichs Hamburg eine korngrößenpezifische Klassifizierung des Baggerguts. Für die Klassifizierung wurde ein vereinfachender Ansatz gewählt, der sich auf Erfahrungswerte aus der Praxis und auf Sedimentproben stützt.



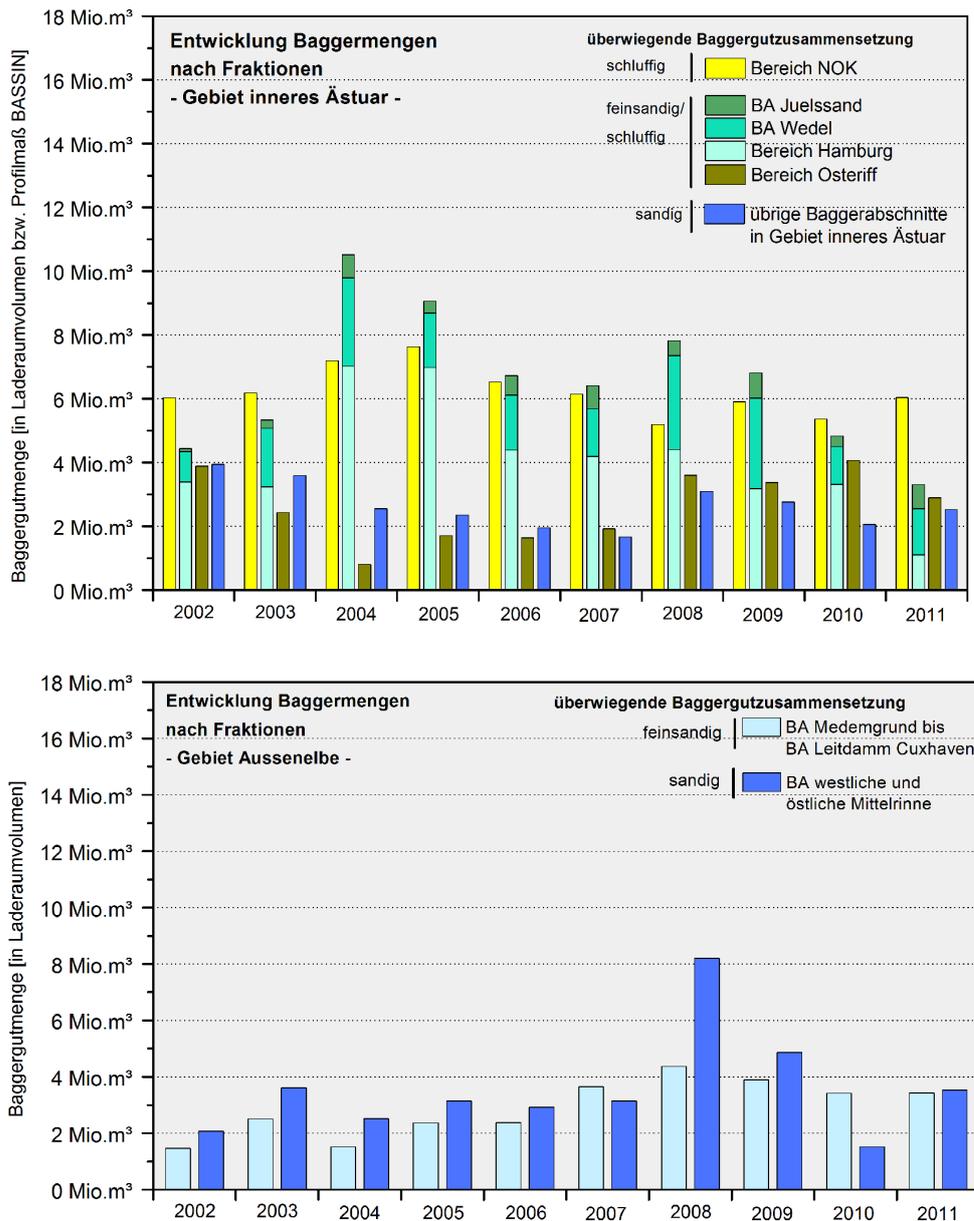
**Abbildung 6: Schematische Darstellung der mittleren charakteristischen Zusammensetzung des Baggergutes im Bereich der Tideelbe (inklusive des Hamburger Hafens und der Delegationsstrecke), basierend auf Erfahrungswerten und aktuellen Sedimentproben**

Für die Erläuterung der Baggermengenentwicklung seit 2002 werden in Abbildung 7 die Baggermengen räumlich differenziert nach den Gebieten der Außenelbe (entspricht in etwa dem Bereich stromab MaxTrüb) sowie inneres Ästuar (entspricht in etwa den Bereichen MaxTrüb und stromauf MaxTrüb) dargestellt. Diese Gebietseinteilung in Außenelbe und inneres Ästuar berücksichtigt das unterschiedliche Prozessgeschehen, das in der Außenelbe großräumig durch die Morphodynamik der Wattengebiete und im inneren Ästuar durch das Zusammenspiel von Tidesymmetrie, Trübungszone und Oberwasserabfluss geprägt wird. Im Rahmen der Unterhaltung wird Feinmaterial ausschließlich im inneren Ästuar gebaggert. Der am weitesten stromabwärts gelegene Baggerbereich ist Osteriff. Sandiges Sediment im inneren Ästuar wird überwiegend in Riffelstrecken und aufgrund von aufwachsenden Einzeluntiefen gebaggert. Das Baggergut im Gebiet der Außenelbe ist ausschließlich sandig.

In den Jahren 2002 bis 2007 sind in der Tideelbe insgesamt relativ gleichbleibende Baggermengen über alle Fraktionen angefallen. Auffällig ist der Baggermengenanstieg bei den feinsandig/schluffigen Sedimenten im Bereich Hamburg in den Jahren 2004 und 2005, in kleinem Umfang auch im WSV-Baggerabschnitt Wedel für das Jahr 2004. Auch im Bereich NOK lagen die Baggermengen im Zeitraum 2004/2005 über dem Niveau der Vorjahre. Im Vergleich zur Baggermengenentwicklung im Bereich Hamburg ist diese Erhöhung jedoch deutlich geringer und liegt ab 2006 wieder auf dem mittleren Niveau der Vorjahre. Die im Bereich NOK gebaggerten Sedimentmengen liegen im Vergleich zu anderen WSV-Baggerbereichen auf einem relativ hohen Niveau. Ein unmittelbarer Vergleich mit den in anderen Bereichen anfallenden Baggermengen ist jedoch nicht möglich, da die Baggerung im Bereich NOK mit einer sehr geringen Laderaumdichte erfolgt. Entsprechend geringer ist die Masse Trockensubstanz pro Kubikmeter Laderaumvolumen im Vergleich zu den anderen Baggerbereichen entlang der Tideelbe (vgl. Anlage 3, Steckbriefe).

Für die im inneren Ästuar gebaggerten sandigen Sedimente ist seit 2002 ein geringfügiger Mengenrückgang zu beobachten. Diese Entwicklung kann möglicherweise im Zusammenhang mit dem in seiner Intensität abnehmenden, morphologischen Nachlauf zur letzten Fahrrinnenanpassung (1999/2000) stehen. Der kurzzeitige Wiederanstieg der sandigen Baggermengen in 2008 und 2009 im Bereich des inneren Ästuars ist auf lokale Effekte in den Baggerabschnitten BA 11 (Brunsbüttel) und BA 5 (Pagensand) zurückzuführen.

Während die Entwicklung der feinsandig/schluffigen Baggermengen im Bereich Hamburg über das Jahr 2008 hinaus in der Tendenz rückläufig ist (für Erläuterung vgl. Kapitel 6.1.1, dort Absatz „Maßnahmen und Wirkungen der aktuellen Unterbringungsstrategie“), stiegen die feinsandig/schluffigen Baggermengen im Bereich Osteriff gegenüber dem Zeitraum 2004 bis 2007 deutlich an. Sie erreichen wieder das Mengenniveau von 2002/2003, welches vermutlich auch noch stark vom morphologischen Nachlauf der damaligen Fahrrinnenanpassung beeinflusst war. Die Ursachen für den Anstieg ab 2008 sind multikausal und der genaue mengenmäßige Einfluss der verschiedenen Wirkpfade kann nicht differenziert werden. Ein erster Einflussfaktor ist das Handeln der WSÄ Brunsbüttel und Hamburg, die das zur Wassertiefenunterhaltung gebaggerte Feinmaterial auf Stellen zwischen Elbe-km 686 und 700 unterbringen. Seit 2006 werden vermehrt und seit 2009 vollständig die im Amtsrevier des WSA Hamburg gebaggerten Sedimente (inklusive Baggergut aus der Unterhaltung des Sedimentfangs vor Wedel) im VSB 686/690 untergebracht.



**Abbildung 7: Korngrößenspezifische Baggermengenentwicklung 2002 bis 2011 für die Tideelbe inklusive der Bereiche Hamburg und NOK; (Daten: WSV, HPA)  
oben: Gebiet inneres Ästuar; unten: Außenelbe**

Damit steht zusätzliches Feinmaterial im Bereich Osteriff zur Verfügung, welches verstärkte Ablagerungen bewirken kann. Weitere, sehr variable Einflussfaktoren sind der Oberflächenabfluss und die baroklinen Prozesse (horizontaler Dichtegradient, Turbulenz, BAW 2013). Es kann angenommen werden, dass im Bereich Osteriff ein niedriger Oberflächenabfluss - im Gegensatz zum Sedimentationsgeschehen in den Baggerbereichen Wedel/Juellssand und Hamburg - im Bereich Osteriff eine geringe Sedimentation und damit auch geringe Baggermengen bewirkt. Hingegen steigen die Baggermengen am Osteriff in abflussreichen Jahren an (vgl. WSA Cuxhaven 2012, Entelmann 2012 und BAW 2013). Als einen weiteren Einflussfaktor beschreibt BAW (2013) die Zunahme von sehr hohen Tidehochwasserständen

(Thw > 240 cm am Pegel Cuxhaven Steubenhöft). Im Vergleich zu den vergangenen Jahren konnte für die Zeitspanne 2007 und 2008 - insbesondere Winter 2007/2008 - eine Verdoppelung der Anzahl der sehr hohen Tidehochwasserstände festgestellt werden. Seegang und Strömung können dadurch länger im Wattgebiet wirken, Sedimente remobilisieren und Eintreibungen im Fahrrinnenbereich verstärken. Ein ebenfalls signifikanter Anstieg wurde in der gleichen Zeitspanne bei den ausschließlich sandigen Baggermengen in den Baggerabschnitten westlich und östlich der Medemrinne festgestellt. Diese Mengenentwicklung steht im unmittelbaren Zusammenhang mit der Verlagerung der Medemrinne nordwärts, welche sich im Jahr 2008 mit dem sich südwärts entwickelnden Klotzenloch verbunden hat (BAW 2013).

## 5.4 Informationen zur aktuellen Baggermengenentwicklung

Das Frühjahr 2012 war geprägt durch einen frühzeitig zurückgehenden Oberwasserabfluss. Mit der Unterhaltung des Sedimentfangs vor Wedel konnte in den Monaten März und April eine nur geringe Entlastungswirkung auf den Feinsedimenthaushalt erreicht werden (vgl. Kapitel 6.1.1), da wahrscheinlich ein größerer Anteil der untergebrachten Feinsedimente wieder zurück stromaufwärts transportiert wurde. Auch der Sommer und der Herbst 2012 waren durch Phasen länger anhaltend niedriger Oberwasserabflüsse geprägt. Die Folge waren überdurchschnittlich hohe Sedimentationsraten, so dass erstmals seit 2005 die Baggermengen im Bereich Hamburg wieder angestiegen sind. Vergleichbares gilt auch für den Bereich Wedel/Juelssand, dort waren in den Monaten Oktober und November umfangreiche Unterhaltungsbaggerungen erforderlich.

Im Bereich Hamburg ist trotz des anhaltend niedrigen Oberwasserabflusses mit den Unterhaltungsarbeiten erst im Dezember 2012 umfänglich begonnen worden. Gemäß dem Hamburger Handlungskonzept (HPA & BSU 2012) wäre eine Unterbringung von Baggergut auf die Stelle Neßsand bereits ab dem Monat November möglich gewesen. Da die Oberwasserabflüsse im November sehr niedrig waren, wurden nur besonders erforderliche Baggerungen durchgeführt. Aufgrund des bis 31.12.2011 befristeten Einvernehmens bestand ab 2012 nicht mehr die Option einer alternativen Unterbringung des im Bereich Hamburg anfallenden Unterhaltungsbaggergutes auf die Stelle Tonne E3 in der Nordsee. Bereits im ersten Quartal 2013 wurde im Bereich Hamburg so viel gebaggert und auf Neßsand untergebracht wie in der gesamten vergangenen Unterbringungssaison 2012. Zusammen mit den weiteren Baggermengen, die im Zeitraum November bis Dezember 2013 anfallen, wird die in der Statistik erfasste Baggermenge 2013 (aufgrund der bereits in den Monaten Januar bis März erfolgten Unterbringungen auf die Stelle Neßsand) voraussichtlich auf einem hohen Niveau liegen. Weitere Informationen zu den bis einschließlich 2012 im Bereich Hamburg gebaggerten Mengen können den jährlich durch die HPA herausgegebenen Jahresberichten entnommen werden (HPA 2012a und 2012b, <http://www.hamburg-port-authority.de/de/presse/studien-und-berichte/Seiten/default.aspx>).

Der hydrologischen Extremsituation eines sehr lang anhaltenden niedrigen Oberwasserabflusses in der 2. Jahreshälfte von 2012 folgte im Juni 2013 das umgekehrte Extrem eines außergewöhnlich hohen Oberwasserabflusses. Die Auswirkungen der langen Niedrigwasserphase und des Hochwassers auf die Entwicklung des Feinsedimenthaushaltes und der Baggermengen sind noch näher zu untersuchen.

## 6 Systemanalyse und Bewertung

In diesem Kapitel werden zu den einzelnen Fachthemen der Ist-Zustand, das Systemverständnis sowie eine Bewertung in Bezug auf die aktuelle Unterbringungsstrategie der Tideelbe dargestellt.

### 6.1 Hydrologie und Morphologie

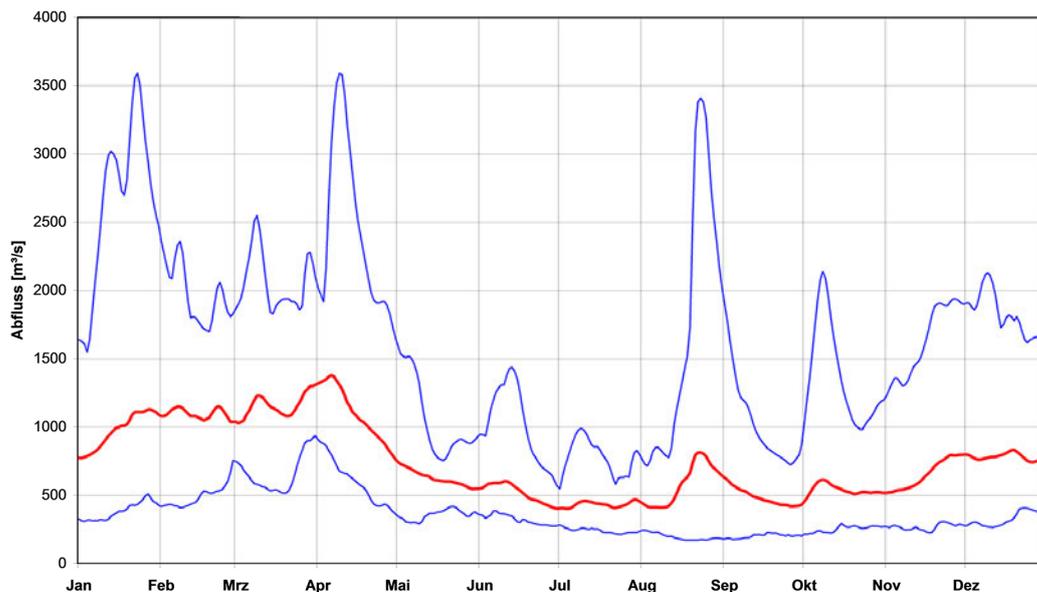
Das nachfolgend beschriebene hydrologische und morphologische Systemverständnis stützt sich auf die Analyse von Naturmessungen und dreidimensionalen Modellen sowie dem gewässerkundlichen Erfahrungswissen von BAW, WSV, HPA und BfG. Eine wesentliche Basis hierbei sind die Erkenntnisse, die aus speziellen Systemstudien der BfG und BAW gewonnen wurden. Eine Beschreibung der Grundlagen und die Erläuterung grundlegender Modellergebnisse können BAW (2012) entnommen werden. Eine zentrale Basis ist das in BfG (2008a) sowie GKSS (2007) beschriebene Systemverständnis.

#### 6.1.1 Beschreibung des Ist-Zustands

##### Hydrologische Verhältnisse

Zirka 50 km oberhalb des Wehres Geesthacht wird am Pegel Neu Darchau seit 1875 der Oberwasserabfluss erfasst und seit 1926 im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch veröffentlicht. Bereits die Größe des oberirdischen Einzugsgebietes von 131.950 km<sup>2</sup> lässt erkennen, dass der Oberwasserabfluss einen bedeutenden Einfluss auf die Hydrologie der Tideelbe hat. Die erfassten Abflüsse zeigen Schwankungen innerhalb eines Jahres und zwischen den Jahren, somit ergeben sich aus der 86-jährigen Reihe folgende Kennwerte: Der niedrigste beobachtete Abfluss (NNQ) mit 128 m<sup>3</sup>/s trat am 1. September 1904 und das höchste beobachtete Hochwasser (HHQ) mit 3840 m<sup>3</sup>/s am 7. April 1895 auf. Das vieljährige Mittel des Abflusses (MQ) der Zeitreihe (1926 - 2011) beträgt 713 m<sup>3</sup>/s.

Das Einzugsgebiet der Elbe liegt im Übergangsbereich zwischen dem maritim geprägten Klima Westeuropas und dem kontinentaleren Klima Osteuropas. Hohe Oberwasserabflüsse treten durch die Kombination von Niederschlagsereignissen und Schneeschmelze in den Mittelgebirgslagen vornehmlich im Zeitabschnitt Winter/Frühling auf. Abbildung 8 zeigt für die Jahre 2002 - 2011 den mittleren Jahresgang des Abflusses am Pegel Neu Darchau sowie die höchsten und niedrigsten Tageswerte der betreffenden Monate. Für die Monate Mai bis einschließlich November ergibt sich ein mittlerer Oberwasserabfluss von ca. 500 m<sup>3</sup>/s. Abflüsse von über 1000 m<sup>3</sup>/s sind im Mittel in den Monaten Januar bis Anfang Mai des betrachteten Zeitabschnitts zu verzeichnen. Die Schwankungsbreite zu den höchsten und niedrigsten Werten zeigt die natürliche Varianz des Abflussregimes, wobei die Abweichungen der höchsten Werte von den Mittelwerten größer sind als die Abweichungen zu den niedrigsten Tageswerten.



**Abbildung 8: Mittlerer Jahresgang des Oberwassers am Pegel Neu Darchau (rot) sowie höchste und niedrigste Tageswerte (blau) für den Zeitabschnitt 2002 bis 2011 (Daten: WSA Lauenburg)**

Zur Verdeutlichung werden in Tabelle 2 die höchsten und niedrigsten Abflüsse (HQ, NQ), die mittleren höchsten und mittleren niedrigsten Abflüsse (MHQ, MNQ) sowie die mittleren Abflüsse der einzelnen Monate für den Zeitabschnitt 2002 bis 2011 dargestellt. Hohe Abflüsse mit Werten über 3000 m<sup>3</sup>/s traten in den Jahren 2011, 2006 und 2002 auf, wobei es sich bei den beiden erstgenannten um die typischen Winter- und Frühjahrshochwasser handelt und das Augusthochwasser im Jahre 2002 ein reines Sommerhochwasser war. Niedrige Abflüsse mit Werten um die 200 m<sup>3</sup>/s und kleiner traten hauptsächlich in den Monaten Juli bis November auf.

**Tabelle 2: Hydrologische Kennwerte des Oberwassers am Pegel Neu Darchau in m<sup>3</sup>/s je Monat im Zeitabschnitt 2002 bis 2011 (Daten: WSA Lauenburg)**

Monat	2002 bis 2011				
	NQ (Jahr)	MNQ	MQ	MHQ	HQ (Jahr)
Jan	311 (2004)	659	975	1470	3600 (2011)
Feb	411 (2009)	761	1100	1540	2410 (2011)
Mär	516 (2004)	812	1160	1630	2570 (2002)
Apr	387 (2007)	740	1100	1600	3600 (2006)
Mai	293 (2007)	485	628	824	1630 (2006)
Jun	275 (2003)	370	520	707	1450 (2010)
Jul	214 (2003)	319	435	590	995 (2009)
Aug	173 (2003)	351	582	954	3420 (2002)
Sep	179 (2003)	391	488	676	1960 (2002)
Okt	215 (2009)	401	541	751	2150 (2010)
Nov	227 (2003)	484	654	897	1950 (2002)
Dez	266 (2003)	563	783	1070	2130 (2002)

## Strömungsverhältnisse

Die BAW hat Systemstudien mit Hilfe von dreidimensionalen Simulationsmodellen durchgeführt, um den Einfluss verschiedener Oberwasserabflüsse (180, 720 und 1260 m<sup>3</sup>/s) auf die Strömungsgeschwindigkeiten und den resultierenden Schwebstofftransport zu ermitteln (BAW 2011, 2012). Bei den gewählten Oberwasserabflüssen handelt es sich um Vielfache eines extremen Niedrigwasserabflusses in der Größenordnung von 180 m<sup>3</sup>/s. Der Einfluss des Oberwasserabflusses auf die Strömungsgeschwindigkeiten ist aufgrund der geringeren Wassertiefen in der oberen Tideelbe besonders groß, doch auch unterhalb von Hamburg bewirkt ein steigender Oberwasserabfluss eine Verstärkung der Ebbeströmung und eine Reduktion der Flutströmung. Eine wichtige Kenngröße ist der Verhältniswert von Flut- zu Ebbeströmung (F:E), da dieser Wert einen ersten Anhaltspunkt für die resultierende Transportrichtung von Sedimenten gibt. Überschreitet das F:E-Verhältnis den Wert „1“, so bedeutet dies eine Dominanz der Flutströmung.

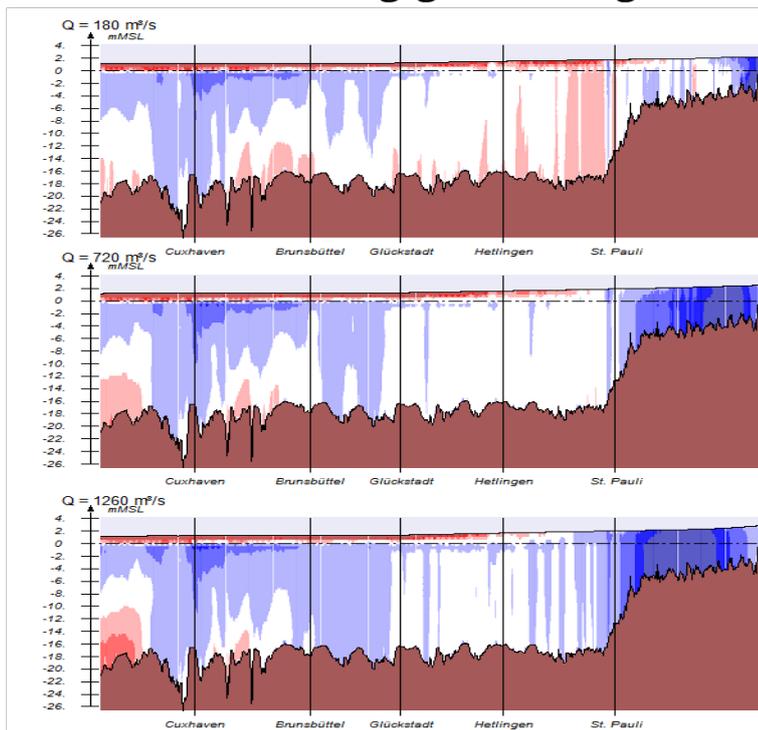
In der Abbildung 9 ist das F:E-Verhältnis der mittleren und maximalen Strömungsgeschwindigkeiten entlang eines Schnittes in der Mitte der Fahrrinne dargestellt. Ebbestromdominante Bereiche sind bläulich markiert, flutstromdominante Bereiche rötlich. In dieser Abbildung sind bereits zwei hydrodynamische Effekte erkennbar, die maßgebend für den resultierenden Schwebstofftransport in der Tideelbe sind. Im Bereich zwischen Cuxhaven und Brunsbüttel zeigt das F:E-Verhältnis eine Vertikalstruktur, die durch barokline Effekte (Dichteeinfluss auf horizontalen Druckgradienten und vertikale Turbulenz) verursacht werden. Dies führt zu einer sohnah flutstromorientierten Strömung, die selbst bei relativ hohen Oberwasserabflüssen (z. B. bei konstant 1260 m<sup>3</sup>/s) noch vorhanden ist. Oberhalb von Glückstadt ist eine Flutstromdominanz der Strömung zu erkennen, die sich aus der Asymmetrie der Tidekurve ergibt („tidal pumping“).

$Q = 180 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q = 720 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q = 1260 \text{ m}^3/\text{s}$

### F:E mittlere Strömungsgeschwindigkeit



### F:E maximale Strömungsgeschwindigkeit

$Q = 180 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q = 720 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q = 1260 \text{ m}^3/\text{s}$

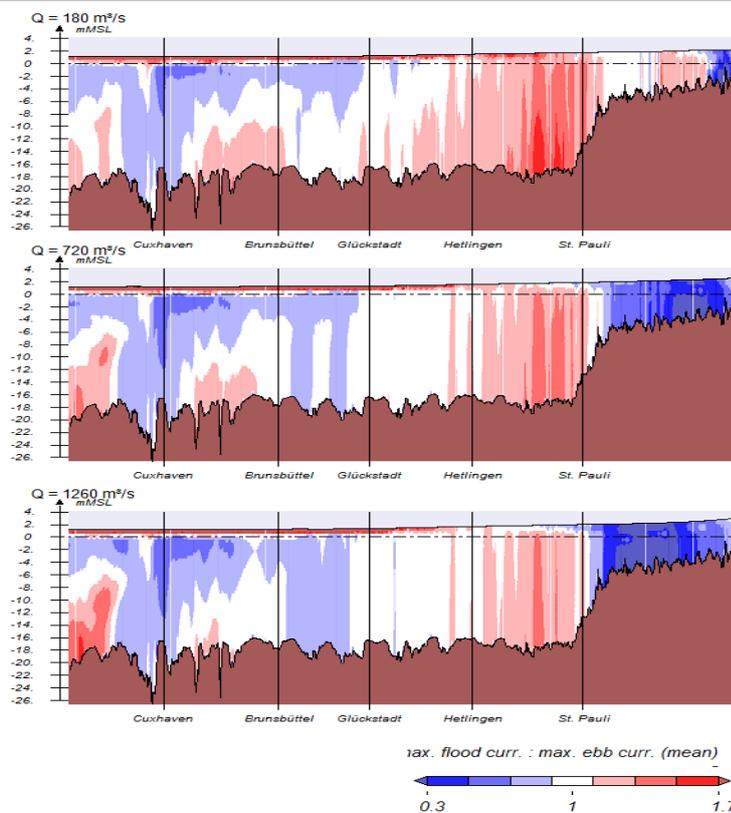


Abbildung 9: Verhältnis mittlerer und maximaler Flut- zu Ebbestromungsgeschwindigkeiten (F:E) entlang der Fahrrinne für  $Q_{\text{konstant}} = 180, 720 \text{ und } 1260 \text{ m}^3/\text{s}$  (BAW 2011)

## Ästuarine Feststoffdynamik und Morphodynamik der Tideelbe

### *Feststoffbilanzen und -mengen*

Feinsedimente lagern sich auf der Gewässersohle der Tideelbe bevorzugt in bestimmten Abschnitten der Fahrrinne ab. Das sind zugleich die bekannten Baggerschwerpunkte für Feinsedimente wie z. B. der Innenkurvenbereich des Köhlbrand in der Delegationsstrecke im Bereich Hamburg sowie stromab die Baggerbereiche Wedel/Juelssand, NOK und Osteriff. Deutlich kleinere Mengen an Feinmaterial werden auch in den Baggerbereichen bei Pagensand und der Rhinplate gebaggert. Ein weiterer Sedimentationsschwerpunkt für Feinmaterial sind stark strömungsberuhigte Bereiche wie z. B. Hafenbecken und Zufahrtsbereiche. Abschnittsweise kann in Seiten- und Flachwasserbereichen entlang des Flusslaufs sowie in einigen Nebeneiben des Elbeästuars eine fortschreitende und andauernde Verlandungstendenz beobachtet werden; in den anderen Bereichen und anderen Nebeneiben kann diese Entwicklung jedoch nicht bestätigt werden, so dass sich das morphodynamische Gesamtbild als sehr unterschiedlich darstellt. Die Ergebnisse einer umfassenden Auswertung dieser Entwicklungen sind im Abschlussbericht der Beweissicherung zur letzten Anpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt dargelegt (WSA Hamburg & HPA 2012).

Es ist nicht möglich, den Feststoffhaushalt und die im Längsverlauf des Ästuars transportierten Feststofffrachten vollständig quantitativ zu beschreiben und zu bilanzieren. Vorhandene Zahlenangaben zum Schwebstoffinventar der Tideelbe sind mit erheblichen Messunsicherheiten behaftet. Sie stellen daher nur grobe Schätzwerte dar und sollten vor allem als ein Hinweis auf die Größenordnung des jeweiligen Bilanzgliedes (z. B. Angaben zu Ein- und Austragsmengen bzw. im System enthaltenen Feststoffmengen) verstanden werden. Ein Eintrag von Feinmaterial in das Ästuar erfolgt aus der Mittelelbe über das Wehr Geesthacht. Während das Wehr Geesthacht eine eindeutige Grenze zwischen der tidebeeinflussten Unterelbe und der Mittelelbe definiert, kann eine solche Trennlinie zwischen der Unterelbe/Außenelbe und der Deutschen Bucht nicht gezogen werden. Zwischen diesen Räumen findet ein Transport von Feststoffen in beide Richtungen sowie im küstenparallelen Längstransport entlang der Deutschen Bucht von Westen nach Norden statt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass durch das Strömungs- und Abflussgeschehen im langjährigen Mittel ein Nettotransport von Feinmaterial marinen Ursprungs in die Tideelbe hinein stattfindet und im Bereich des inneren Ästuars akkumuliert. Ein Austrag von Feststoffen in die Deutsche Bucht erfolgt vor allem bei sehr hohen Oberwasserabflüssen/Hochwasserereignissen (Ridgway & Shimmiel 2002).

Sowohl der Transport als auch die räumliche Verteilung der Feinmaterialmengen in der Tideelbe werden in einem erheblichen Maß durch das tideinduzierte Strömungsgeschehen und durch das Regime des Oberwasserabflusses beeinflusst. Dieser Zusammenhang konnte in zahlreichen Untersuchungen nachgewiesen werden. Im Verlauf von Zeiten mit mittleren bis niedrigen Oberwasserabflüssen kommt es zu einer kontinuierlichen Schwebstoffanreicherung im Bereich der Trübungszone sowie zu einer Verlagerung dieser Zone stromaufwärts. In Bergemann (2004) wird die mittlere Schwebstoffmenge der Trübungszone zu Zeiten niedriger Oberwasserabflüsse ( $Q = < 500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) auf ca. 550.000 t, bei mittlerem Oberwasserabfluss ( $Q = 500 \text{ bis } 900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) auf eine Größenordnung von 360.000 t bis zu 470.000 t geschätzt. Ein Hochwasserereignis in der Mittelelbe bewirkt eine schnelle seewärtige Verlagerung der

Trübungszone innerhalb weniger Tiden (GKSS 2007). Dabei erfolgt ein seewärtiger Austrag von Feinmaterial in die Außenelbe und die Deutsche Bucht, den Bergemann (2004) für ausgeprägte Frühjahrshochwässer auf eine Größenordnung von ca. 200.000 t an Schwebstoffen schätzt. Die großräumige Belastung der Feinsedimente der Deutschen Bucht mit elbetypischen Schadstoffen bestätigt diesen Schwebstoffaustrag.

Schätzungen der Ein- und Austragsmengen von Feinmaterial bei mittleren und niedrigen Oberwasserabflüssen liegen nicht vor. Bei sehr kleinen Partikeln, die sich aufgrund ihrer ebenfalls sehr kleinen Sinkgeschwindigkeit nahezu stets im selben „Wasserpaket“ bewegen, ist davon auszugehen, dass diese trotz eines sehr niedrigen Oberwasserabflusses aus dem Ästuar ausgetragen werden. Größere Partikel wie Grobschluff und Feinsand werden den Bereich der baroklinen Zirkulation kaum überwinden können, sofern dieser durch einen hohen Oberwasserabfluss nicht weit genug seewärts verlagert wird. Bei sinkenden Oberwasserabflüssen kann jedoch von einem größer werdenden Nettoeintrag von Feinmaterial vor allem in die Bereiche MaxTrüb und stromauf Max ausgegangen werden.

#### *Dynamik des Feststofftransportgeschehens*

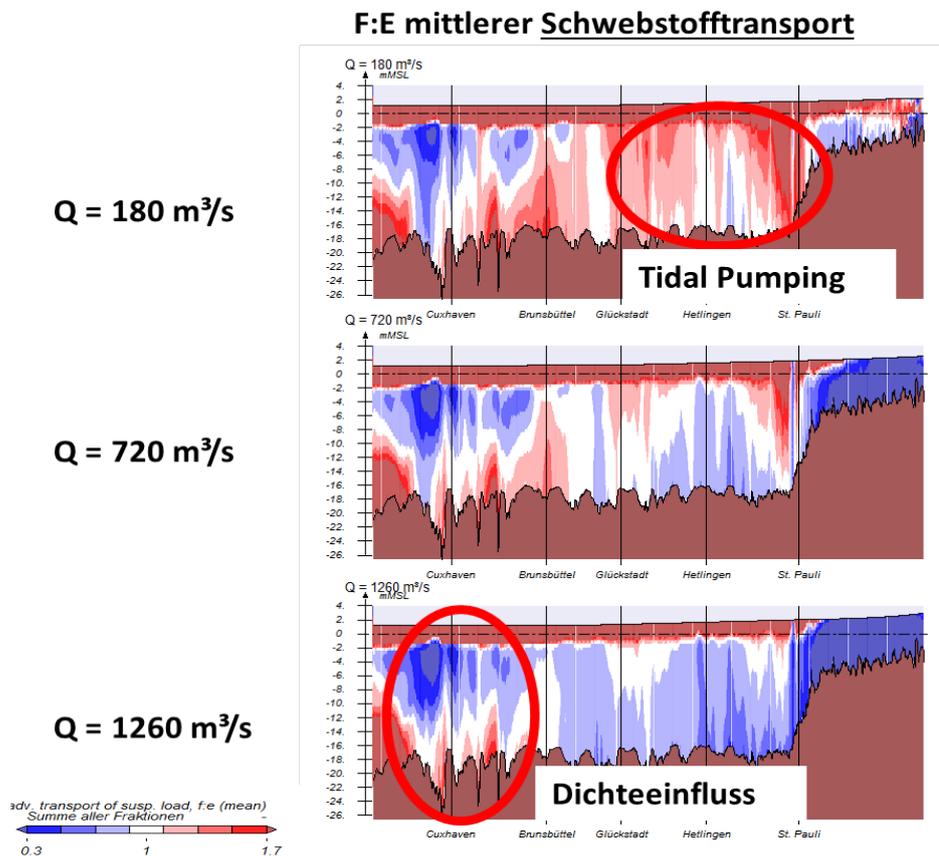
Die Bandbreite an Korngrößenfraktionen (Ton, Schluff, Sand und Kies) unterliegt verschiedenen Transportprozessen und weist jeweils unterschiedliche Materialeigenschaften und Sinkgeschwindigkeiten auf. Daher muss das Feststofftransportgeschehen differenziert für verschiedene Korngrößenfraktionen beschrieben werden. Fokus dieser Systemstudie ist das Feinmaterial, also die Kornfraktionen von Feinsand, Schluff und Ton. Diese Fraktionen werden in Suspension transportiert und bestehen überwiegend aus Flocken, in die mineralische und organische Bestandteile eingelagert sind (GKSS 2007). Der Feinsandtransport ist aufgrund der relativ hohen Sinkgeschwindigkeit vor allem auf den unteren, sohnahen Bereich der Wassersäule beschränkt (BfG 2011a). Partikel der Gesamtfraktion < 63 µm (Schluff und Ton) hingegen werden in der gesamten Wassersäule transportiert.

Die Intensität des Feststofftransport- und Sedimentationsgeschehens ist in hohem Maße vom Oberwasserabfluss abhängig. Messungen des Feststofftransports liegen auf verschiedenen Querprofilen entlang der Tideelbe vor. Im Bereich des Trübungsmaximums sind, abhängig vom Oberwasserabfluss, Schwebstofffrachten in der Größenordnung von etwa 45.000 t bis zu 140.000 t über die Dauer einer Halbtide erfasst worden (BAW 2011). Weiter stromauf in Fließquerschnitten bei Wedel werden Schwebstofffrachten noch in einer Größenordnung von unter 10.000 t bis 20.000 t je Halbtide erfasst (BAW 2011, Gatzweiler 2012). Untersuchungen am Sedimentfang vor Wedel belegen jedoch, dass vor allem sohnah im untersten Meter der Wassersäule eine hochkonzentrierte, schluffig-feinsandige Suspension mit der Strömung bewegt wird (BfG 2012a). Die messtechnische Erfassung in situ dieser sohnahen Feststofftransporte ist sehr schwierig und kann nur teilweise erfolgen.

Die in BAW (2012) dokumentierten Systemstudien ermöglichen mit Hilfe dreidimensionaler Modellsimulationen eine detaillierte Darstellung des Transportes suspendierter Sedimente entlang des Elbeästuars. Es konnte eine gute Übereinstimmung zwischen Modellrechnung und Naturmessung festgestellt werden (BAW 2012). Nachfolgend wird mehrfach auf die Simulationsergebnisse und die darin sichtbar gemachten Systemzustände zurückgegriffen.

Ein lang anhaltend niedriger Oberwasserabfluss bewirkt erhöhte Sedimentationsraten in den Baggerbereichen Wedel/Juelssand und Hamburg (BfG 2012a). Der Anstieg der Sedimentationsraten geht unmittelbar einher mit der Verlagerung der Trübungszone stromauf. Zugleich verstärken sich die resultierend stromauf gerichteten Transporte, die auch Feinmaterial aus der Brackwasserzone bis hinauf in den Hamburger Hafen befördern („tidal pumping“). Als einen groben Richtwert berechnen Ackermann & Schubert (2007), dass im Baggerschwerpunkt vor Wedel der marine, aus der Deutschen Bucht stammende Anteil des Schwebstoffes oberwasserabhängig zwischen 50 % und 80 % beträgt. Stromauf des Hamburger Hafens an der Messstation Bunthaus (Elbe-km 610) beträgt der marine Anteil noch zwischen 10 % und 40 % (errechnet aus Daten von 2000 - 2010, siehe Kapitel 6.3).

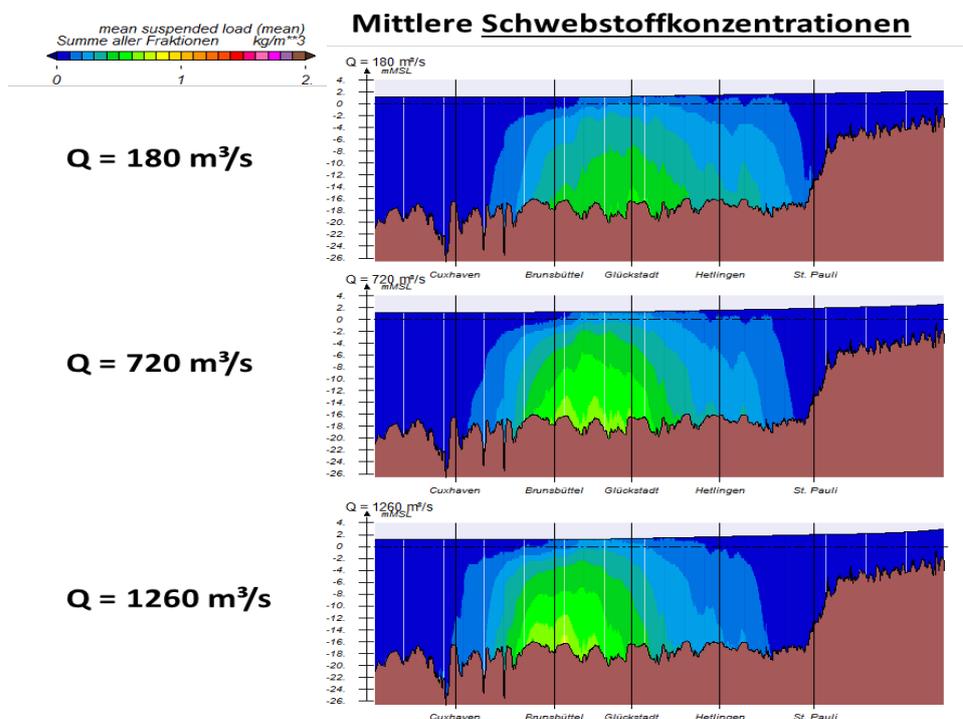
Ansteigende Oberwasserabflüsse bewirken eine Abschwächung der Flutstromdominanz beim Feinmaterialtransport. Modellrechnungen zeigen jedoch, dass auch unter der Annahme eines konstanten Oberwasserabflusses von 1280 m<sup>3</sup>/s weiterhin 20 % der im VSB 686/690 vor St. Margarethen untergebrachten Feinsedimentmengen resultierend stromauf transportiert werden (BAW 2012).



**Abbildung 10: Verhältnis mittlerer Flut- zu Ebbestromtransport (F:E) entlang der Fahrrinne für Q = 180, 720 und 1260 m<sup>3</sup>/s (BAW 2012)**

Einen zusammenhängenden Überblick zum Systemverständnis geben die modellbasierten Systemstudien der BAW, aus denen das in Abbildung 10 dargestellte F:E-Verhältnis der mittleren Schwebstofftransporte ermittelt wurde. Auch hier sind die flutstromorientierten Transporte rötlich und die ebbestromorientierten Transporte bläulich dargestellt. In der

baroklinen Zone zwischen Brunsbüttel und Cuxhaven ist auch bei hohen Oberwasserabflüssen immer noch ein Transport stromauf zu erkennen. Ebenso deutlich sind oberhalb von Brunsbüttel die ausgeprägten Transporte stromauf bei niedrigen und stromab bei hohen Oberwasserabflüssen zu erkennen. In Abbildung 11 sind die dazugehörigen mittleren Schwebstoffkonzentrationen zu sehen. Die seewärtige Verlagerung des Trübungsmaximums aufgrund des ansteigenden Oberwasserabflusses ist deutlich zu erkennen.



**Abbildung 11: Mittlere Schwebstoffkonzentrationen; die seewärtige Verlagerung des Trübungsmaximums aufgrund des zunehmenden Oberwasserabflusses ist deutlich zu erkennen (BAW 2012).**

Stromab des Trübungsmaximums im Bereich des Mündungstrichters und der Außenelbe wird das Strömungs- und Feststofftransportgeschehen deutlich weiträumiger. Nordöstlich der Fahrrinne beginnen hier die weiträumigen und morphodynamisch sehr aktiven Wattflächen, ab Höhe Cuxhaven auch westlich der Fahrrinne. Eine Beschreibung und Analyse der wesentlichen morphodynamischen Entwicklungen kann smile consult (2012) entnommen werden. Auf diesen Wattflächen können Feinsedimente vorübergehend oder auch dauerhaft in strömungs- und seegangsgeschützten Bereichen zur Ablagerung kommen. Bei Auftreten von Sturm(flut)ereignissen ist eine erneute Resuspension von Feinmaterialablagerungen und der Eintrag dieser Mengen zurück in die Tideelbe möglich. Wie genau diese Wattflächen als vorübergehendes Depot für Feinmaterial funktionieren und wie sie in dieser Funktion die Feststoffbilanz der weiter stromauf gelegenen Flussabschnitte der Tideelbe beeinflussen, ist noch genauer zu untersuchen (siehe Kapitel 9). Der Feststoffhaushalt der Außenelbe ist auch geprägt von einem Materialaustausch mit dem küstenparallelen Längstransport von Westen nach Norden entlang der Deutschen Bucht (GKSS 2007).

## **Maßnahmen und Wirkungen der aktuellen Unterbringungsstrategie**

### *Baggermengenanstieg 2004 und 2005 in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss*

Die möglichen Ursachen für den starken Anstieg der Baggermengen in 2004 und 2005 sind vielfältig. Im Folgenden wird die Wirkung des Oberwasserabflusses der Jahre 2003 bis 2005 auf die Baggermengenentwicklung betrachtet. Hieraus können als Bestandteil der Defizitanalyse Schlussfolgerungen für die zukünftige Nutzung der Unterbringungsstelle Neßsand, aber auch für alle weiteren potenziellen Unterbringungsstellen im Bereich stromauf MaxTrüb gezogen werden.

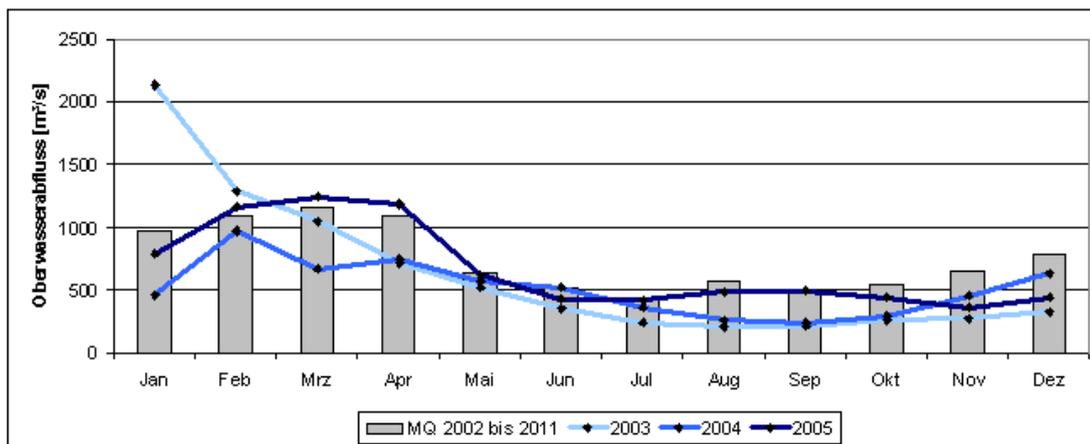
Lang anhaltende Phasen (über Wochen und Monate) mit niedrigen Oberwasserabflüssen bewirken eine nachhaltige Verstärkung des Stromauftransportes von Feinsedimenten („tidal pumping“). Als Folge werden in den Baggerbereichen Wedel/Juelssand sowie Hamburg erhöhte Sedimentationsraten beobachtet (vgl. Kapitel 5), woraus ein erhöhter Unterhaltungsaufwand und erhöhte Baggermengen resultieren. Werden diese Baggermengen dann ortsnah untergebracht, entstehen daraus Sedimentkreisläufe und infolgedessen zusätzliche Baggermehrmengen aufgrund von Mehrfachbaggerung. Wegen der kurzen Distanz zwischen dem Baggerbereich Hamburg und der Unterbringungsstelle Neßsand sowie der großen Baggermengen ist dieser Materialkreislauf als sehr intensiv zu bewerten. Diese Schlussfolgerung gilt in gleicher Weise auch für die im Bereich stromauf MaxTrüb gelegenen Stellen, auf denen bis 2006 u. a. das Feinmaterial aus dem Bereich Wedel/Juelssand ortsnah untergebracht wurde. Sedimentkreisläufe bewirken grundsätzlich eine Vergrößerung der im Querschnitt transportierten Frachten, deren Zunahme von der Unterbringungsstelle und der Intensität des Stromauftransportes abhängt. Die Folge von Kreislaufbaggerungen sind Mehrfachbaggerungen, aus denen ein Baggermengenanstieg resultiert.

Die Abflussganglinien im Zeitraum 2003 bis 2005 (vgl. Abbildung 12) zeigen einen fast durchgängig unterdurchschnittlich niedrigen Oberwasserabfluss. Insbesondere im Herbst und Winter lag der Oberwasserabfluss durchgängig bei sehr niedrigen Werten

- > von deutlich unter 500 m<sup>3</sup>/s im Zeitraum November 2003 bis Januar 2004,
- > um die 500 m<sup>3</sup>/s im Zeitraum November bis Ende Dezember 2004, mit Ausnahme weniger Tage mit einem Abfluss von ca. 1000 m<sup>3</sup>/s Anfang Dezember 2004,
- > erst mit Beginn der vierten Januarwoche in 2005 liegen die Abflusswerte wieder bei dauerhaft über 800 m<sup>3</sup>/s.

Hamburger Baggergut kann auf Grundlage der Hamburger Vereinbarung (HPA & BSU 2012) nur im Zeitraum von November bis März auf der Unterbringungsstelle Neßsand untergebracht werden.

2003 und 2004 wurde das WSV-seitige Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand ganzjährig (d. h. auch im Sommer bei niedrigen Oberwasserabflüssen) auf verschiedene Stellen im Bereich stromauf MaxTrüb (Hetlingen, Pagensand etc.) untergebracht.



**Abbildung 12: Monatsmittelwerte für Oberwasserabfluss in den Jahren 2003 bis 2005, Pegel Neu Darchau (Daten: WSA Lauenburg)**

Es wurden also in den Jahren 2003 und 2004 sehr große Sedimentmengen bei einem sehr geringen Oberwasserabfluss ortsnah untergebracht. Aufgrund der flutstromdominanten Sedimenttransporte war kein strömungsbedingter Abtransport der Sedimente möglich. Infolgedessen kam es zu einer Anreicherung von Feinsedimenten im Bereich stromauf MaxTrüb. Das damalige Baggergut- und Sedimentmanagement bewirkte aufgrund von Mehrfachbaggerungen einen weiteren Anstieg der Baggermengen.

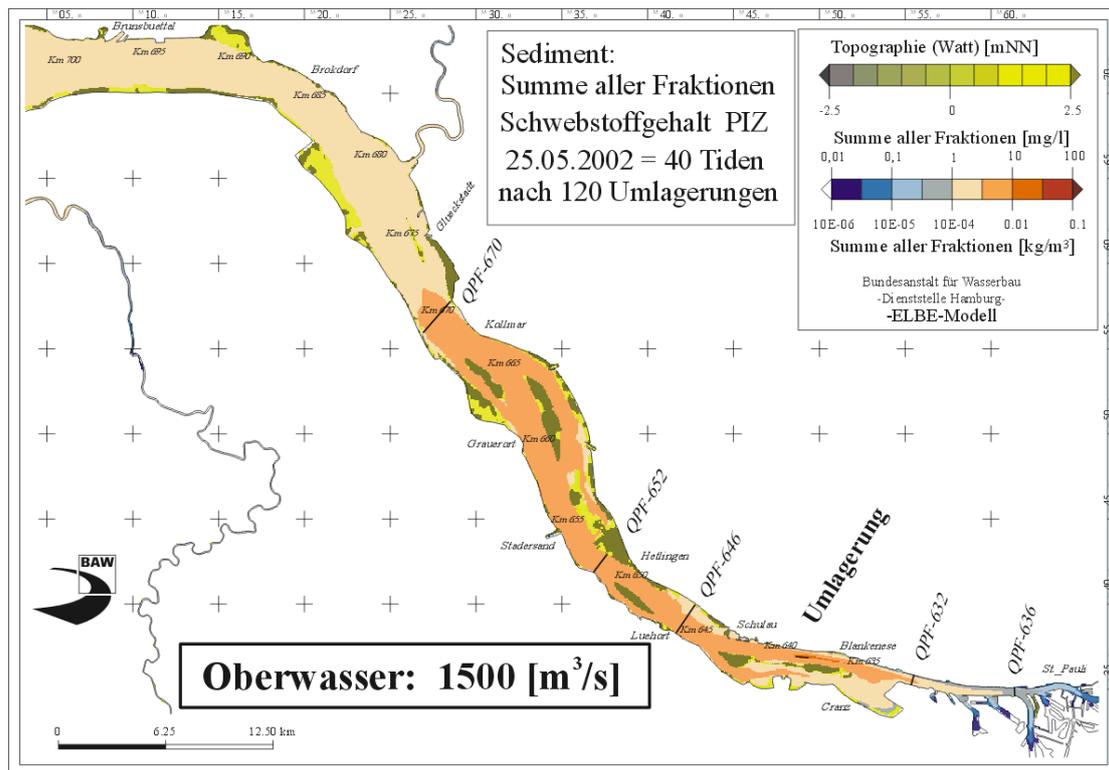
*Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg zur Stelle Tonne E3 im Bereich des Schlickfallgebietes südöstlich von Helgoland/Nordsee*

In den Jahren 2004 und 2005 konnten die planfestgestellten Wassertiefen im Bereich der Delegationsstrecke und des Hamburger Hafens nur mit Hilfe einer zeitlich befristeten Vereinbarung erreicht werden. Ein bis Ende 2011 mit Schleswig-Holstein hergestelltes Einvernehmen ermöglichte es, Teile der angefallenen Hamburger Baggermengen auf eine Stelle bei Tonne E3 in der Nordsee (Schlickfallgebiet) südöstlich von Helgoland unterzubringen. Diese Maßnahme bedeutete eine vollständige Entfernung dieser Baggermengen aus dem Feinsedimenthaushalt der Tideelbe.

Der Oberwasserabfluss bestimmt das Verhältnis der stromauf oder stromab transportierten Mengenanteile des auf der Unterbringungsstelle Neßsand untergebrachten Baggergutes. Der durch Strömung stromab transportierte Mengenanteil kann jedoch keinesfalls gleich einer Austragsmenge gesetzt werden, dazu müsste dieser Anteil so weit stromab transportiert werden, dass er den Bereich der maximalen Trübungszone und baroklinen Zirkulation überwindet und bis in die Deutsche Bucht gelangt. Es wird davon ausgegangen, dass v. a. die größeren Feinmaterialfraktionen Schluff und Feinsand weiterhin Teil des ästuarinen Feinsedimenthaushaltes bleiben; bei noch kleineren Partikeln kann davon ausgegangen werden, dass sie aufgrund ihrer geringen Sinkgeschwindigkeit im selben „Wasserpaket“ bewegt werden und trotz niedriger Oberwasserhältnisse aus dem System ausgetragen werden können (vgl. Kapitel 5). Entsprechend diesem Systemverständnis ist bei Unterbringung von Baggergut auf Stellen im Bereich stromauf MaxTrüb, wie z. B. Neßsand, keine bedeutsame oder gar zur Maßnahme Tonne E3 vergleichbare Austragsmenge zu erreichen. Einzige

Ausnahme sind Situationen mit einem sehr hohen und zugleich über viele Wochen andauernden hohen Oberwasserabfluss wie z. B. in den Jahren 2010/2011.

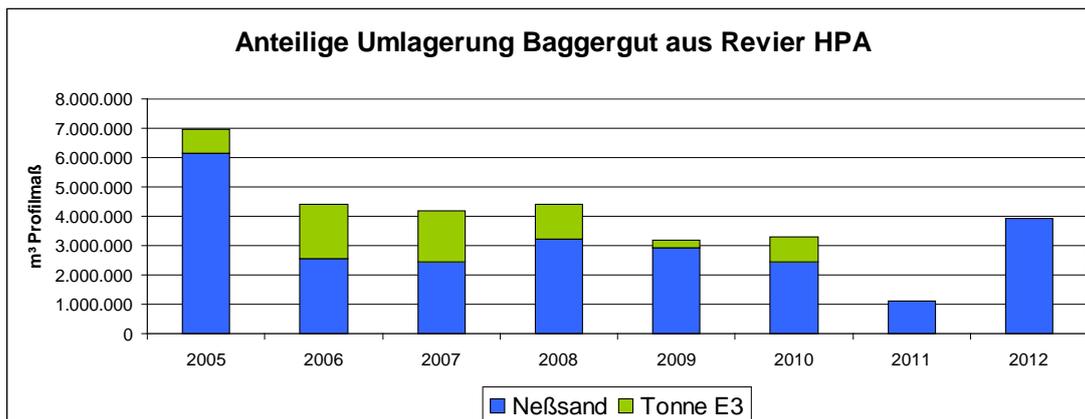
Modellrechnungen über einen etwa dreiwöchigen Zeitraum (40 Tiden) zeigen, dass auch ein überdurchschnittlich hoher, aber nicht extremer Oberwasserabfluss von konstant  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$  eine nur geringe Austragswirkung für die auf die Stelle Neßsand als Baggergut eingebrachten Feinsedimente (120 Unterbringungsverfahren mit insgesamt ca. 84.000 t Trockensubstanz an Feinsedimenten) bewirkt. In der Modellrechnung wird der überwiegende Anteil der eingebrachten Feinsedimentmengen nicht über den Bereich stromauf MaxTrüb hinaus transportiert (vgl. Abbildung 13).



**Abbildung 13: Ausbreitung der Schwebstoffgehalte bei Unterbringung auf der Stelle Neßsand nach 40 Tiden = 120 Unterbringungsverfahren (Feinsediment), Oberwasserabfluss  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$  (konstant)**

Quelle: BAW (2009); PIZ = Planerischer Ist-Zustand

In den Jahren 2006 bis einschließlich 2011 ist ein deutlicher Rückgang und eine Stabilisierung der Baggermengenentwicklung zu erkennen (vgl. Abbildung 5). Durch die Maßnahme Tonne E3 wurden dem Feinsedimenthaushalt der Tideelbe im Durchschnitt ca. 1 Mio.  $\text{m}^3/\text{a}$  (oder 0,5 Mio. t TS/a, vgl. Abbildung 14) an Feinmaterial entzogen. Der Effekt auf die weitere Baggermengenentwicklung kann nur anhand der Mengenstatistik abgeschätzt werden; der Effekt kann jedoch nicht unerheblich gewesen sein.

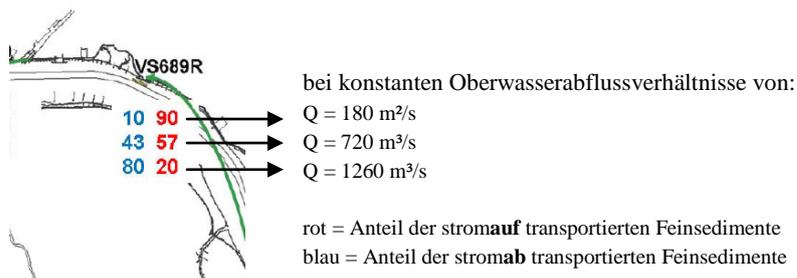


**Abbildung 14: Anteilige Baggermengen zur Unterbringung auf den Stellen Neßsand (Bereich stromauf MaxTrüb) und Tonne E3 (Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet)), Zeitraum 2005 bis 2012**

*Entlastungswirkung durch Unterbringung von Feinmaterial in den VSB 686/690 und Maßnahme Sedimentfang vor Wedel*

Die beste Entlastung des Feinsedimenthaushalts der Tideelbe durch den Sedimentfang vor Wedel wird erreicht, indem die Unterhaltung des Sedimentfangs jährlich im Zeitraum März bis April - „statistisch“ im Jahresgang der Zeitraum mit dem im Mittel maximalen Oberwasserabfluss - durchgeführt wird und dann das Baggergut bei ebbestromdominanten Transportverhältnissen ca. 45 km stromab auf die Stelle VS 689 R (diese Stelle ist Bestandteil des VSB 686/690) vor St. Margarethen untergebracht wird. Die Ergebnisse eines umfangreichen Monitorings der Auswirkungen dieses Sedimentfangs sind in einer Berichtsreihe dokumentiert (BfG 2012a).

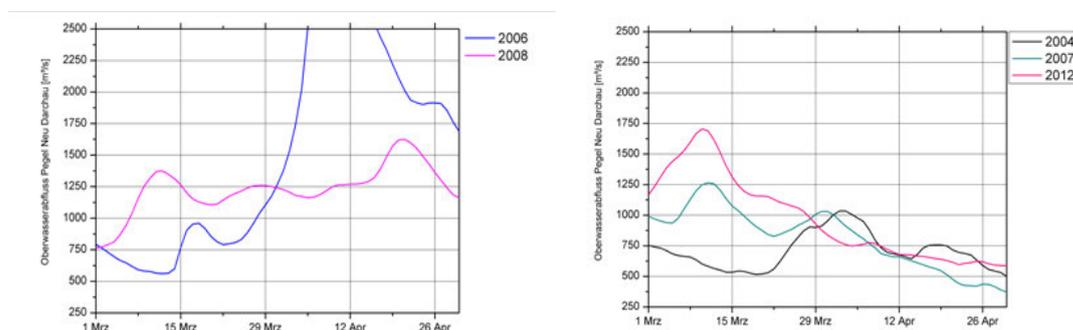
Modellrechnungen lassen für VS 689 R auf einen überwiegenden Stromabtransport der Feinsedimente (d. h. ein Anteil von mehr als 50 % wird netto stromab transportiert) schließen, sofern der Oberwasserabfluss deutlich größer als 720 m³/s ist (Abbildung 15).



**Abbildung 15: Anteilige Transportverhältnisse (in %) in Ebbe- und Flutrichtung nach Unterbringung auf Stelle VS 689 R (Elbe-km 689 vor St. Margarethen), abhängig von unterschiedlichen Oberwasserabflussverhältnissen (Quelle: BAW 2012)**

Sofern das Abflussgeschehen in den Monaten März und April mindestens dem monatstypischen mittleren Abfluss entspricht (vgl. Tabelle 2, 1.100 bzw. 1.160 m³/s), kann mit Hilfe des Sedimentfangs Wedel eine gute Entlastungswirkung für den Feinsedimenthaushalt der

Tideelbe erreicht werden. Tritt jedoch während dieses Zeitraums ein anhaltend unterdurchschnittlich niedriger Oberwasserabfluss auf, so kann die gewünschte Entlastungswirkung nicht erreicht werden. Seit 2002 hätten aufgrund ausreichend hoher bzw. unterdurchschnittlich geringer Oberwasserabflüsse in unterschiedlichen Jahren sowohl gute als auch schlechte Entlastungseffekte bei einer Sedimentfangunterhaltung in den Monaten März und April erzielt werden können. Beispiele für Jahre mit einem theoretisch guten Entlastungseffekt waren 2006 und 2008 (der Sedimentfang vor Wedel ist erstmals im Zeitraum Mai bis Juni 2008 hergestellt worden). Umgekehrt hat es 2004, 2007 und 2012 Jahre mit einem schlechten Entlastungseffekt gegeben, wobei in 2012 der Sedimentfang vor Wedel tatsächlich mit diesem schlechten Entlastungseffekt in den Monaten März und April unterhalten worden ist (vgl. Abbildung 16).



**Abbildung 16: Jahre eines überdurchschnittlich hohen (linke Grafik) bzw. niedrigen (rechte Grafik) Abflussgeschehens in den Monaten März und April (Bezugspegel Neu Darchau) aus dem Betrachtungszeitraum ab 2002 (Daten: WSA Lauenburg)**

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei einer Unterbringung des Feinmaterials im VSB 686/690 zu Zeiten eines niedrigen Oberwasserabflusses nur eine geringe Entlastung trotz hoher Transportentfernung erzielt wird. Eine gute Entlastungswirkung bei niedrigen Oberwasserverhältnissen wird erst bei Unterbringung auf Stellen im noch weiter seewärts gelegenen Bereich stromab MaxTrüb erreicht (vgl. Kapitel 5).

### 6.1.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie

Die Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie für das Fachthema der Morphologie erfolgt differenziert nach den Kriterien

- > Feinsedimenthaushalt
- > Baggermengenentwicklung/Kreislaufbaggerungen
- > Trübungsverhältnisse

Eine genaue Definition der Kriterien sowie der verwendeten Bewertungsstufen kann dem Anhang 1 entnommen werden.

#### Feinsedimenthaushalt

Bei Umsetzung der gegenwärtigen Unterbringungsstrategie muss mittelfristig mit einer immer wiederkehrenden Anreicherung des Feinsedimenthaushaltes der Tideelbe in den Bereichen MaxTrüb und stromauf MaxTrüb gerechnet werden, insbesondere aufgrund der

Unterbringung von Baggergut auf die Stelle Neßsand und zu Zeiten lang anhaltend niedriger Oberwasserabflussverhältnisse. Auch bei durchschnittlich erhöhten Oberwasserabflüssen, wie diese normalerweise im Zeitraum Winter und Frühjahr jährlich auftreten, ist nicht mit einem Austrag der auf Neßsand untergebrachten Feinsedimentmengen in Richtung Deutsche Bucht zu rechnen. Die Feinsedimente werden zwar stromabwärts transportiert, sie werden jedoch überwiegend im Bereich des inneren Ästuars verbleiben und mit wieder sinkenden Oberwasserabflüssen stromauf transportiert.

Abhängig vom Auftreten länger anhaltend (d. h. mindestens über Wochen) erhöhter Oberwasserabflüsse ist damit zu rechnen, dass größere Anteile der im Bereich Wedel/Juelssand gebaggerten und im Bereich MaxTrüb untergebrachten Feinsedimentmengen in Richtung Deutsche Bucht aus dem System Tideelbe ausgetragen werden. Eine gezielte Ausnutzung von erhöhten Oberwasserabflüssen, wie dies z. B. gegenwärtig durch Unterhaltung eines Sedimentfangs vor Wedel bereits umgesetzt wird, kann die zu erreichende Austragsmenge steigern (siehe Kapitel 6.1.1 und BfG 2012a). Bei einem unterdurchschnittlich niedrigen Oberwasserabfluss wird der gewünschte Austragseffekt durch eine Unterbringung im VSB 686/690 (Bereich MaxTrüb) jedoch nicht erreicht. Dann werden die untergebrachten Feinsedimente überwiegend stromaufwärts zurücktransportiert. Mittelfristig wird für die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand (inklusive Sedimentfang Wedel) im VSB 686/690 insgesamt von einer „etwas stabilisierenden“ Wirkung auf den Feinsedimenthaushalt ausgegangen. Eine schlechtere Bewertung („etwas destabilisierend“) erhält die ortsnahe und fortlaufende Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich NOK auf die VS 700 bzw. Unterbringung per Spülleitung. Unabhängig vom Oberwasser wird eine Entlastung des Feinsedimenthaushaltes durch Unterbringung des Baggergutes aus dem Bereich Osteriff nach stromab MaxTrüb und dort zurzeit auf VS 738 erreicht (Bewertung „stabilisierend“).

### **Baggermengenentwicklung/Kreislaufbaggerungen**

- > Es existiert eine sehr intensive Kreislaufbaggerung über die kurze Distanz zwischen der Unterbringungsstelle Neßsand und den Sedimentationsschwerpunkten im Baggerbereich Hamburg. Das Hamburger Handlungskonzept (siehe HPA & BSU 2012) beschränkt die Unterbringungen von Baggergut auf der Unterbringungsstelle Neßsand auf den Zeitraum von November bis März. Ist der Oberwasserabfluss in diesem Zeitabschnitt gering, gehen größere Anteile der hier umgelagerten Feinsedimente unmittelbar wieder zurück in den Stromauftransport, wo sie sich zeitnah und bevorzugt in den bekannten Sedimentationsschwerpunkten im Baggerbereich Hamburg ablagern können (Bewertung: **hoch**).
- > Das Unterhaltungsbaggergut aus dem Baggerbereich Wedel/Juelssand wird bei Bedarf ganzjährig im Bereich MaxTrüb vor St. Margarethen im VSB 686/690 untergebracht. Modellrechnungen zeigen (siehe BAW 2012), dass zu Zeiten niedriger Oberwasserabflüsse auch hier der überwiegende Anteil der Feinsedimente wieder stromauf transportiert wird. Bei Unterbringung zu Zeiten hoher Oberwasserabflüsse wird Baggergut jedoch verstärkt seewärts in Richtung Deutsche Bucht abtransportiert.

tiert. Nur dann ist eine Entlastung des Feinsedimenthaushaltes der Tideelbe durch Materialaustrag gegeben (vgl. BfG 2012b) (Bewertung: **mittel**).

- > Das Baggergut aus den Vorhafenbereichen des NOK bei Brunsbüttel wird auf der nur wenige Kilometer stromab gelegenen Stelle 700 untergebracht bzw. ortsnah verspült. Zwischen dem Ort der Unterbringung bzw. Verspülung und dem Vorhafenbereich besteht eine kleinräumige aber sehr intensive Kreislaufbaggerung. Unabhängig davon, ob das Baggergut untergebracht oder verspült wird, geht ein unbekannter Anteil der untergebrachten Feinmaterialmengen in den Stromauftransport und verstärkt damit die zuvor beschriebene Kreislaufbaggerung entlang des Bereichs stromauf MaxTrüb (Bewertung: **hoch**).
- > Die im Baggerbereich Osteriff anfallenden Sedimente (Feinmaterial) werden auf die Stelle VS 738 im Bereich stromab MaxTrüb untergebracht. Modellrechnungen zeigen (siehe BAW 2012, BAW 2013), dass große Anteile des untergebrachten Baggergutes südöstlich in Richtung der Schleswig-Holsteinischen Watten verdriften, diese nähren und dann dem großräumigen, morphodynamischen Prozessgeschehen unterliegen. Die Bildung kleinräumiger Kreislaufbaggerungen sind ausgeschlossen, ein unmittelbarer Rücktransport der Feinsedimente in den Feinsedimenthaushalt der Tideelbe (Bereich MaxTrüb und stromauf MaxTrüb) kann weitestgehend ausgeschlossen werden (Bewertung: **sehr gering/keine**).

## Trübung

Im Fall hoher Unterbringungsfrequenzen (d.h. häufige Unterbringungsvorgänge in kurzer Zeit über mehrere Wochen - vgl. auch Erläuterungen des Indikators Trübungsverhältnisse in Anhang 1) besteht die Möglichkeit einer unterbringungsbedingt anhaltend erhöhten Trübung sowie einer kontinuierlichen Anreicherung von suspendierten Feinsedimenten im Nahbereich der Unterbringungsstelle. Eine solche Auswirkung ist bei der gegenwärtigen Unterbringungsstrategie vor allem auf den Unterbringungsstellen VS 700 und Neßsand möglich (Bewertung: **hoch**). Aufgrund der großen Transportentfernungen und der höheren Feinsandanteile ist mit geringeren Unterbringungsfrequenzen und entsprechend geringeren Auswirkungen im VSB 686/690 zu rechnen (Bewertung: **gering**). Das auf VS 738 untergebrachte Baggergut ist zusätzlich noch durch höhere Feinsandanteile charakterisiert (Bewertung: **sehr gering/keine**).

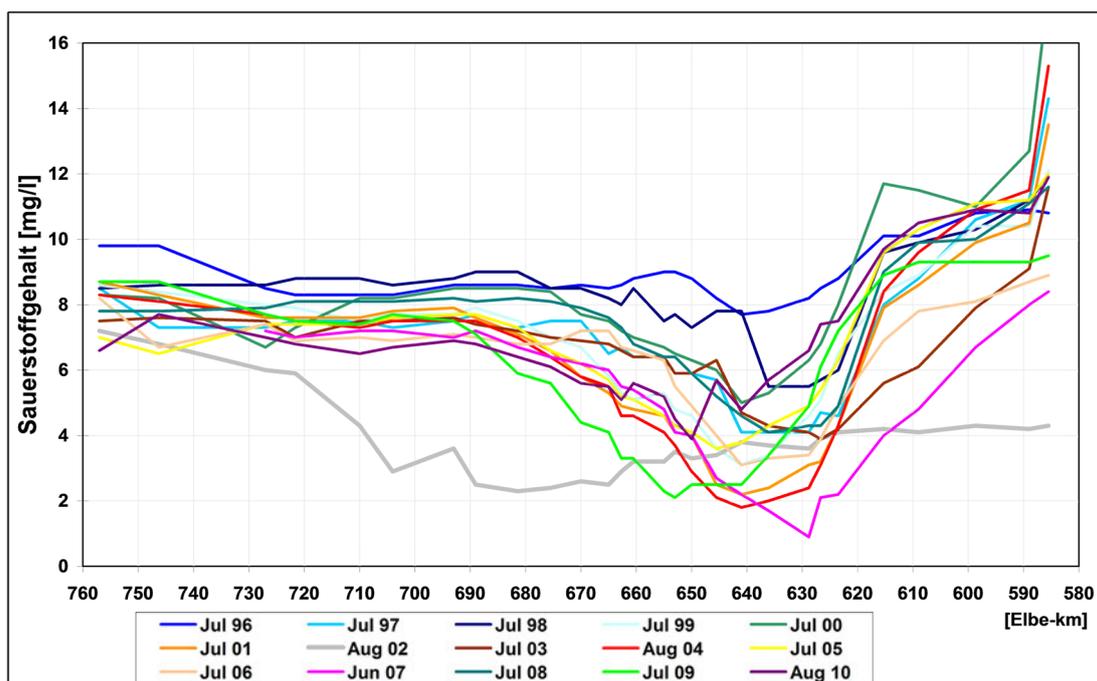
## 6.2 Sauerstoff und Nährstoffe

### 6.2.1 Beschreibung des Ist-Zustands

Der Sauerstoffhaushalt der Tideelbe weist eine deutliche Saisonalität mit einer gleichzeitig typischen Längsverteilung auf. Die geringsten Sauerstoffgehalte treten dabei im Sommer kurz unterhalb des Hamburger Hafens auf. Diese typische Ausprägung wird als das „Sauerstofftal“ der Tideelbe bezeichnet. Die räumliche Ausdehnung des „Sauerstofftals“ in der Tideelbe kann mit Hilfe der Längsprofilmessungen der Monate Juni, Juli und August der Jahre 1996 bis 2010 gut beschrieben werden (Abbildung 17). Dabei sind in der Regel Sauerstoffgehalte unter 6 mg O<sub>2</sub>/l innerhalb eines Bereiches von Elbe-km 620 bis 670 zu beobachten. Im Juli 2001, August 2004, Juni 2007 und Juli 2009 traten oberflächennah Sauerstoffgehalte unter

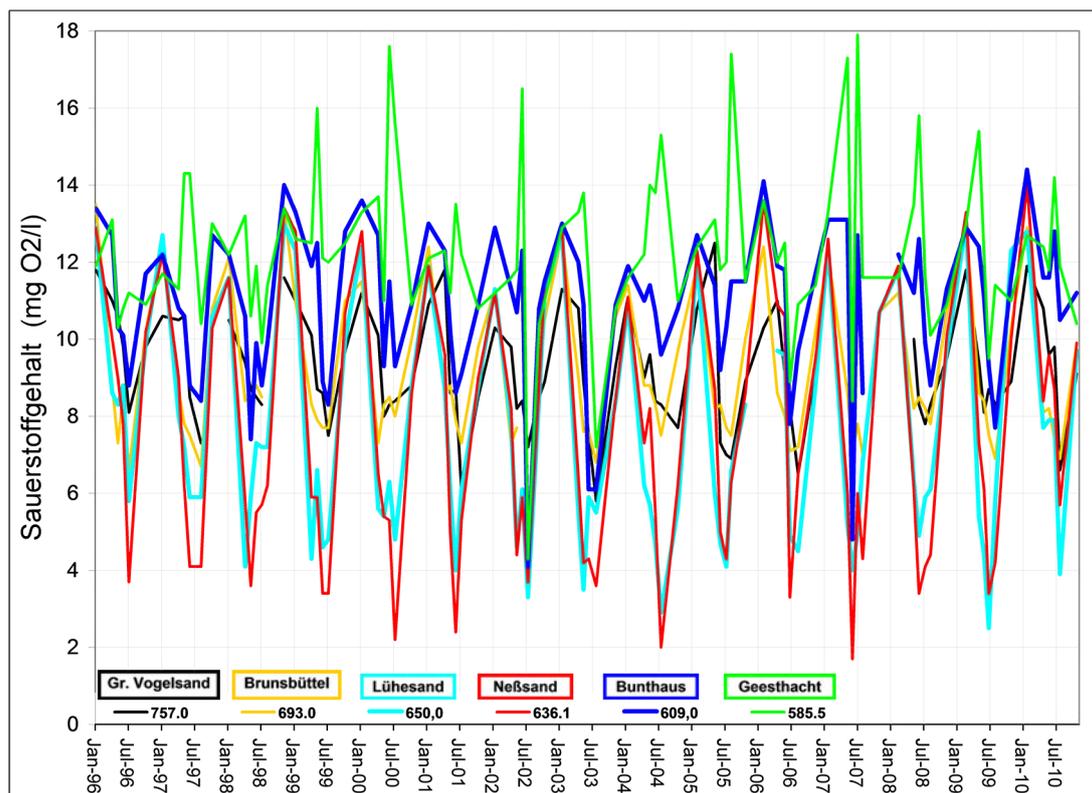
3 mg/l auf. Das Längsprofil des Sauerstoffs während des Hochwassers im August 2002 (26.08.2002) stellte eine extreme Situation dar. Zu diesem Zeitpunkt wies die gesamte Tideelbe ab dem Wehr Geesthacht bis km 710 geringe Sauerstoffgehalte von nur 2,3 - 4,3 mg O<sub>2</sub>/l auf.

Abbildung 18 zeigt die zeitliche Entwicklung der Sauerstoffgehalte für sechs Messpunkte entlang der Tideelbe. In diesen oberflächennahen Einzelproben sind die relativ höchsten Sauerstoffgehalte an den von der Mittel- und Unterelbe geprägten Stationen Geesthacht und Bunthaus zu beobachten. Die im Sommer teilweise sehr hohen Sauerstoffgehalte (> 12 mg O<sub>2</sub>/l) zeigen eine deutliche Übersättigung des Wassers mit Sauerstoff an. Stromabwärts zu der unterhalb des Hamburger Hafens gelegenen Station Neßsand wurde ein deutlicher Rückgang der Sauerstoffgehalte gemessen. Diese Station und die Station Lühesand wiesen jeweils im Sommer Sauerstoffgehalte unter 6 mg/l, in den meisten Jahren sogar Werte unter 4 mg/l auf. Die im Bereich des Trübungsmaximums der Elbe liegende Station Brunsbüttel und die vom Nordseewasser beeinflusste Station Großer Vogelsand wiesen ganzjährig Sauerstoffgehalte zwischen 6,6 und 13,5 mg/l auf. Ausnahmen waren der durch das Hochwasser verursachte geringe Messwert im August 2002 an der Station Brunsbüttel sowie die Messwerte von 6,1 bzw. 5,8 mg O<sub>2</sub>/l im August 2001 bzw. 2003 an der Station Großer Vogelsand. Damit lagen die Gehalte meist im Bereich der temperaturabhängigen Sauerstoffsättigung.



**Abbildung 17: Längsprofile des Sauerstoffgehaltes in der Tideelbe im Juli bzw. August der Jahre 1996 - 2010**

(auf Basis der monatlichen ARGE-Elbe-Hubschrauberbefliegungen)

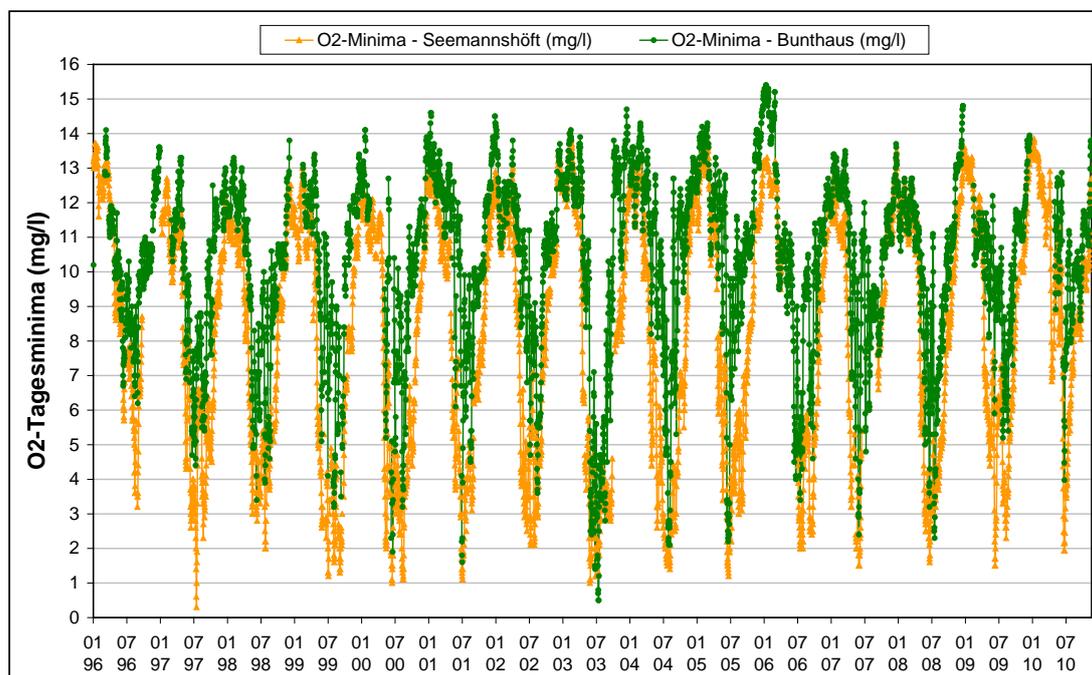


**Abbildung 18: Zeitliche Entwicklung (1996 bis 2010) der oberflächennahen Sauerstoffgehalte an verschiedenen Orten der Elbe (auf Basis der monatlichen ARGE-Elbe-Hubschrauberbefliegungen)**

In Abbildung 19 sind die täglichen Sauerstoffminima der beiden im Hamburger Bereich liegenden kontinuierlichen Messstationen Bunthaus und Seemannshöft im Zeitraum 1996 bis 2010 dargestellt. Die Daten veranschaulichen die starke Belastung des Sauerstoffhaushaltes in diesem Bereich der Tideelbe. So fallen stromauf des Hamburger Hafens bei Bunthaus im Sommer die Tagesminima des Sauerstoffgehalts bis auf 2 mg/l (Juni 2000 und Juli 2001, 2004) und im Trockenjahr 2003 sogar auf unter 1 mg/l ab. Noch geringere Gehalte gab es bei Seemannshöft mit Unterschreitungen des 2-mg/l-Wertes in den Sommermonaten der meisten Jahre zwischen 1996 und 2010. Die langen Aufenthaltszeiten des Wassers und die ungünstigen Bedingungen (große Wassertiefen mit gering durchlichtetem Anteil) für die physikalische Wiederbelüftung und den biogenen Sauerstoffeintrag durch Algen begünstigen die sauerstoffzehrenden Prozesse und führen so zum Rückgang der Sauerstoffgehalte in diesem Bereich. Die kontinuierlichen Messungen an der Station Grauerort (Elbe-km 660,5) wiesen in den Jahren 1996 bis 2010 keine eindeutige Tendenz auf. Die Sauerstoffminima lagen, bis auf die Hochwassersituation im August 2002, immer über 4 mg O<sub>2</sub>/l (Daten nicht dargestellt).

Die Abbildung 20 zeigt die langfristige Entwicklung der Sauerstoffverteilung nahe der Wasseroberfläche. Nach einer Phase der Verbesserung der Sauerstoffgehalte in den Jahren 1991 bis 1996 war im Zeitraum 1997 bis 1999 eine Umkehr dieses Trends hin zu niedrigeren Sauerstoffgehalten zwischen km 620 und km 670 zu beobachten. Betrachtet man die kontinuierlichen Daten, wie in Abbildung 19 geschehen, ist diese negative Entwicklung der

Sauerstoffgehalte für den Bereich oberhalb des Hamburger Hafens (Station Bunthaus) an den auftretenden Sauerstoffminima für den Zeitraum von 1996 bis 2001 zu belegen.



**Abbildung 19: Tagesminima des Sauerstoffgehaltes basierend auf den kontinuierlichen Messungen der ARGE-Elbe bei Bunthaus und Seemannshöft von 1996 bis 2010**

Die Entwicklung der Sauerstoffgehalte in den Nebelbecken der Tideelbe ist von hoher ökologischer Bedeutung, da die randlichen Gewässerbereiche wichtige Lebensräume für Tiere sowie für das Phytoplankton und -benthos darstellen. Die hohe ökologische Wertigkeit ist gerade auch durch die im Vergleich zum Hauptstrom günstigeren Sauerstoffgehalte begründet. So lagen im Zeitraum 1999 bis 2010 die Sauerstoffgehalte in der Hahnöfer Nebelbecke im Sommer mindestens bei etwa 4 mg/l (Abbildung 21). Die Messungen der Jahre 2005, 2006, 2008 und 2010 wiesen mit Sauerstoffwerten über 5 mg/l vergleichsweise noch günstigere Bedingungen auf. Demgegenüber sank in vielen Jahren des Zeitraums 1996 bis 2010 die Sauerstoffgehalte im Hauptstrom der Tideelbe bei km 640 bis 2 mg/l. Während in den Jahren 1996 bis 1999 noch sehr große positive Differenzen im Sauerstoffgehalt (über 4 mg/l) zwischen Nebelbecken und Hauptstrom gemessen werden konnten, nahmen die Unterschiede in den nachfolgenden Jahren von 2000 bis 2010 ab. Die jährlichen maximalen Sauerstoffdifferenzen erreichten nur noch 1,8 bis 3,1 mg/l. Die Daten zeigen aber auch, dass gerade bei sehr geringen Sauerstoffgehalten im Hauptstrom die Hahnöfer Nebelbecken noch immer als sauerstoffreicheres Rückzugsgebiet für Tiere zur Verfügung steht. Auch die weiter seewärts liegende Pagensander Nebelbecken zeigte mit im Mittel 0,5 mg O<sub>2</sub>/l und die Glückstädter Nebelbecken mit im Mittel 0,2 mg O<sub>2</sub>/l höhere Sauerstoffgehalte als der Hauptstrom in dem jeweiligen Elbabschnitt.

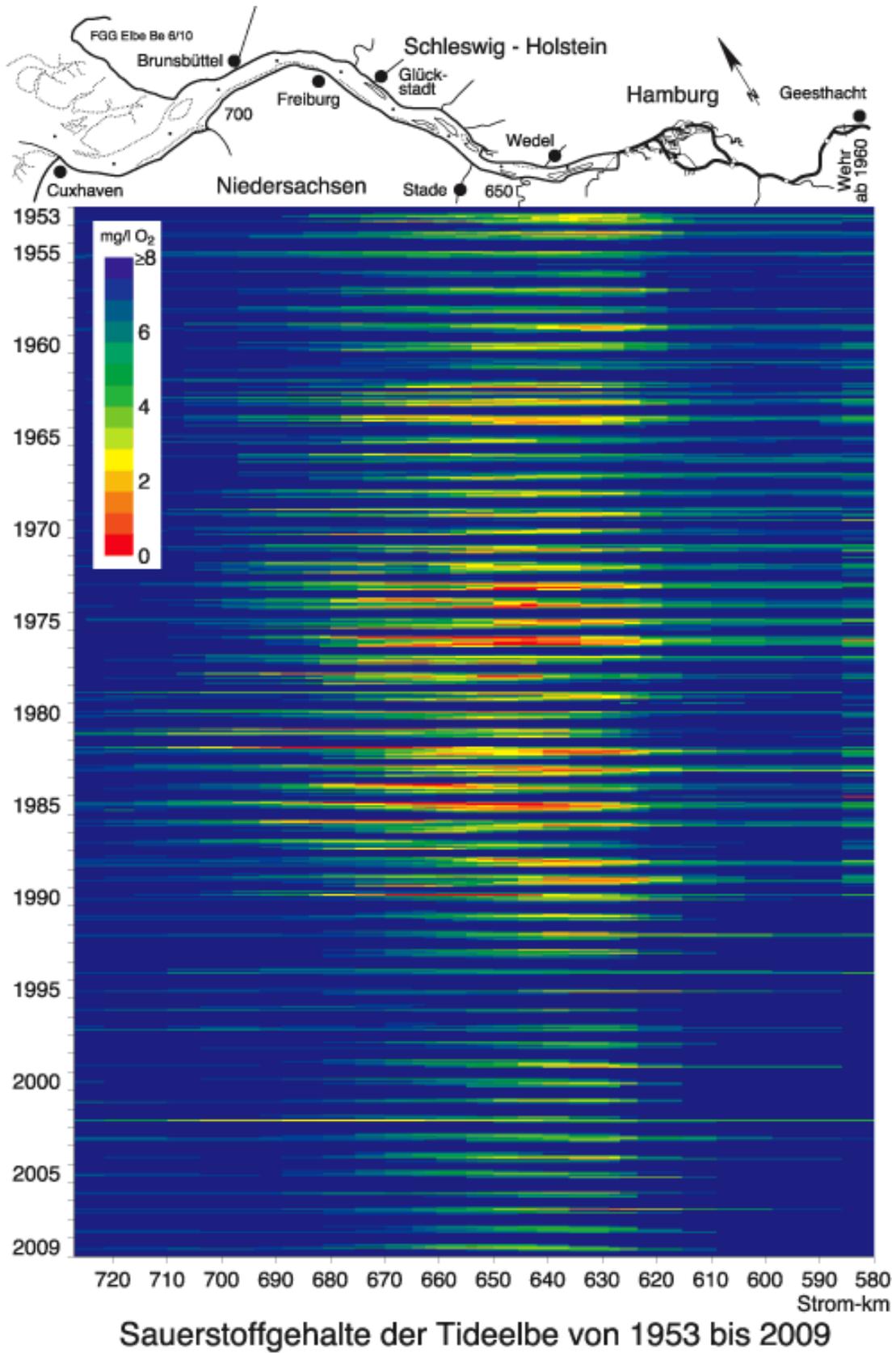
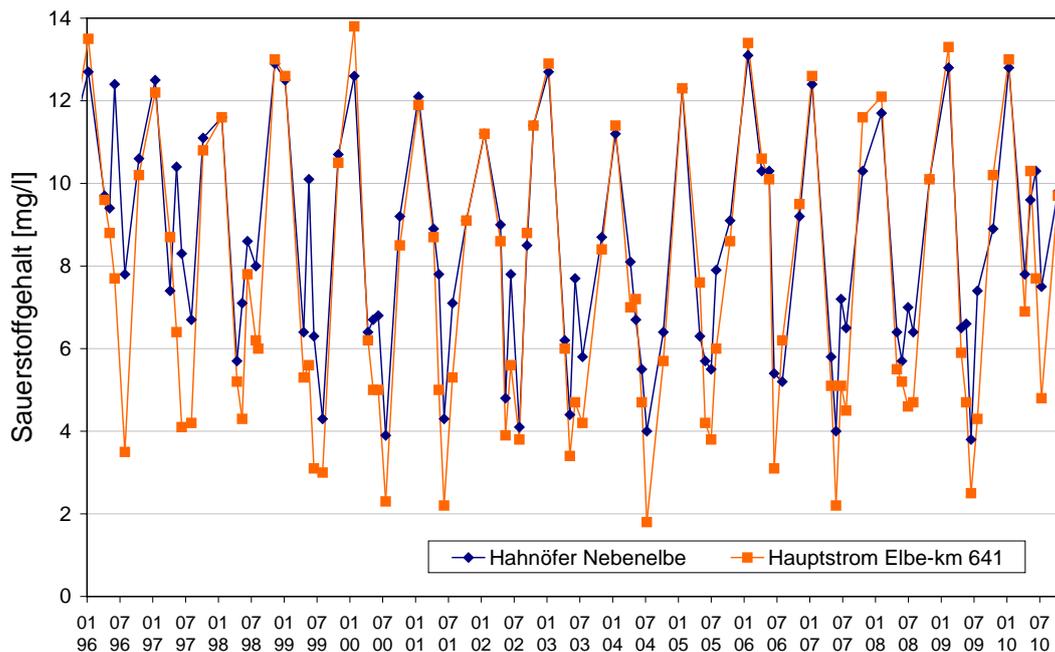


Abbildung 20: Sommerliche Sauerstoffgehalte im Hauptstrom der Tideelbe bei km 585,5 und km 630 in den Jahren 1953 - 2009 (FGG-Elbe)

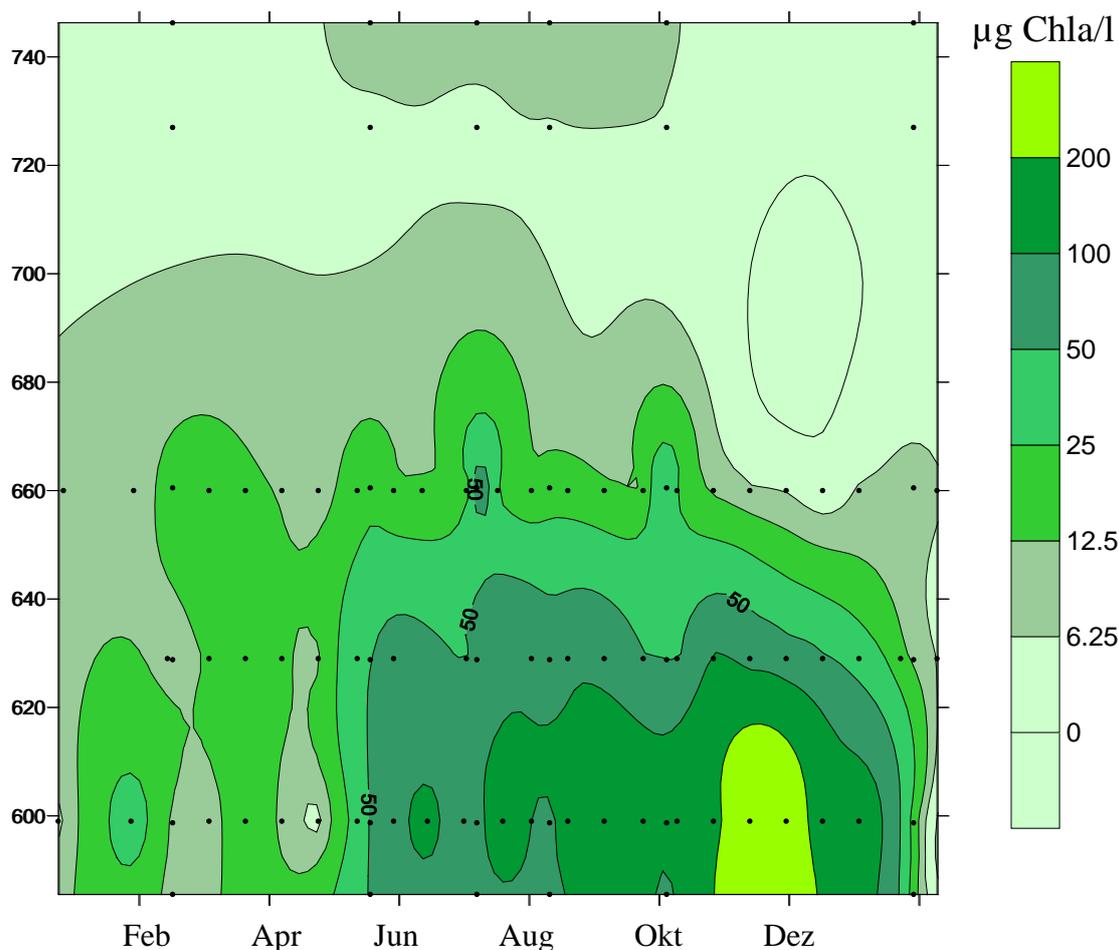


**Abbildung 21: Sauerstoffgehalte in der Hahnöfer Nebenelbe und im Hauptstrom der Tideelbe (km 641) von 1996 bis 2010 (auf Basis der monatlichen ARGE-Elbe-Hubschrauberbefliegungen)**

## Phytoplankton

Das Phytoplankton (= im Wasser schwebende Algen) ist eine wesentliche Komponente im Sauer- und Nährstoffhaushalt und im Nahrungsnetz der Tideelbe. Das Phytoplankton kann in Gegenwart von Licht und Nährstoffen wachsen und bei dieser Produktion auch erhebliche Mengen Sauerstoff in das Gewässer eintragen. Dieser Prozess wird als biogene Belüftung bezeichnet. Als lebender Organismus verbrauchen Algen aber auch Sauerstoff, nämlich dann, wenn kein Licht vorhanden ist oder die Nährstoffressourcen stark limitiert sind. Auch der Schwebstoffhaushalt der Tideelbe kann durch die Algen, die den organischen Anteil der Schwebstoffe bestimmen, stark gesteuert sein (siehe weiter unten im Kapitel).

Die Phytoplanktondichten, dargestellt durch den Algenbiomasseparameter Chlorophyll a (Chla), weisen ein starkes saisonales Muster sowie eine typische Längsverteilung entlang der Tideelbe auf. Anhand der Daten für das Jahr 2006 wird dies in Abbildung 22 veranschaulicht. In 2006 traten von Mai bis November im oberen Bereich der Tideelbe (Wehr Geesthacht bis Hamburger Hafen) Algenbiomassen von über 50 µg/l auf, während stromab km 680 durchgehend über das gesamte Jahr die Chla-Gehalte meist unter 10 µg/l lagen. In dem dazwischen liegenden Abschnitt der Tideelbe traten in den Sommermonaten starke Gradienten des Chlorophyllgehaltes auf. Insbesondere im Spätsommer waren die Gradienten stark ausgeprägt und dann auf den Abschnitt zwischen km 610 bis km 650 eingengt.



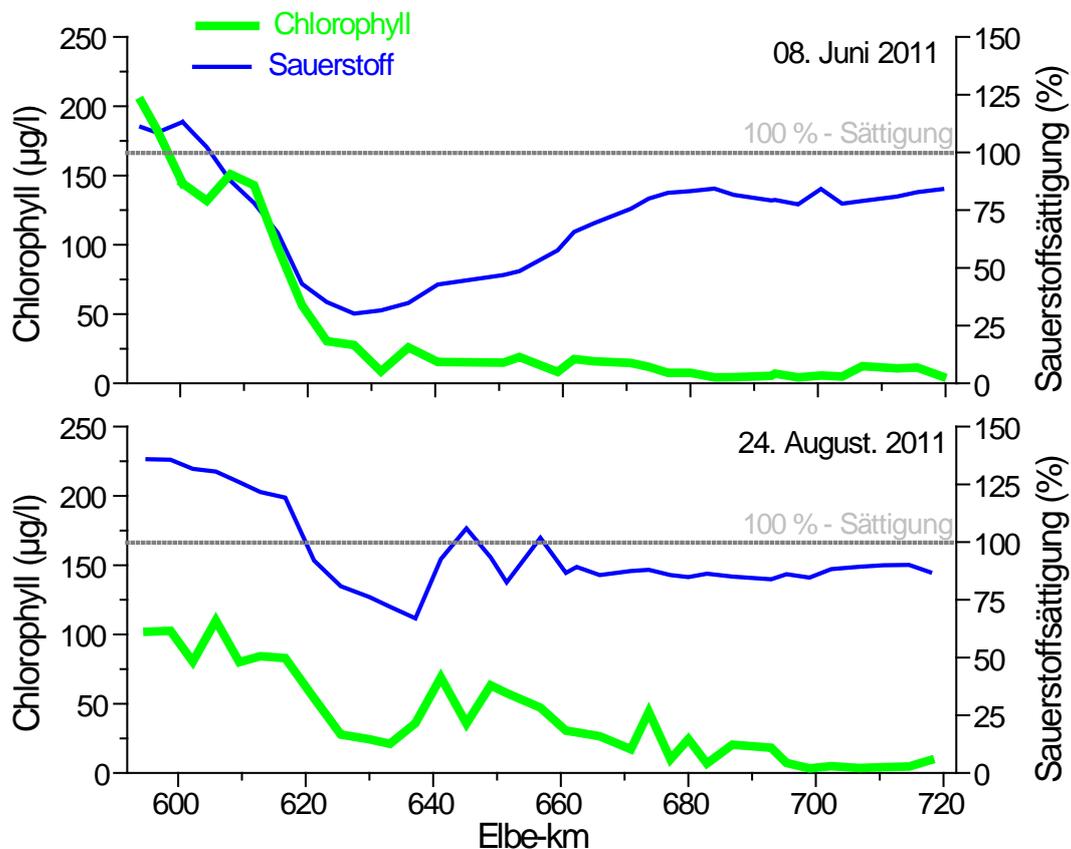
**Abbildung 22: Isoplethendiagramm der zeitlichen und räumlichen Verteilung des Phytoplanktons (als Chla-Gehalt) im Jahr 2006 auf Grundlage aller Messwerte (n = 99) aus dem FGG-Elbe-Messprogramm.**

X-Achse = Zeitachse für das Jahr 2006, y-Achse = Längsverlauf Tideelbe von km 590 (Wehr Geesthacht) bis km 740 (Mittelgrund-Außenelbe)

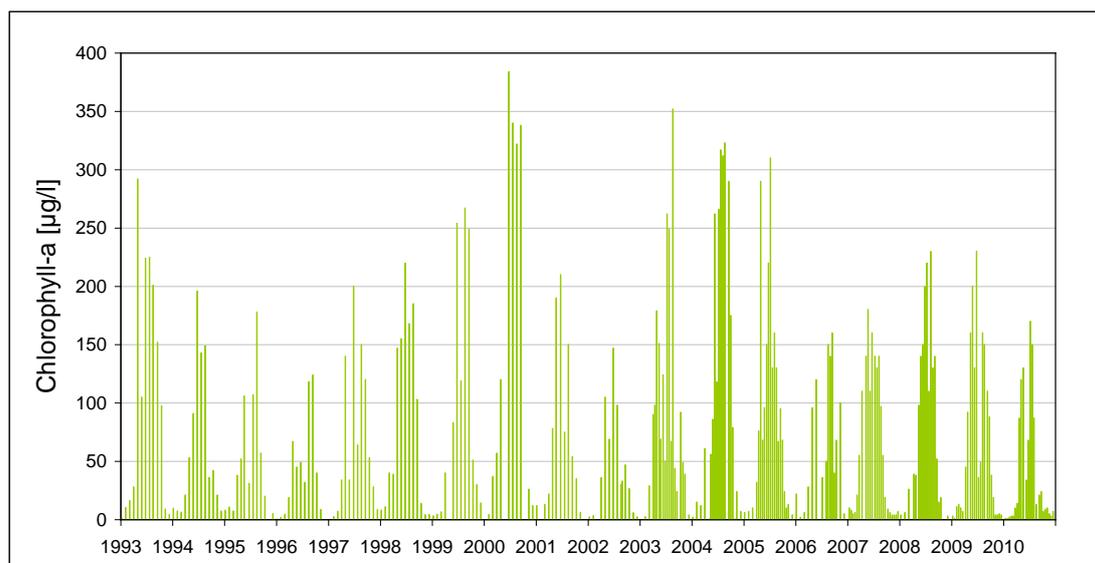
Die Längszonierung des Phytoplanktons in der Tideelbe ist durch hohe Einträge aus der Mittelelbe, die über das Wehr Geesthacht in den oberen Abschnitt der Tideelbe eingetragen werden, geprägt. Längsprofilmessungen der Chlorophyllgehalte zeigen, dass im Juni 2011 am Wehr Geesthacht ca. 200 µg Chla/l und im August ca. 100 µg Chla/l eingetragen wurden (Abbildung 23). Im weiteren Längsverlauf nahm der Algengehalt im Elbästuar ab und erreichte in der Trübungszone (km 680 - km 700) mit nur wenigen Mikrogramm sein Minimum. Hin zur Nordsee war dann - zumindest im Frühsommer - eine leichte Zunahme (auf 10 - 20 µg Chla/l) zu beobachten, die auf die stattfindende Algenblüte im Wattenmeer zurückzuführen war.

Aus der nachfolgenden Abbildung 24 wird die Langzeitentwicklung des Eintrags an Algen aus der Mittelelbe deutlich. Seit Mitte der 1990er Jahre war eine Zunahme der Algenbiomasse bis zum Jahr 2000 zu beobachten. Die Jahre 2001 und 2002 waren durch hohe Sommerabflüsse gekennzeichnet, wodurch die Algenbiomassen in der Mittelelbe geringer waren als in den Jahren zuvor. Die anschließenden Jahre 2003 bis 2006 waren trockener und

somit wieder planktonreicher. Die Jahre 2007 bis 2010 zeigten mittlere maximale Plankton-  
gehalte von 100 - 200 µg Chla/l.



**Abbildung 23: Längsprofile des Chlorophyllgehaltes und der Sauerstoffsättigung in der Tideelbe vom Wehr Geesthacht (km 586) bis Cuxhaven (km 727) am 8./9.6. und 24./25.8.2011 bei ablaufendem Wasser (= Ebbphase) (Daten: BfG)**



**Abbildung 24: Chlorophyllkonzentration in der Mittelbe bei Schnackenburg (km 474) im Zeitabschnitt von 1993 bis 2010 (Daten: FGG Elbe)**

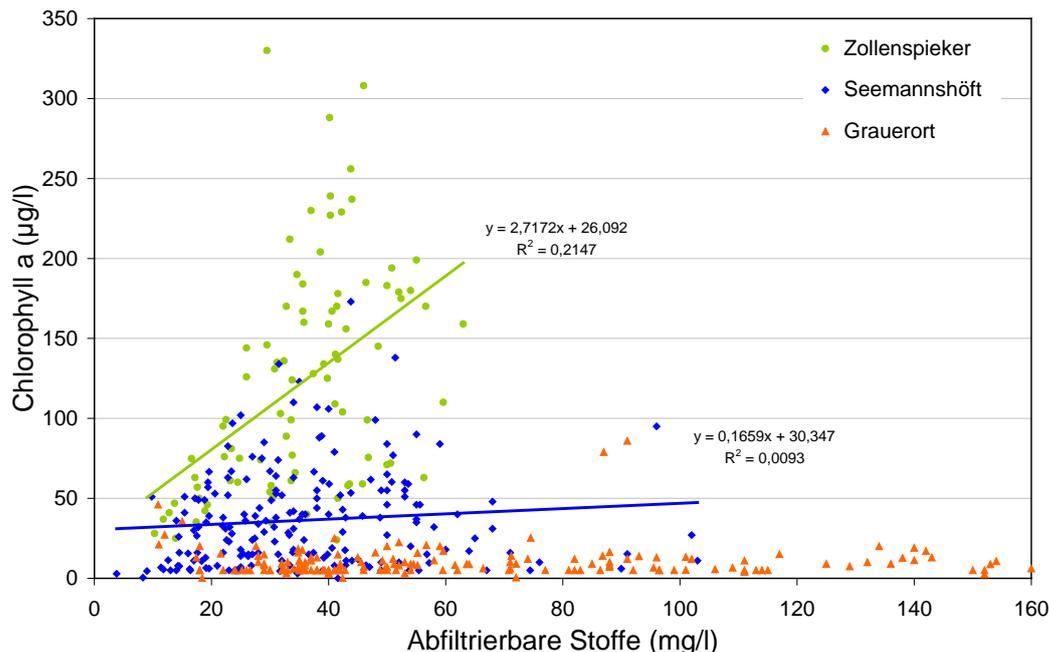
## **Organischer Anteil der Schwebstoffe (Algen und Detritus)**

Die organischen Komponenten der Schwebstoffe bestehen in der Tideelbe überwiegend aus lebenden Algen und totem organischen Material, dem Detritus. Diese Schwebstofffraktionen sind im Folgenden eingehender beschrieben und gegeneinander abgegrenzt. Die Kenntnis des „natürlichen“ Schwebstoffhaushaltes sowie dessen Beeinflussung durch die Umlagerung von Baggergut ist von besonderer Bedeutung für die Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit eines Sedimentmanagements.

Als ein chemisches Maß für den organischen Anteil der Schwebstoffe dient der partikuläre organischen Kohlenstoff (= POC). Wie Auswertungen 14-tägiger Messreihen der ARGE Elbe für die Tideelbe bei Zollenspieker, Seemannshöft und Grauerort zeigen, macht der POC (Differenz aus TOC zu DOC) einen Gewichtsanteil von 4 - 11 % am Trockengewicht der Schwebstoffe aus. Da der mittlere C-Gehalt des organischen Materials in Gewässern bei 42 % liegt (Sutherland 1998), ergibt sich aus den POC-Gehalten ein mittlerer Gewichtsanteil des organischen Materials an den Schwebstoffen von 9 - 25 %. Im Bereich Geesthacht bis Bunthaus und in den Hafengebieten der Elbe kann der Gewichtsanteil zeitweise über 50 % betragen.

Beim Anteil des POC an den Schwebstoffen treten deutliche Unterschiede in Längsrichtung und auch saisonale Unterschiede auf. Die Station Zollenspieker weist im Sommer und Winter mit 10 % bzw. 11 % die höchsten organischen Kohlenstoffanteile auf und die Station Grauerort mit 4 % die geringsten Anteile. Betrachtet man zusätzlich noch die Chlorophyll-a-Messwerte, die mit einem Faktor von 25 (für Kieselalgen Chla-C) multipliziert den Kohlenstoffgehalt der lebenden Algen (Chla-C) anzeigen, so wird deutlich, dass bei Zollenspieker die Algen insbesondere im Sommer mit 79 % (im Winter mit 35 %) den organischen Kohlenstoffanteil der Schwebstoffe bestimmen. Für die Station Seemannshöft beträgt der algenbürtige C-Anteil noch 46 % bzw. 20 % und bei Grauerort sind es nur noch 13 % bzw. 7 %.

Die große Bedeutung der Algen für den Schwebstoffgehalt im oberen Abschnitt der Tideelbe (oberhalb Bunthaus) zeigt auch die Abbildung 25. Bei Zollenspieker ist eine Abhängigkeit des Schwebstoffgehalts vom Algengehalt erkennbar. An der Station Seemannshöft nimmt diese Abhängigkeit (bzw. die ermittelte Steigung) deutlich ab und bei Grauerort (orange Dreiecke) ist keine Abhängigkeit mehr zu belegen. Hier streuen die Schwebstoffgehalte von 15 bis 150 mg/l, während die Chlorophyllgehalte nur zwischen 5 und 25 µg/l variieren. In diesem Abschnitt der Tideelbe liegt eher eine umgekehrte Abhängigkeit vor, d.h. bei geringen Schwebstoffgehalten treten höhere Chlorophyllgehalte auf, da nur bei geringen Schwebstoffgehalten (= Trübung) genügend Licht für das Wachstum der Algen gegeben ist. Auch zeigt der POC-Gehalt in den oberen Flussregionen wesentlich größere Schwankungsbreiten als in der Trübungszone des Ästuars. In der oberen Ästuarregion (Stationen: Geesthacht bis Zollenspieker) werden während Algenblüten größere Mengen organischer Substanz produziert.

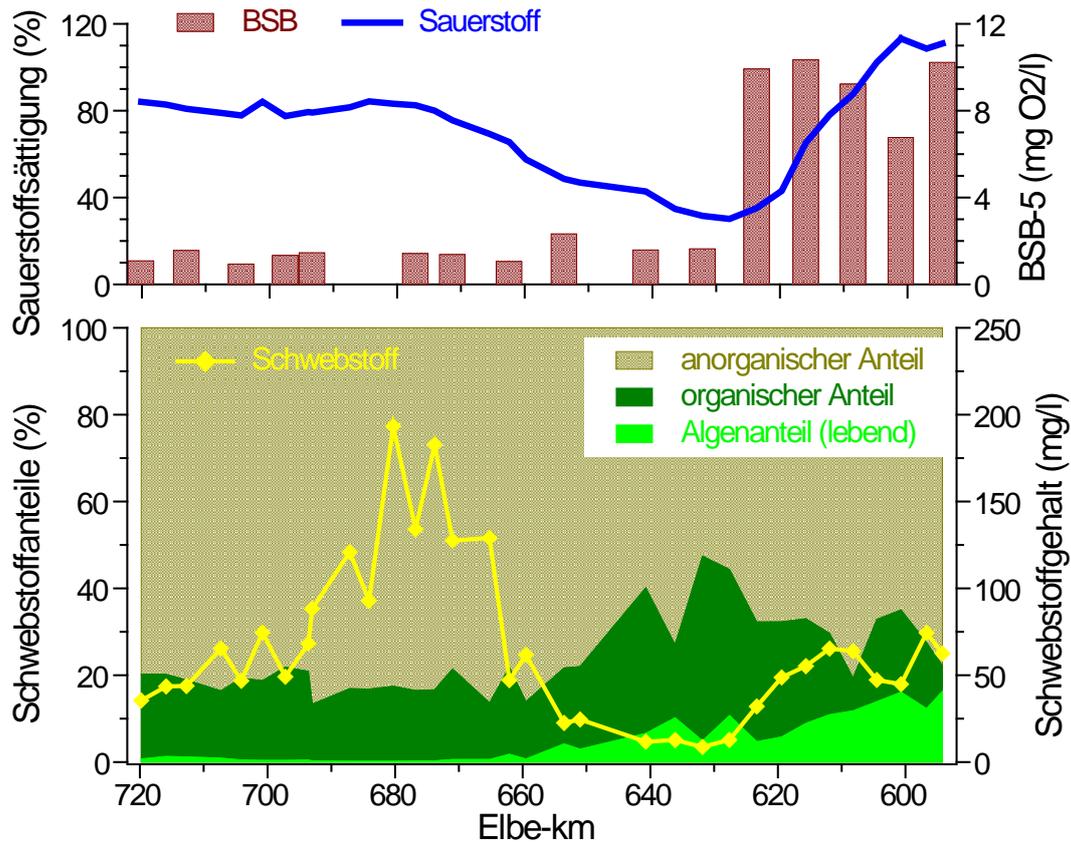


**Abbildung 25: Korrelationen von abfiltrierbaren Stoffen und Chlorophyll-Gehalt für die Sommermessungen der Jahre 1993 - 2005 an den Messstellen Zollenspieker (km 598), Seemannshöft (km 629) & Grauerort (km 660) (Daten: ARGE Elbe)**

### Sauerstoffzehrung und deren Ursachen

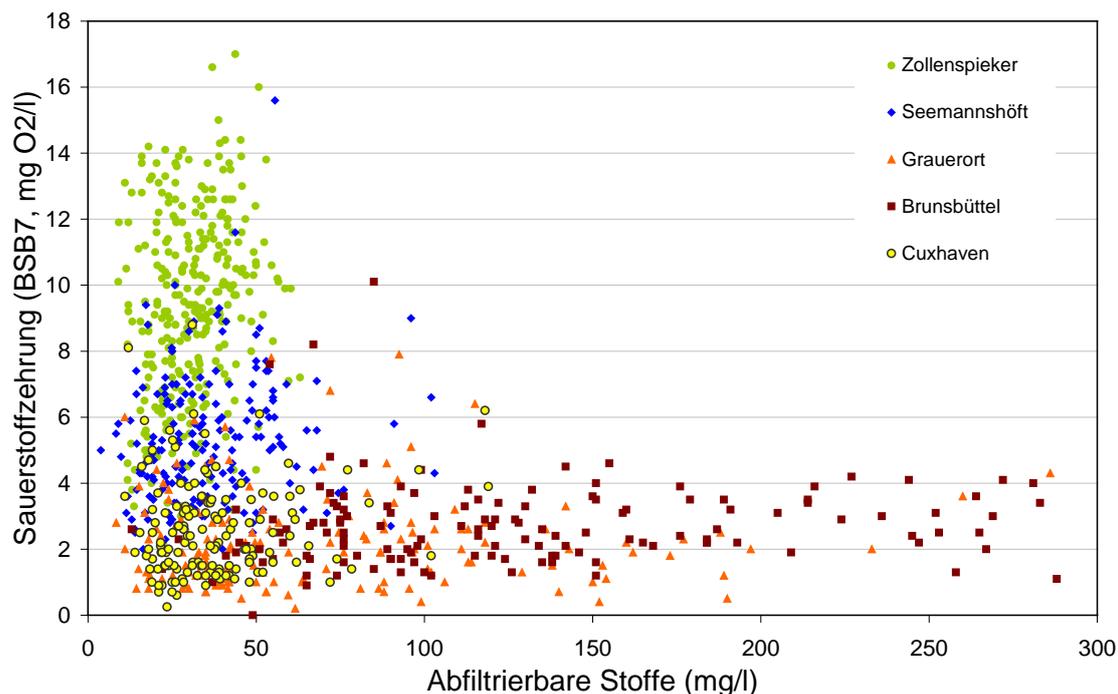
Aus den Längsbereisungsdaten der BfG im Juni 2011 (Abbildung 26) wird der Zusammenhang zwischen Schwebstoff und dessen Zusammensetzung sowie der daraus resultierenden Sauerstoffzehrung und den bewirkten Sauerstoffgehalten ersichtlich. Im oberen Abschnitt der Tideelbe (Wehr Geesthacht bis ca. km 620, Hamburger Hafen) treten geringe Schwebstoffkonzentrationen (ca. 20 - 40 mg/l) mit hohen organischen Anteilen (= hohe POC-Anteile) auf, welche im Wesentlichen durch lebende Algen (40 - 80 %-Anteil an organischem Material, siehe weiter oben) bedingt sind.

Im Hamburger Hafen (km 620 - km 635) nehmen die Schwebstoffgehalte leicht ab und ebenfalls der Anteil der lebenden Algen am Schwebstoff. Über den gesamten Abschnitt (Geesthacht bis km 635) treten die höchsten Sauerstoffzehrungen in der Tideelbe auf. Dabei wird organisches Material mit einem hohen Anteil an algenbürtigen Kohlenstoffverbindungen von Bakterien unter Sauerstoffverbrauch veratmet und dabei abgebaut. Dieses Substratangebot für Bakterien kann als BSB5-Wert (Biologisch-chemischer Sauerstoffbedarf nach 5 Tagen) dargestellt werden. Durch diese Prozesse entstehen die starken Sauerstoffdefizite und damit das typische „Sauerstofftal“ im und kurz unterhalb des Hamburger Hafens.



**Abbildung 26: Schwebstoffanteile und -gehalte (unten) sowie Sauerstoffgehalt (oben) und Sauerstoffzehrung im Längsprofil der Tideelbe am 08./09.06.2011 (Daten: BfG)**

Weiter stromab von Grauerort (Elbe-km 660), im Bereich der Trübungszone, treten hohe Schwebstoffgehalte (100 - 200 mg/l) auf; der organische Anteil der Schwebstoffe nimmt deutlich ab; Gleiches gilt für die Algengehalte. Hier treten nur vergleichsweise geringe Sauerstoffzehrungen auf und der Sauerstoffgehalt nimmt wieder zu. Daraus lässt sich ableiten, dass, obwohl hohe partikuläre organische Gehalte (POC) aufgrund hoher Schwebstoffgehalte auftreten, die Qualität des organischen Kohlenstoffs „schlechter“ als im oberen Abschnitt der Tideelbe ist. Das heißt, dieses Material ist für Bakterien schwerer abbaubar. Dies korreliert auch mit den geringeren Algenanteilen im Schwebstoff. In Richtung Nordsee gehen die Gehalte an abfiltrierbaren Stoffen wieder zurück und der relative Anteil des organischen Materials beim Vorhandensein von Algen kann wieder zunehmen. Bei der Messfahrt im Jahr 2011 war dieser Zusammenhang allerdings nur schwach ausgeprägt. Insgesamt betrachtet nimmt in der Tideelbe die Aufenthaltszeit der Partikel in Richtung Nordsee ständig zu. Gleichzeitig wird bei dem Transport durch das Ästuar der „Nährwert“, d.h. der kalorische Gehalt der Schwebstoffe verringert. Dementsprechend werden die organischen Anteile unterschiedlich schnell durch heterotrophe Bakterien umgesetzt. Der Zusammenhang zwischen Abbaubarkeit und Schwebstoffgehalt ist in Abbildung 27 dargestellt. Dabei wird die Qualität bzw. Abbaubarkeit der Schwebstoffe durch den Sauerstoffbedarf nach 7 Tagen (= BSB7-Wert) der Probe gegenüber deren Schwebstoffgehalt an verschiedenen Probestellen im Längsverlauf der Tideelbe gezeigt.



**Abbildung 27: Sauerstoffzehrung und Schwebstoffgehalt für verschiedene Stationen in der Tideelbe (Daten: FGG-Elbe)**

Die auf den BSB-7 bezogene und ermittelte Sauerstoffzehrung der Schwebstoffe nimmt im Längsverlauf der Tideelbe von oberstrom (Zollenspieker) in Richtung des Trübungsmaximums bei Brunsbüttel um etwa eine 10er-Potenz ab (Abbildung 27). Da der tatsächliche mikrobielle Abbau (mit Abbaurate  $k$ ) von organischem Kohlenstoff (bei  $C_0$  = Gesamtmenge an abbaubaren Verbindungen) durch eine Exponentialfunktion beschrieben wird,

$$C_t = C_0 * (1 - e^{-k*t})$$

$C_t$  = Kohlenstoffgehalt zum Zeitpunkt  $t$

$C_0$  = Kohlenstoffgehalt zum Zeitpunkt 0 (=Ausgangszeitpunkt)

gibt der ermittelte Sommermittelwert der Sauerstoffzehrung nur einen ungefähren Anhaltspunkt zur Abbaubarkeit der Schwebstoffe. Dies bedeutet, dass die Schwebstoffe in Brunsbüttel ein deutlich schlechteres Substrat für Bakterien darstellen als die Schwebstoffe bei Zollenspieker, was zunächst durch den höheren Anteil an Algen in den Schwebstoffen zu erklären ist. Weiterhin kann die im Längsverlauf der Tideelbe sinkende Abbaubarkeit der Schwebstoffe auch durch die Zunahme ihrer Aufenthaltszeit im System (= Alter) erklärt werden. Die Bakterien und deren Exoenzyme haben also bei Brunsbüttel mehr Zeit gehabt, auf die organischen Verbindungen einzuwirken und so die labilen, leicht abbaubaren Verbindungen der Schwebstoffe bereits verbraucht bzw. aufoxidiert. Als Folge sind die organischen Bestandteile der Schwebstoffe bei Brunsbüttel schwerer abbaubar und somit im Durchschnitt älter als die organischen Bestandteile des Schwebstoffs im oberen Abschnitt der Tideelbe. Es wird also das zunehmende Alter bzw. die Aufenthaltsdauer des organischen Kohlenstoffs im System durch abnehmende Zehrungseigenschaft angezeigt.

Dieser grundlegende Trend wird durch die Resuspension von Sedimenten/konsolidierten Schwebstoffen/frischen Schwebstoffen deutlich beeinflusst. Dort, wo die Resuspension stattfindet, dürfte sich das Alter bzw. die Aufenthaltszeit der Partikel erhöhen. Damit sollte sich auch das Sauerstoffzehrungspotenzial der Schwebstoffe vermindern.

### **Nährstoffe und Sauerstoffzehrung der Sedimente**

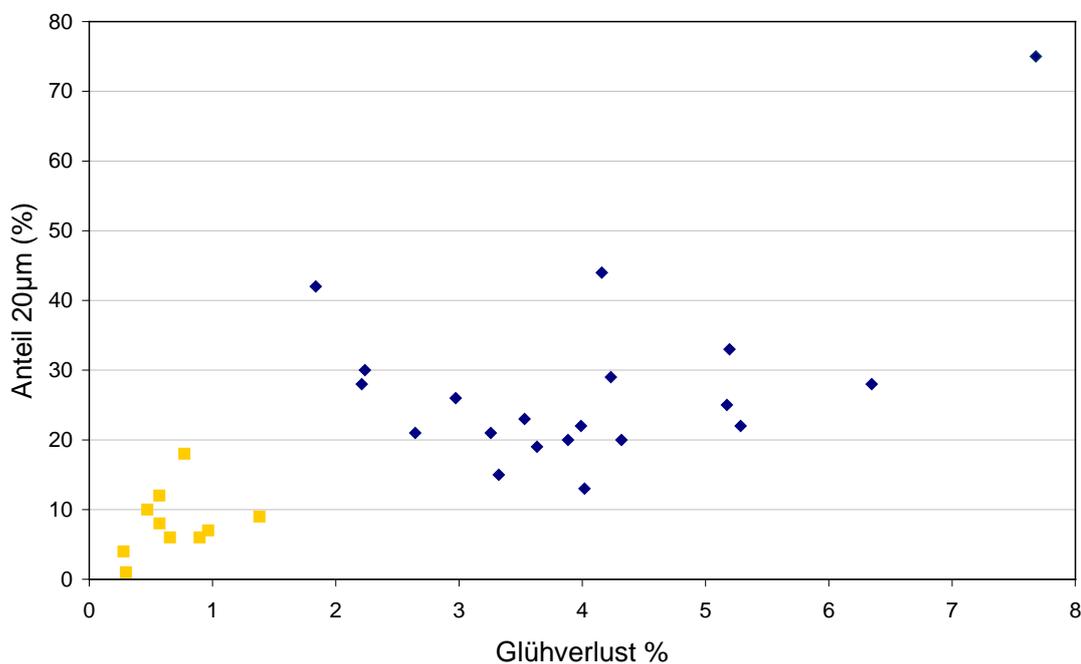
Viele Abbauprozesse, die in der Wasserphase bzw. in den Schwebstoffen ablaufen, finden auch bei der Sedimentbildung statt. Das partikuläre organische Material (= POM) wird durch Hydrolyse in gelöstes organisches Material (= DOC) überführt. Anschließend wird das DOC aerob oder anaerob veratmet bzw. vergoren und der Kohlenstoff als CO<sub>2</sub> abgegeben. Die Umsatzraten sind je nach Prozess und Ausgangssubstrat (z. B. Lignine oder Algenbestandteile) sehr unterschiedlich. Zudem liegt diesen mikrobiell katalysierten Vorgängen eine starke Temperaturabhängigkeit zugrunde. Durch die biologischen Einflüsse auf das organische Material in den Sedimenten ist auch eine jahreszeitliche Änderung der Zusammensetzung und auch der Eigenschaften gegeben. Insbesondere der „gut“ bzw. schnell abbaubare organische Anteil ist starken Auf- und Abbauprozessen unterworfen und zeigt eine hohe Dynamik. Demgegenüber ist der überwiegende Teil des organischen Materials in den Sedimenten „schlecht“ bzw. schwer abbaubar bis refraktär. Dieses organische Material zeigt nur eine schwache bis keine jahreszeitliche Dynamik.

Anhand der Daten einer einheitlichen Beprobung der Sedimente der Tideelbe von km 634 bis km 729 im September 2006 soll das generelle Muster der Längsverteilung und Querverteilung wichtiger Kenngrößen zur Beschreibung des Stoffhaushaltes der Sedimente veranschaulicht werden. Aus dem Datenpool wurden für die Auswertung zwei Datengruppen gebildet: Die erste Gruppe umfasst alle Proben mit einem 20- $\mu$ m-Anteil unter 20 % und Glühverlust < 1,5 % (Abbildung 28, gelbe Quadrate). Diese Proben sind aus der Fahrrinne und benachbarten Bereichen entnommen. Die zweite Gruppe umfasst vorwiegend Proben aus Sedimentationsbereichen, d. h. die Proben weisen zumeist einen 20- $\mu$ m-Anteil deutlich über 10 % und einen Glühverlust über 1,5 % auf (blaue Rauten).

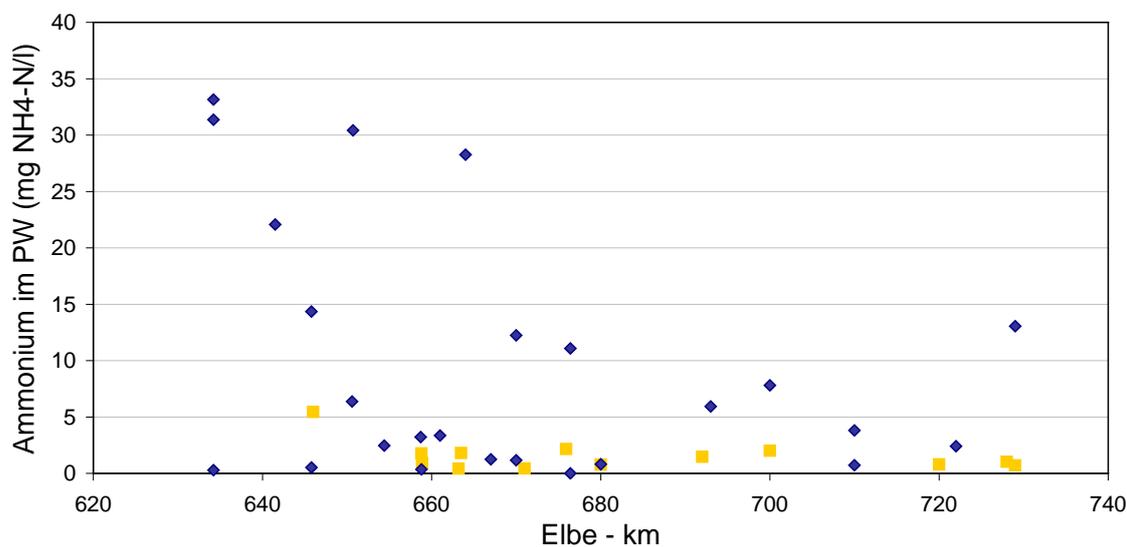
Die Sedimente in der Tideelbe weisen für bestimmte Kenngrößen Gradienten in Längsrichtung vom limnischen zum marinen Bereich auf. Zudem bestehen deutliche Unterschiede zwischen Fahrrinne und Seitenbereichen, welche auf Korngrößenunterschiede zurückzuführen sind. Die im limnischen Bereich der Tideelbe höhere Belastung der Sedimente mit Ammonium (Abbildung 29) dürfte durch die höheren Konzentrationen an organischem Kohlenstoff in diesem Bereich der Tideelbe zurückzuführen sein. Diese höheren Gehalte bewirken bei Sedimentation eine stärkere Beladung der Sedimente mit organischem Material. Beim Abbau dieses Materials entsteht Ammonium in den Sedimenten bzw. in deren Porenwasser.

Entsprechend der Beladung der Sedimente mit organischem Material weisen die Sedimente unterschiedliche Ammoniumgehalte im Porenwasser auf (Abbildung 29). In den Proben der Gruppe 2 (blaue Rauten) ist trotz erheblicher Streuung ein deutlicher Längsgradient für den Ammoniumgehalt im Porenwasser zu erkennen, nämlich höhere Ammoniumgehalte stromauf und sinkende in Richtung Nordsee. Kein vergleichbarer Gradient ist für die Gruppe 1 (gelbe

Quadrate) zu erkennen. Hier liegen die Ammoniumgehalte im Porenwasser bis auf eine Ausnahme deutlich unter 5 mg NH<sub>4</sub>-N/l.

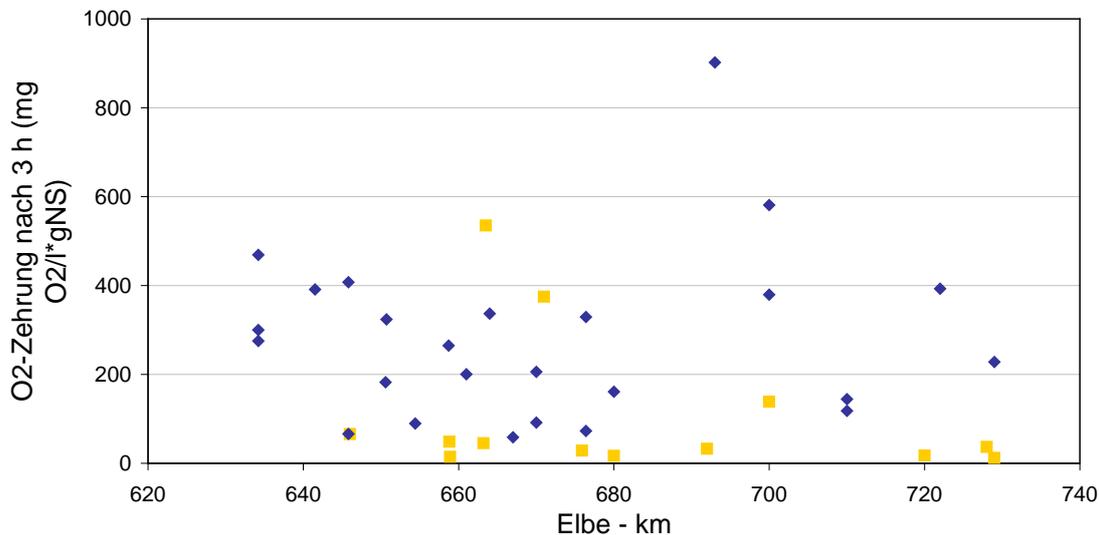


**Abbildung 28: Glühverluste und Feinkornanteil (< 20 µm) der Sedimente im September 2006 von km 634 bis km 729 (Daten: BfG, Erläuterung siehe Text)**  
gelb = Proben aus der Fahrrinne, blau = Proben aus den Seitenbereichen



**Abbildung 29: Ammoniumgehalte im Porenwasser der Sedimente im September 2006 von km 634 bis km 729 (Daten: BfG)**  
gelb = Proben aus der Fahrrinne, blau = Proben aus den Seitenbereichen

Die Sauerstoffzehrung der Sedimente, die stark abhängig vom Glühverlust und dem Ammoniumgehalt im Porenwasser ist, zeigt keine Längszonierung in der Tideelbe (Abbildung 30). Die deutlichsten Unterschiede treten zwischen Proben aus der Fahrrinne (Gruppe 1, gelbe Quadrate) und Proben aus den Sedimentationsräumen in Seitenbereichen (Gruppe 2, blaue Rauten) auf. So weisen die Sedimente aus den Sedimentationsräumen mit 280 mg O<sub>2</sub>/g Nassgewicht einen mehr als doppelt so hohen Mittelwert auf als die Sedimente aus dem Fahrrinnenbereich mit 110 mg O<sub>2</sub>/g Nassgewicht.



**Abbildung 30: Sauerstoffzehrung der Sedimente im September 2006 von km 634 bis km 729**  
(Daten: BfG)  
gelb = Proben aus der Fahrrinne, blau = Proben aus den Seitenbereichen

## 6.2.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie

Zunächst werden die Auswirkungen der Baggergutunterbringung auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt qualitativ beschrieben. Die meisten Kenntnisse zu den Auswirkungen von Baggergutunterbringungen liegen zu Einzelmaßnahmen vor. Damit können meist über kurze Zeiträume (Minuten bis mehrere Stunden) lokal Auswirkungen von Baggergutunterbringungen erfasst werden. Die nachhaltigen und großräumigen Auswirkungen der Baggergutunterbringung sind wenig untersucht bzw. schwer zu analysieren. Hierbei gilt es, die Auswirkungen von Baggergutunterbringungen gegenüber natürlichen Prozessen abzugrenzen, was bezogen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt nur sehr eingeschränkt möglich ist, da beim Unterbringen zum einen bereits im System vorhandene Stoffe (Kohlenstoff, Nährstoffe, Sauerstoff) betroffen sind und zum anderen natürlicherweise ablaufende Prozesse den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie die Primärproduktion im Gewässer meist maßgeblich beeinflussen. Es ist davon auszugehen, dass - zumindest regional und erst recht bezogen auf die gesamte Tideelbe - die Umsatzraten von Kohlenstoff, Nährstoffen und auch Sauerstoff durch die natürlichen Bedingungen gesteuert werden, und die nachfolgend beschriebenen, durch Baggergutunterbringungen beeinflussten Prozesse wie z. B. eine durch Ammoniumfreisetzung verstärkte Sauerstoffzehrung, natürliche Prozesse nur beschleunigen oder verlangsamen können. Durch die Baggergutunterbringung können sich so bestimmte Prozesse im Vergleich zu anderen stärker ausbilden. Bezogen auf große Skalen (Zeit und Raum) ist

somit von generell geringen Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt der Tideelbe auszugehen.

### **Kurzfristige und kleinräumige Auswirkungen**

Der Parameter der Wasserbeschaffenheit mit der stärksten Sensitivität gegenüber den ökologischen Auswirkungen von Baggergutunterbringungen ist der Sauerstoffgehalt im Wasser. Bei Baggergutunterbringungen (insbesondere von Feinmaterial) kann es zum Eintrag reduzierter Elemente bzw. Verbindungen (NH<sub>4</sub>, Mn, Fe, S) sowie abbaubarem organischen Material (partikulär und gelöst) in den Wasserkörper kommen. Die Folge ist ein erhöhter Sauerstoffverbrauch durch eine erhöhte mikrobielle Sauerstoffzehrung, insbesondere von Kohlenstoffverbindungen und Ammonium. Beim Unterbringen von Baggergut können vormals in Sedimenten gebundene/befindliche Nährstoffe in Form von gelösten Nährstoffverbindungen aus Porenwasser oder partikulären Verbindungen über die Schwebstoffe in den Wasserkörper eingetragen werden. Die Folgen sind eine höhere Verfügbarkeit dieser Nährstoffe für Primärproduzenten sowie eventuell erhöhte Frachten in die Nordsee.

Die Sauerstoffzehrung zeigt also meist eine deutliche Abhängigkeit vom Schwebstoffgehalt und dessen Zusammensetzung. Dabei steigt einhergehend mit höheren Schwebstoffgehalten die Sauerstoffzehrung an. Die Baggergutunterbringungen bewirken einen temporären Trübungsanstieg bzw. eine Schwebstoffzunahme und führen damit zu einer temporären und auf die Umlagerungsstelle lokal begrenzten Erhöhung der Sauerstoffzehrung. Dabei dürften - auch wiederum zeitlich begrenzt - die höchsten Sauerstoffzehrungen in der nach dem Unterbringen entstehenden sohlennahen Schicht mit sehr hohen Schwebstoffgehalten von mehreren g/l auftreten. So wurden beim Einsatz der Wasserinjektionsmethode in der Unterems direkt unterhalb des Wehres Herbrum sohlnahe Schwebstoffsuspensionen erzeugt, in denen geringe Sauerstoffgehalte auftraten (Quick et al. 2011). In der Tideelbe konnten vergleichbare sohlnahe Schwebstoffsuspensionen bisher nicht beobachtet werden. Bei einzelnen Unterbringungsverfahren mit dem Hopperbagger bzw. bei Wasserinjektionseinsätzen konnten nur über kurze Zeiträume (maximal eine Halbtide), relativ zu den natürlichen Umgebungswerten, erhöhte Trübungen messtechnisch erfasst werden.

Weiterhin bewirkt eine Erhöhung der Trübung eine Veränderung der Durchlichtung des Wasserkörpers und eine Verminderung der Primärproduktion durch das Phytoplankton. Als Folge vermindert sich bei einer Erhöhung der Trübung der durch das Phytoplankton bewirkte biogene Sauerstoffeintrag in das Wasser.

Gleichzeitig kann eine veränderte Partikeldichte und Partikelzusammensetzung die durch Bakterien besiedelbare Partikeloberfläche vergrößern. Die Oberflächen der Schwebstoffe bilden eine hervorragende Aufwuchsfläche für Bakterien, d. h. in Abhängigkeit der Schwebstoffkonzentration bzw. ihrer Oberflächen nimmt die mikrobielle Aktivität zu, wodurch der Sauerstoffgehalt durch verstärkten Verbrauch schneller abnimmt. Damit tragen temporär bei der Unterbringung entstehende Wasserkörper mit höheren Schwebstoffkonzentrationen zu einer Intensivierung der mikrobiellen Aktivität in diesem Gewässerabschnitt bei. Eine Erhöhung der Partikeloberflächen kann auch zu höheren Sorptionskapazitäten für Nähr- und Schadstoffe führen, wodurch gelöste Verbindungen in an Partikel adsorbierte Verbindungen

übergehen können. Eine veränderte Trübung bzw. Schwebstoffgehalte haben zudem Einfluss auf die planktische Nahrungskette, etwa aufgrund der Sensitivität filtrierender Zooplankter gegenüber der vorhandenen Partikeldichte und -qualität und/oder durch Selektionsvorteile für andere Ernährungstypen.

Neben den Auswirkungen auf den Wasserkörper führen Baggergutunterbringungen zu einer Störung der Sedimente sowohl an der Bagger- als auch an der Unterbringungsstelle. An der Baggerstelle werden meist frisch abgelagerte Sedimente aufgenommen und so die darunter befindlichen „älteren“ Sedimente oder anstehende Böden freigelegt. An der Unterbringungsstelle werden durch Stoffeintrag und Sedimentüberdeckung Sedimentbildungsprozesse, u. a. frühdiagenetische Prozesse, beeinflusst und dadurch die chemisch-physikalischen Strukturen/Eigenschaften der Sedimente und damit auch die Milieubedingungen für Organismen verändert. Veränderte Redoxverhältnisse und insbesondere Sauerstoffverhältnisse im Sediment können die Folge sein, wodurch wiederum Abbauprozesse verlangsamt bzw. beschleunigt werden. Von geänderten Stoffkonzentrationen im Sediment sind auch die Stoffaustauschraten (u. a. Sauerstoffzehrung) von Sediment zu Wasserkörper betroffen, so dass dann auch wieder die Wasserbeschaffenheit des Wasserkörpers beeinflusst wird.

### **Dauerhafte und großräumige Auswirkungen**

Wie in der Systemstudie I untersucht, konnte im Unterbringungsbereich Neßsand zu Zeiten mit zurückgehenden Oberwasserabflüssen eine Zunahme der Schwebstoffgehalte beobachtet werden. Dadurch wird das Dargebot an organischem Material und die potenzielle Aufwuchsfläche für Sauerstoff verbrauchende Bakterien erhöht und damit der Sauerstoffhaushalt in diesem Elbabschnitt belastet. Im abflussarmen Jahr 2003 traten im Herbst bei der nahe der Unterbringungsstelle Neßsand gelegenen Messstation Blankenese (km 636) besonders hohe Schwebstoffgehalte auf. In diesem Jahr begannen zudem die Umlagerungsaktivitäten nach Neßsand bereits am 23. September bei hohen Wassertemperaturen ( $>15\text{ C}^\circ$ ) und geringen Sauerstoffsättigungen ( $< 50\%$ ). Durch die Umlagerungsaktivitäten wurde die bereits bestehende hohe Intensität der sauerstoffzehrenden Prozesse im Unterbringungsbereich Neßsand zwar zusätzlich gefördert, ursächlich für die ungünstigen Sauerstoffbedingungen war aber die großskalige Belastung der Tideelbe, die durch den Eintrag von organischen, überwiegend algenbürtigen Verbindungen aus der Mittelbe herrührt.

Ein nachhaltiges Risiko von sehr intensiven Baggergutunterbringungen besteht für den Sauerstoffhaushalt darin, dass es zu länger andauernden sohlennahen Anreicherungen von Schwebstoffen mit Bildung einer reduktiven Schicht auf dem Sediment bzw. an der Wassergrenze kommt.

### **Freisetzung von Nährstoffen (Stickstoff und Phosphor) und Eutrophierung**

Im Porenwasser der Sedimente können gelöste Nährstoffe vorhanden sein, die nach einer Unterbringung für das Phytoplankton im Wasser verfügbar werden. Entsprechend der Konzentration dieser Nährstoffe und der hydrologischen Randbedingungen ist eine Eutrophierung, d. h. eine Förderung des Algenwachstums möglich. Obwohl Nährstoffe nicht als Schadstoffe gelten, kann eine übermäßige Düngewirkung nachteilige Folgen für ein Gewässer haben (Algenblüten, Sauerstoffdefizite durch Abbau von Biomasse, schwarze Flecken im

Watt). Als lösliche, pflanzenverfügbare Nährstoffe sind insbesondere Phosphat-Phosphor, Nitrat-Stickstoff und Ammonium-Stickstoff von Interesse.

Die eutrophierende Wirkung der Nährstofffreisetzung wird im Ästuar oft durch die Lichtlimitierung des Algenwachstums aufgrund hoher Schwebstoffgehalte unterdrückt. Dies gilt insbesondere für die Trübungszone im Ästuar und für sehr tiefe Gewässerabschnitte, etwa die Fahrrinne. So hemmt auch eine durch die Baggergutunterbringung bewirkte Erhöhung der Trübung das Algenwachstum. Die eutrophierende Wirkung kann also nur in besser durchlichteten Wasserkörpern wie der Nordsee oder in Seitenbereichen (Nebenelben) wirksam werden.

### **Auswirkungen morphologischer Änderungen in Folge von Baggergutunterbringung**

Seitenräume und insbesondere Nebenelben besitzen eine hohe ökologische Bedeutung und können einen positiven Einfluss auf den Sauerstoffgehalt haben (siehe Systembeschreibung, weiter oben). Ein Verlust an Flachwasserbereichen durch Sedimentation in Folge von verdriftetem Baggergut kann nachteilige Folgen für das System haben, da u. a. die biogene Belüftung durch Algen verringert wird.

### **Zusammenfassende Bewertung**

Die großräumige Belastung des Sauerstoffhaushaltes der Tideelbe wird durch das Zusammenspiel von einerseits hohen Einträgen an Algenbiomasse und abgestorbenem organischen Material aus der Mittelelbe und andererseits der ungünstigen Gewässerquerschnitte der Tideelbe im Hamburger Hafengebiet bewirkt. In diesem stark vertieften Abschnitt der Tideelbe treten hohe Aufenthaltszeiten auf. Hier erfolgt der Abbau der organischen Stoffe und es kommt zu hohen Sauerstoffzehrungsraten. Durch die großen Wassertiefen ist die Sauerstoffversorgung des Wassers über den Austausch mit der Atmosphäre stark begrenzt, so dass auftretende Sauerstoffzehrungen nicht durch Sauerstoffeinträge aus der Luft ausgeglichen werden können.

Aufgrund der Vorbelastung des Sauerstoffhaushaltes durch die beschriebenen Zusammenhänge ist die Unterbringung von Baggergut aus dem Baggerabschnitt Hamburg nach Neßsand, also in den von starken sommerlichen aber auch herbstlichen Sauerstoffdefiziten geprägten Abschnitt der Tideelbe, der Punkt der gegenwärtigen Unterhaltungsstrategie, der, trotz der allgemeinen Ausschlusszeiten (vom 01.04. bis 06.11. eines Jahres) für die Unterbringung, die relativ gesehen größten Belastungen bewirkt. Alle übrigen weiter stromab gelegenen Unterbringungsstellen in der Tideelbe weisen ganzjährig deutlich stabilere Sauerstoffbedingungen auf, so dass ein Unterschreiten von ökologischen Grenzwerten, etwa einem für Fische kritischen Sauerstoffgehalt von 3 mg/l, nicht auftritt. Diese Aussage gilt allerdings nicht bei extremen Hochwasserereignissen im Elbeeinzugsgebiet (August 2002 und Juni 2013), bei denen die gesamte Tideelbe geringe Sauerstoffgehalte aufweisen kann. An den Unterbringungsstellen stromab von Neßsand kann die durch das Einbringen von Baggergut stattfindende Freisetzung von schwer sedimentierbaren Schwebstoffen und gelösten Stoffen und damit die durch das Unterbringen von Baggergut zusätzlich bewirkte

Sauerstoffzehrung „abgepuffert“ werden. In diesen Unterbringungsbereichen der Tideelbe treten in der Regel keine Sauerstoffsättigungen unterhalb von 50 % auf.

Durch das Einvernehmen zwischen der BSU Hamburg und HPA werden direkte Beeinträchtigungen aufgrund der allgemeinen Ausschlusszeiten für die Unterbringung von Baggergut bei Neßsand im Zeitraum von April bis Anfang November sowie der Zusatzregelung für eine gegebenenfalls mögliche Unterbringung im Zeitraum 01. Oktober bis 06. November weitgehend minimiert. Durch die weiterhin stattfindende Unterbringung in den Monaten November bis März wird allerdings vermehrt Material in Suspension gebracht und so, insbesondere bei geringen Oberwasserabflüssen, der Schwebstoffhaushalt im Bereich Neßsand bis Hamburger Hafen „aufgeladen“. Dadurch wird auch eine länger anhaltende Intensivierung von Abbauvorgängen bewirkt, die möglicherweise bis in den unterbringungsfreien Zeitraum nachwirkt, da insgesamt mehr Feinmaterial und damit ein höheres Dargebot an organischem Substrat und Aufwuchsflächen für Bakterien in dem Elbabschnitt zwischen Neßsand und Hamburger Hafen verbleibt.

Letztmalig traten im Herbst des abflussarmen Jahres 2003 sehr ungünstige Sauerstoffbedingungen parallel zu bereits ab September begonnenen Unterbringungen nach Neßsand auf. Die Sauerstoffsättigung an der Messstation Blankenese (km 636) überschritt erst am 06.10.2003 den Wert von 50 % Sauerstoffsättigung und am 05.12.2003 den Sättigungswert von 80 %. Die aufgrund meteorologischer und hydrologischer Bedingungen vergleichsweise hohen Wassertemperaturen im Herbst 2003 bei hohem Substratangebot (= hohe BSB-7-Werte) hatten hohe Sauerstoffverbrauchsraten in der Elbe zur Folge und riefen damit die geringen Sauerstoffsättigungswerte hervor. Das Einbringen von Feinmaterial sowie der zu diesen Zeiträumen aufgrund niedriger Oberwasserabflüsse verstärkte Stromauftransport der Partikel dürfte zu einer zusätzlichen Belastung des Sauerstoffhaushaltes im Hamburger Hafen geführt haben. Die Unterbringungen größerer Mengen von Feinmaterial auf der Stelle bei Neßsand können auch eine verstärkte Sedimentation in den benachbarten Flachwasserbereichen fördern, wodurch die günstigen Sauerstoffverhältnisse in den Nebelbecken abgeschwächt werden können.

## 6.3 Schadstoffe

Im Folgenden werden die an Dauermessstellen (DMS) und aus Längsbereisungen gemessenen Schadstoffgehalte in Schwebstoffen und Sedimenten aus der Gewässersohle betrachtet und im Zusammenhang mit anfallenden Feinsedimenten daraus resultierende Schadstofffrachten errechnet. Die Einstufung der Belastung wird anhand von Bewertungskriterien bzw. Richtlinien (BMVBS 2007, Anonymus 2009) festgelegt. Da sich die überwiegend feststoffgebundenen Schadstoffe bevorzugt in der Feinkornfraktion (Ton und Schluff) anreichern, treffen die folgenden Aussagen nur auf Schadstoffgehalte in der Fraktion < 20 µm (Schwermetalle) oder < 63 µm (organische Schadstoffe) zu.

### 6.3.1 Beschreibung des Ist-Zustands und des Systemverständnisses

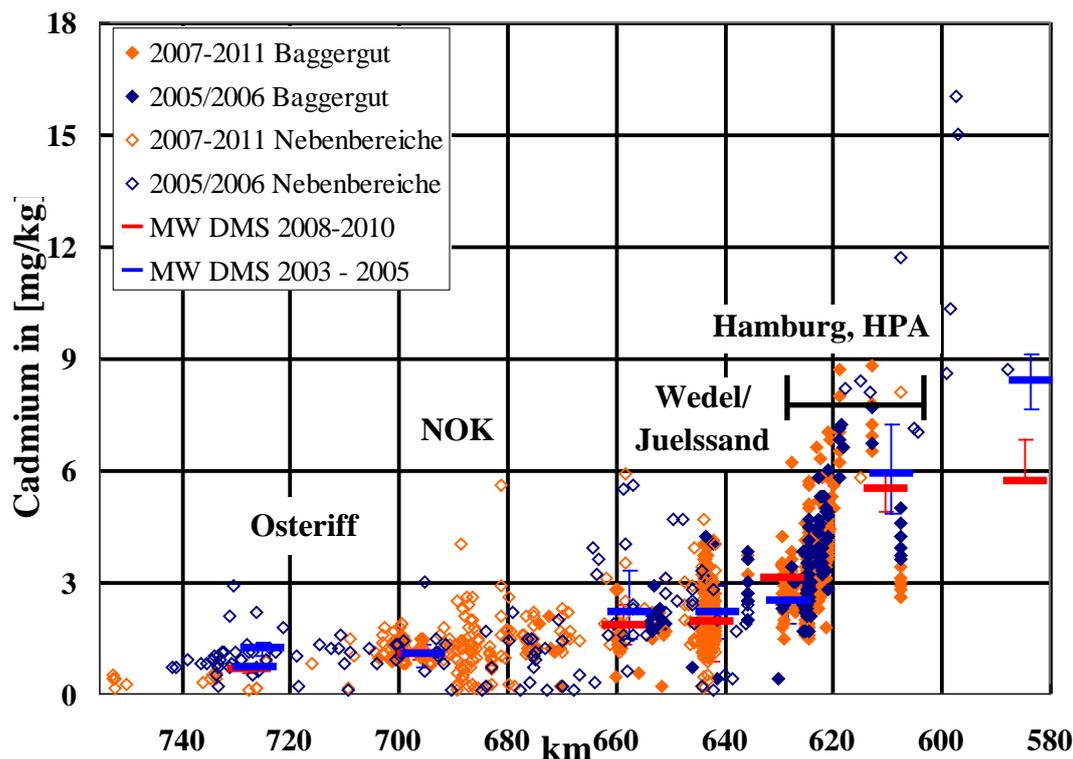
Seit Abschluss der Systemstudie I liegen neue Ergebnisse von Schadstoffuntersuchungen an den Dauermessstationen (DMS) der BfG (bis 2010, z. T. länger) und der FGG Elbe (bis 2010) im Ästuar sowie aus einer Längsbereisung der Tideelbe im Jahr 2011 (BfG 2013e) vor.

Außerdem wurden Seitenbereiche der Tideelbe seewärts von Glückstadt untersucht, um weitere Hinweise auf Depositions- und Erosionstendenzen und die Verdriftung von im VSB 686/690 untergebrachtem Baggergut zu erhalten (BfG 2010, BfG 2012b) sowie einen Überblick über dort lagernde, eventuell mobilisierbare Schadstoffmengen zu bekommen. Darüber hinaus wurden umfangreiche Untersuchungen in Bagger- und Unterbringungsbereichen durchgeführt (siehe Anlagen 1 und 2). Für die Darstellung und Bewertung der Verteilung der Schadstoffgehalte im Längsverlauf des Elbeästuars wurden neben Daten aus der Untersuchung von Oberflächenproben auch Ergebnisse aus den oberen Schichten von Sedimenttiefenprofilen, in der Regel aus den oberen 15 cm, berücksichtigt. Für die Beschreibung der Qualität von Baggergut wurden, wenn vorhanden, Schadstoffdaten über die Baggertiefe verwendet.

### **Längsgradient der Schadstoffgehalte im Elbeästuar**

Wie bereits aus früheren Untersuchungen der ARGE Elbe bekannt (ARGE Elbe 1980), nehmen die Gehalte von Schadstoffen, die ihre Hauptquellen im Binnenlauf der Elbe (bzw. wie beispielsweise für TBT) im Bereich des Hamburger Hafens haben, in Richtung See ab. Die höchsten gemessenen Konzentrationen für die aus der Mittel- und Oberelbe eingetragenen Schadstoffe finden sich am Tidewehr in Geesthacht. In der Nordsee sind die Schadstoffgehalte am geringsten. Ergebnisse von Untersuchungen an Dauermessstationen (DMS) der BfG und der FGG Elbe entlang des Elbeästuars sowie einzelner Sedimentlängsbeprobungen in den Jahren 2005/2006 (BfG 2008a) und 2011 bestätigen diesen Längsgradienten in Schwebstoffen sowie frisch abgelagerten Oberflächensedimenten, wobei die Konzentrationsniveaus seit 1980 in der Regel deutlich niedriger geworden sind (s. u.). Der steilste Gradient ist aktuell im Bereich des Hamburger Hafens zu beobachten (siehe Abbildung 31). Eine Abnahme der Gehalte im Längsverlauf der Tideelbe wird vor allem für Cadmium (Cd), Zink (Zn), Quecksilber (Hg), Hexachlorbenzol (HCB) und Verbindungen der DDX-Gruppe beobachtet. Diese ist auf eine zunehmende Vermischung von schadstoffbelasteten Sedimenten, die aus dem Binnenbereich über das Tidewehr bei Geesthacht in das Ästuar eingetragen werden, mit gering belasteten Sedimenten marinen Ursprungs zurückzuführen. Auch für TBT-Verbindungen mit der Hauptquelle und den höchsten Konzentrationen im Hamburger Hafen ist diese Abnahme der Gehalte im weiteren Verlauf der Tideelbe festzustellen.

Die Ergebnisse der verschiedenen Sedimentprobenahmen zeigen z. T. große Variationen der Schadstoffbelastung. Abbildung 31 zeigt für das Schwermetall Cadmium einen Vergleich der Sedimentbeprobungen von 2005/2006 (BfG 2008a) und von Proben aus dem Zeitraum 2007 - 2011. Proben aus Baggerabschnitten und aus Watt- und Seitenbereichen sind mit unterschiedlichen Symbolen gekennzeichnet. Zusätzlich sind die 3-Jahresmittelwerte von 2003 - 2005 und 2008 - 2010 an den DMS der BfG und der FGG Elbe dargestellt.

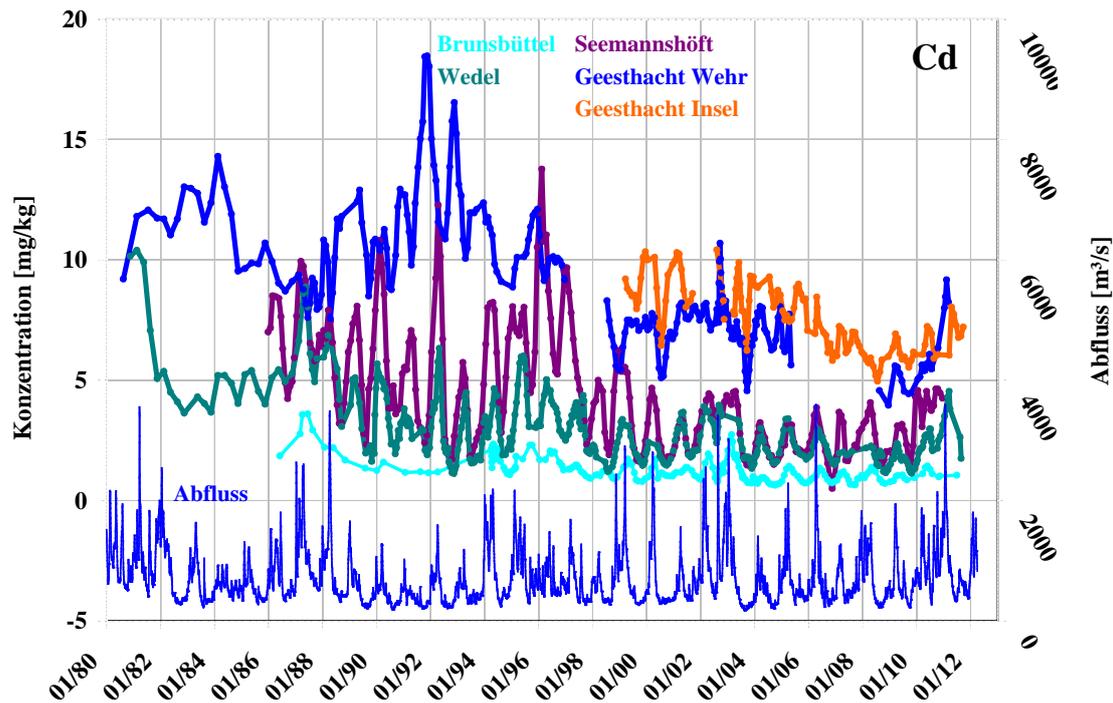


**Abbildung 31: Cadmiumgehalte in Oberflächensedimenten und Schwebstoffen im Längsverlauf der Elbe (2005//2006 bzw. 2003 - 2005 und 2007 - 2011) sowie Baggergut (2005/2006 und 2007 - 2011) (Daten: BfG, FGG Elbe)**  
MW = Mittelwert, DMS = Dauermessstellen

Im Vergleich zu früheren Bereisungen haben sich die Schadstoffgehalte in den Oberflächenproben 2007 - 2011 wenig verändert. An den Dauermessstationen wurde dagegen überwiegend eine Abnahme der Gehalte mit der Zeit beobachtet. Die Sedimente aus den Baggerbereichen, inklusive der regelmäßig zu baggernden Sedimente im Bereich Hamburg, zeigen fast ausschließlich Schadstoffgehalte, die im Bereich der Gehalte an den nächstgelegenen DMS liegen. Somit beinhaltet das Unterhaltungsbaggergut überwiegend frisch abgelagerte Sedimente und keine hoch belasteten Altsedimente.

### **Zeitliche Entwicklung und Variabilität der Schadstoffgehalte**

An der Tideelbe werden seit den 1980er Jahren zur Überwachung der feststoffgebundenen Schadstoffe Messungen an Schwebstoffen und schwebstoffbürtigen Sedimenten an DMS durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl am Eingang zum Tidebereich an der DMS Geesthacht als auch an weiter seewärts gelegenen Stationen, wie z. B. Wedel und Brunsbüttel, die Schwermetallgehalte und die Gehalte der organischen Schadstoffe seit Beginn der Messungen (Schwermetalle: 1980er Jahre, organische Schadstoffe: Ende der 1990er Jahre) deutlich abgenommen haben (BfG 2008a). Von 2005 bis 2010 können meist nur noch leichte Abnahmen oder keine Veränderungen der Schadstoffgehalte an den DMS beobachtet werden.



**Abbildung 32: Cadmiumgehalte in Feststoffen der DMS Geesthacht Inselfspitze (km 584) und Geesthacht Wehr (km 586), Seemannshöft (km 629), Wedel (km 642), Brunsbüttel (km 696,3) (Fraktion < 20 µm; gleitender Mittelwert über jeweils drei Werte) und Oberwasserabfluss bei Neu Darchau (km 536,4) (Daten: BfG, FGG Elbe, WSA Lauenburg)**

Die Zeitreihen zeigen eine hohe Variabilität der Schadstoffgehalte. Die Gehalte an den jeweiligen DMS im Ästuar hängen vor allem vom Oberwasserabfluss ab. Ein hoher Oberwasserabfluss bewirkt einen erhöhten Eintrag an feststoffgebundenen Schadstoffen aus der Mittel- und Oberelbe ins Ästuar und in der Folge steigende Schadstoffgehalte. Dabei ist der marine Anteil der Sedimente mit niedriger Belastung vor allem stromauf MaxTrüb relativ gering. Die Höhe der beobachteten Schadstoffmaxima wird außerdem durch die Höhe der Schwebstoff- und der daran gebundenen Schadstofffrachten, die das Tidewehr erreichen und ins Ästuar gelangen, beeinflusst. Im Fall von Deichbrüchen kann z. B. diese Fest- und Schadstoffmenge geringer ausfallen als bei einem Hochwasserereignis mittlerer Stärke. Extrem starke Hochwasserereignisse und lange Phasen mit immer wieder hohen Abflüssen, z. B. in 2002/2003 und 2010/2011, führen zu Gehalten, die zunächst auf einem hohen Niveau bleiben (Abbildung 32). Auch die Schadstoffgehalte an den weiter seewärts gelegenen Stationen können dabei deutlich ansteigen, z. B. bei den Hochwasserereignissen 2002/2003 in Brunsbüttel (Abbildung 32).

Nimmt der Oberwasserabfluss ab, so ist auch ein Rückgang der Schadstoffgehalte an den verschiedenen Messstationen zu beobachten, da verstärkt gering belastete Sedimente marinen Ursprungs stromauf transportiert werden. Zusätzlich ist in der Regel dann auch der Eintrag schadstoffbelasteter Sedimente ins Ästuar geringer. Bei langen Phasen niedriger Oberwasserabflüsse reicht der marine Einfluss weit ins Ästuar hinein. In Proben der stromauf MaxTrüb gelegenen Stationen Seemannshöft bis Bützfleth kann nahezu das niedrige Konzentrations-

niveau von Brunsbüttel erreicht werden. Dauern die niedrigen Oberwasserabflüsse nur kurz an und treten in kurzer Folge weitere Hochwasserabflüsse auf, gelangt weniger gering belastetes Material in den Bereich stromauf MaxTrüb und der Konzentrationsrückgang fällt u. U. nur gering aus.

Wie schon in der Systemstudie I (2008a) beschrieben, wurde nach der Vertiefung der Fahr-  
rinne in den Jahren 1999/2000 an der Station Seemannshöft der FGG-Elbe ein deutlicher  
Rückgang der Gehalte sowohl der Schwermetalle als auch der organischen Schadstoffe in den  
schwebstoffbürigen Sedimenten beobachtet. Auch an der oberhalb des Hamburger Hafens  
gelegenen Station Bunthaus der FGG Elbe gingen die Schadstoffgehalte, allerdings in gerin-  
gerem Maß als bei Seemannshöft, zurück. Auch in Wedel ist nur ein geringer Rückgang der  
bereits vor 1999/2000 auf einem niedrigeren Niveau liegenden Schadstoffgehalte zu beob-  
achten. Für Schwermetalle hat sich der partikulär gebundene Eintrag in das Elbeästuar in  
diesem Zeitraum nicht wesentlich geändert (FGG Elbe 2013), so dass der Rückgang der  
Schadstoffgehalte bei Seemannshöft nur durch einen verstärkten Eintrag von marinem  
Material ins Ästuar erklärt werden kann (siehe unten).

Die Zink- und Kupfergehalte an der DMS Wedel zeigen seit 2002/2003 bei Hochwasser-  
ereignissen immer wieder hohe Werte, die teilweise, abweichend vom erwarteten Längs-  
gradienten, höher als an der DMS Seemannshöft liegen. Seit 2006 übersteigen die Gehalte bei  
Wedel zeitweise sogar das Niveau der Eingangswerte in Geesthacht. An den Messstationen  
im Ästuar treten die Schadstoffmaxima normalerweise mit einer zeitlichen Verzögerung zu  
den Abflussmaxima auf. Abweichend von den übrigen Schadstoffen und von früheren Mess-  
werten zeigt der Konzentrationsverlauf für Kupfer und Zink dagegen ab 2009 bereits bei  
ansteigendem Oberwasserabfluss (Pegel Neu Darchau) ein Maximum. Die Ursache für die  
ungewöhnlich hohen Kupfer- und Zinkgehalte wird in einer lokalen, aber noch nicht identifi-  
zierten Quelle gesehen, die in früheren Jahren nicht bestand. Weder in den Proben der Dauer-  
messstation Bützfleth noch in Proben aus dem Sedimentfang Wedel werden die auffallend  
hohen Zink- und Kupfergehalte beobachtet.

Auch für Blei scheint es Quellen im Ästuar zu geben. Die Untersuchungen an den DMS  
zeigen, dass die gemessenen Bleigehalte in Proben der stromab von Wedel gelegenen DMS  
Bützfleth und Brunsbüttel oft höher sind als in Wedel. Direkte Quellen für Blei sind in den  
Bereichen von Bützfleth und Brunsbüttel allerdings nicht bekannt.

Als Tracer für den Feststofftransport kann für den Bereich der Tideelbe Cadmium verwendet  
werden. In geringerem Maße eignet sich auch Quecksilber für diesen Zweck, doch liegen  
dessen Gehalte inzwischen auf einem sehr niedrigen Niveau, was zu einer größeren Unsicher-  
heit führt. Für diese Metalle sind keine nennenswerten Quellen im Ästuar bekannt und ein  
Gradient vom Ästuarereingang zum -ausgang ist zu beobachten. Auch elbetypische chlororga-  
nische Schadstoffe eignen sich als Tracer für den Transport feinkörniger Sedimente, jedoch  
bestehen hier größere Datenlücken und die Messunsicherheit ist deutlich größer als für  
Schwermetalle.

### **Mischungsverhältnisse mariner und fluvialer Anteile im Elbeästuar**

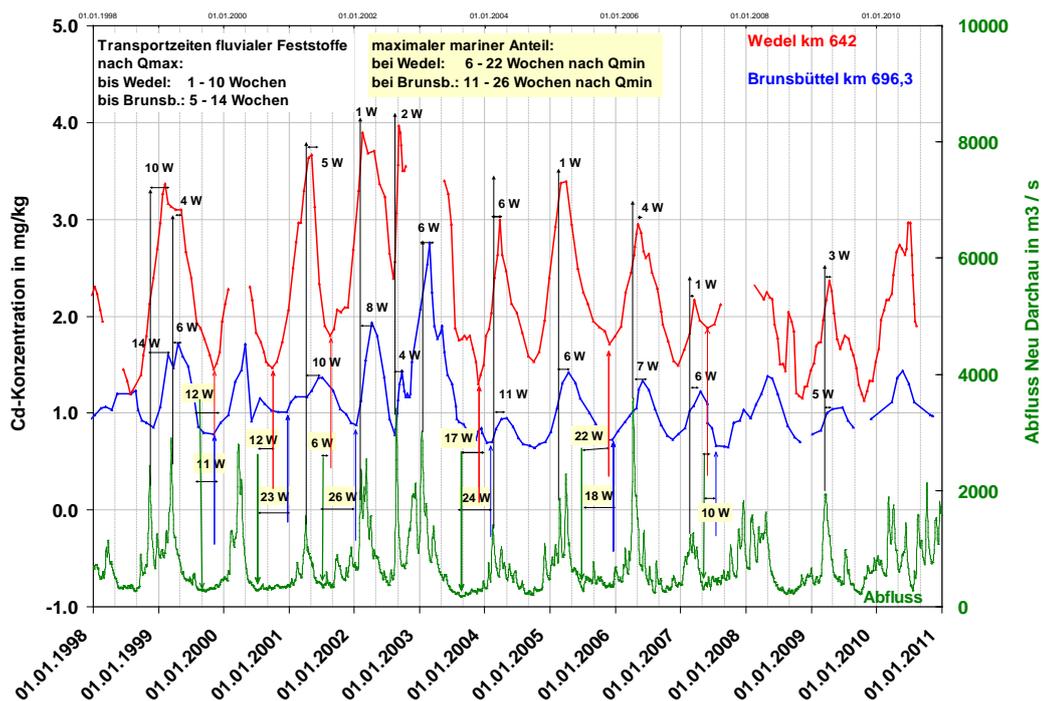
Bei bekannten Gehalten eines Schadstoffes am Ästuareingang (Tidewehr Geesthacht), im marinen Bereich (= mittlere Belastung küstennaher Sedimente in der südlichen Nordsee) sowie an einer ausgewählten Station im Ästuar lassen sich für diese Station und einen bestimmten Zeitabschnitt die Anteile mariner und fluvialer Sedimente über die Mischungsgleichung abschätzen. Diese Abschätzung setzt voraus, dass im Ästuar keine wesentlichen Quellen für die betrachteten Schadstoffe existieren. So wurden für die Station Seemannshöft (Elbe-km 629) bei hohem Oberwasserabfluss in den Jahren 2000 bis 2010 die mittleren marinen Sedimentanteile auf 50 % - 60 %, bei niedrigen Abflüssen auf 70 % - 80 % geschätzt (siehe auch Kapitel 6.1.1). Vor dem Jahr 2000 lagen die Anteile mariner Sedimente bei Seemannshöft vor allem bei hohen Oberwasserabflüssen mit 20 % - 40 % deutlich niedriger (Ackermann & Schubert 2007). Selbst bei der am oberen Eingang zum Hamburger Hafen gelegenen Station Bunthaus sind etwa seit dem Jahr 2000 Anteile mariner Sedimente von 10 % - 40 % festzustellen. Es ist davon auszugehen, dass vor allem die Fahrrinnenanpassung 1999/2000 zu einem erhöhten Stromauftransport gering belasteter feinkörniger Sedimente und damit zu einem Rückgang der Schadstoffgehalte geführt hat (BfG 2008a). Für chlororganische Schadstoffe wurde ein deutlich größerer Rückgang der Gehalte in den Proben der DMS Seemannshöft und Bunthaus als für Schwermetalle beobachtet. Die Ursache für diesen starken Rückgang muss noch geklärt werden (siehe Kapitel 9). Unter Umständen sind die Einträge in das Elbeästuar für diese Stoffe stärker als für Schwermetalle zurückgegangen.

Generell geben die Verhältnisse der Schadstoffbelastungen verschiedener DMS zueinander Hinweise auf Änderungen des Verhältnisses mariner und fluvialer Anteile der Sedimente und erlauben auch Rückschlüsse auf veränderte Transporte feinkörniger Sedimente ( $< 63 \mu\text{m}$ ) und Schwebstoffe, wobei Änderungen der weiteren Randbedingungen zu berücksichtigen sind.

### **Transportzeiten von Feinsedimenten $< 63 \mu\text{m}$ im Elbeästuar**

Die Maxima der Schadstoffgehalte an einer Station im Ästuar sind gegenüber den Abflussspitzen am Pegel Neu Darchau (Elbe-km 536,4) zeitlich verzögert. Diese Verzögerung wird als Transportzeit der feinkörnigen (schadstoffbelasteten) Sedimente interpretiert. Die zeitliche Verschiebung beträgt je nach Abflussgeschehen bei Wedel überwiegend zwischen 3 bis 6 Wochen, im Extremfall bei 1 bzw. 10 Wochen, bei Brunsbüttel zwischen 5 und 14 Wochen. Die durchschnittliche natürliche Transportzeit bei hohen Oberwasserabflüssen von Sedimenten von z. B. Wedel nach Brunsbüttel beträgt ca. fünf Wochen.

Es ist außerdem zu erkennen, dass die Abnahme der Schadstoffgehalte deutlich langsamer ist als der anschließende Rückgang des Abflusses. Dies deutet auf einen verlangsamten Wiedereintritt mariner gering belasteter Feststoffe hin. An der DMS Brunsbüttel kann beobachtet werden, dass die Rückkehr zum Minimum der Schadstoffgehalte bis zu 26 Wochen nach Erreichen eines durchgängig niedrigen Oberwasserabflusses dauern kann. Bei schnell aufeinander folgenden hohen Abflüssen bleiben daher marine Anteile gering und die Schadstoffgehalte hoch.



**Abbildung 33: Cadmiumgehalte in Feststoffen der DMS Wedel und Brunsbüttel (Fraktion < 20 µm; gleitender Mittelwert über jeweils drei Werte) und Oberwasserabfluss bei Neu Darchau (Daten: BfG, FGG Elbe, WSA Lauenburg)**

Die Angaben zu Transportzeiten sind wegen der geringen zeitlichen Auflösung der Probenahme relativ ungenau. In der Regel handelt es sich um 4-Wochen-Mischproben, nur bei Hochwasserereignissen werden z. T. wöchentlich Proben entnommen.

### Seitenbereiche des Elbeästuars

Zur Erfassung schadstoffbelasteter Altsedimente in der Tideelbe und zur Identifizierung von Bereichen, die als Senken bzw. sekundäre Schadstoffquellen wirken können, stehen Schadstoffdaten der BfG für Sedimenttiepenprofile aus strömungsberuhigten Seitenbereichen (z. B. Watten, Nebeneiben) zwischen dem Mühlenberger Loch (ca. Elbe-km 635) und dem Neufelder Watt (ca. Elbe-km 700 - 708), z. T. aus mehreren Jahren, zur Verfügung.

Untersuchungen aus den Jahren 1994 - 1998 an Profilen bis zu einer Tiefe von 4 m zeigen, dass viele Seitenräume der Tideelbe als Senke für Feinsedimente und daran gebundene Schadstoffe wirken (Schubert & Hummel 2008, BfG 2008a). Vor allem in tieferen Schichten zwischen 1 m und 3 m wurden oft hohe Schadstoffgehalte gefunden. Neuere Untersuchungen in Seitenbereichen von MaxTrüb aus den Jahren 2008, 2009, 2010 und 2012 weisen darauf hin, dass in einigen Bereichen in den vergangenen 10 Jahren eine weitere Sedimentation erfolgte. Entsprechend dem Rückgang der Schadstoffbelastungen in Schwebstoffen bzw. schwebstoffbürtigen Sedimenten seit Ende der 1980er Jahre weisen die oberen Sedimentschichten überwiegend geringere Schadstoffgehalte als in tieferen Schichten und ebenso geringere Werte als in den oberen Schichten der Sedimentkerne der Vorjahre auf. Erosion kann dagegen zur Freilegung der tiefer gelegenen, oft hoch belasteten Schichten führen. Hinweise auf großflächige Bereiche mit einer kontinuierlichen Tendenz zur Erosion konnten

in den untersuchten Seitenbereichen von MaxTrüb nicht gefunden werden (BfG 2010 und 2012b).

Die Verteilung von Schadstoffgehalten in den oberen Sedimentschichten der Seitenbereiche kann auch Hinweise auf Verdriftungswege schadstoffbelasteter Feinkornanteile untergebrachten Baggergutes geben (vgl. BfG 2012b).

Im Längsprofil der Sedimentkerne (Elbe-km 675 - 703) zeigen die Schadstoffgehalte aus 2008 in den ersten 30 cm (gemittelt) zunächst eine Abnahme der Belastung in Richtung See und dann ab ca. km 694 wieder eine Zunahme. Diese Tendenz ist auch in den untersuchten Sedimentkernen aus Oktober 2009 und 2010 zu erkennen. Das bedeutet, dass sich im Gebiet um km 700 höher belastetes Material befindet, das sich unter Umständen als Folge der Baggergutunterbringung dort ablagert. Bei den im März 2009 untersuchten Sedimentkernen sinken die Schadstoffgehalte in den Oberflächenproben dagegen kontinuierlich in Richtung See ab. In tieferen Schichten dieser Proben ist ein ähnlicher Verlauf zu beobachten. Hier sind weitere Untersuchungen zur Klärung der unterschiedlichen Ergebnisse erforderlich.

Unter der Annahme, dass die untersuchten Proben die Verteilung der Schadstoffe repräsentativ abbilden, wurden die Schadstoffdepots der Tideelbe aus den Schadstoffgehalten der einzelnen Sedimentschichten über die gesamte Tiefe bis zu 4 m und der Fläche der zwischen 1994 und 1998 untersuchten Seitenbereiche (~ 26 km<sup>2</sup>) abgeschätzt. Die für diese Bereiche abgeschätzten Gesamtschadstoffmengen der verschiedenen Stoffe übersteigen die jährlich in die Tideelbe gelangenden Schadstofffrachten (ARGE Elbe 2009) um das 10-fache bis um mehr als das 100-fache. Als besonders hoch belastete Bereiche wurden das Mühlenberger Loch (km 635), das Fährmannssander Watt (ca. km 645) und das Nordkehdingener Watt (ca. km 695 - 705) identifiziert (siehe Abbildung 34).

Für eine Abschätzung der aktuell potenziell mobilisierbaren Schadstoffmengen aus den Sedimenten der Seitenbereiche (2008 - 2012) wurde angenommen, dass in der Regel nicht mehr als die oberen 50 cm der Kerne erodieren können. Für diese Abschätzung wurden weitere Wattbereiche und damit eine Fläche von ca. 56 km<sup>2</sup> berücksichtigt. Die so ermittelten Schadstoffmengen übersteigen für die meisten Stoffe die aktuellen jährlichen Eingangsfrachten in die Tideelbe um das 5 - 11-fache, für p,p'-DDT um das 4-fache und für p,p'-DDD um das 2-fache. Aus diesen Berechnungen ergeben sich unter Berücksichtigung der Belastung und der Fläche folgende Gebiete mit großen Schadstoffmengen in den oberen 50 cm: Mühlenberger Loch (ca. km 635), Pagensander Nebanelbe/Haseldorfer Binnenelbe (ca. km 655 - 665), Allwördener Außendeich (km 676 - 685), Nordkehdingener Watt (km 695 - 705) und Neufelder Watt (km 700 - 705) (Abbildung 35) (FGG Elbe, in Vorbereitung).

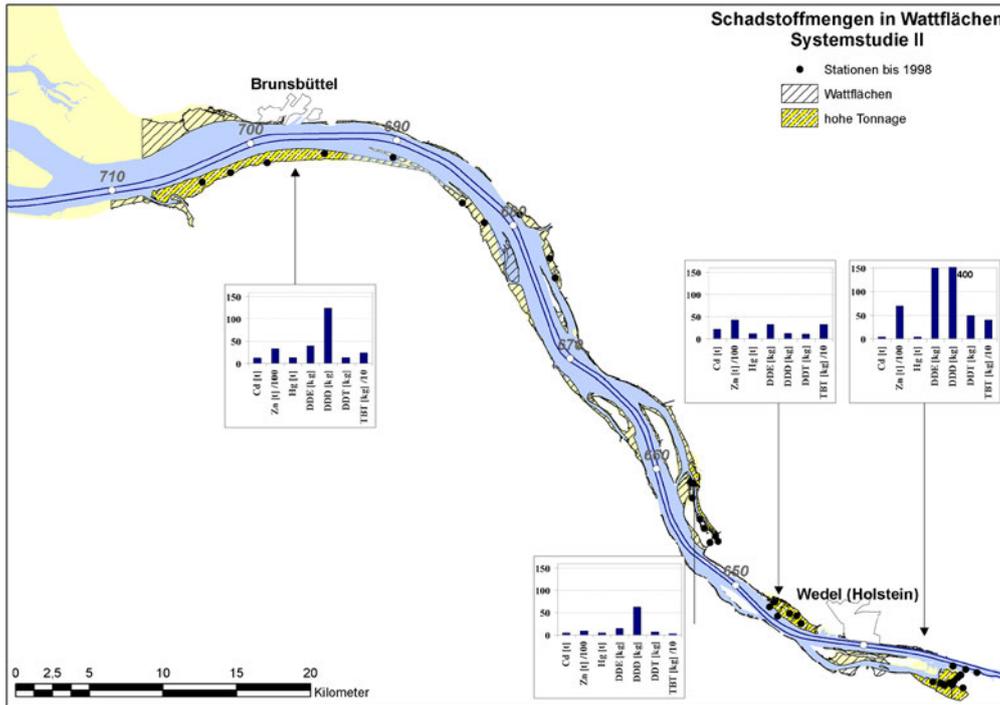


Abbildung 34: Erfasste Schadstoffdepots mit Gesamtschadstoffmengen des Elbeästuars bis 1998  
(Daten: BfG)

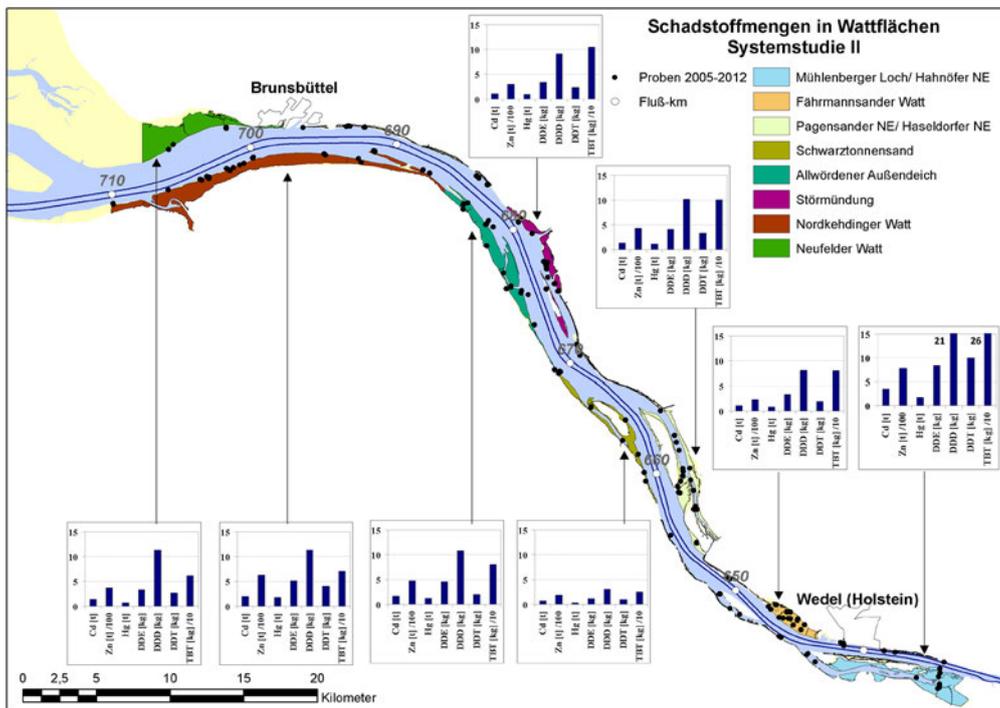


Abbildung 35: Erfasste Schadstoffdepots mit potenziell mobilisierbaren Schadstoffmengen der  
Tideelbe 2008 - 2012 (Daten: BfG)

Gegenüber den Gesamtschadstoffmengen, die in den Seitenbereichen bis zu 4 m Tiefe liegen, ist die oberflächennahe, potenziell mobilisierbare Schadstoffmenge relativ gering. Zurzeit geben die Untersuchungsergebnisse keine Hinweise darauf, dass die tieferen Schichten mit hohen Schadstoffgehalten durch natürliche Strömungen resuspendiert werden können. Größere morphologische Änderungen im Umfeld der Seitenbereiche können jedoch zu veränderten Strömungsverhältnissen führen und ggf. die Lagestabilität der dort abgelagerten Sedimente verändern. Insbesondere am seewärtigen Ende des Bereiches MaxTrüb sind solche Änderungen zu erwarten (siehe Kapitel 6.1.1). Auch eine unkontrollierte Resuspendierung der tiefer liegenden Sedimentschichten aufgrund von Maßnahmen, die in schadstoffbelastete, strömungsberuhigte Seitenbereiche eingreifen, z. B. im Rahmen von Fahrrinnenanpassungen oder Maßnahmen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie, könnte zu einer Freisetzung größerer Schadstoffmengen führen. Dadurch könnte die Schadstoffbelastung der Sedimente im Umfeld der Maßnahme negativ beeinflusst werden.

### **6.3.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie**

Bei der Bewertung der Unterbringung von Baggergut wird zunächst die Qualität des Baggergutes beurteilt. Dabei kommen für die Baggergutunterbringung in Bereiche seewärts der Süßwassergrenze die Richtwerte der Gemeinsamen Übergangsbestimmungen für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich (GÜBAK, Anonymus 2009) zur Anwendung. Für die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg auf die Unterbringungsstelle Neßsand wurden in den Empfehlungen der Elbe-Umweltminister abweichende Kriterien festgelegt (ARGE Elbe 1996). Außerdem wird bei der Bewertung der Baggergutunterbringung das Ziel der WRRL und MSRL, den Gewässerzustand nicht zu verschlechtern, berücksichtigt. In diesem Kapitel wird die Schadstoffbelastung der Sedimente ohne Berücksichtigung der aus Sicht der Morphologie oder der Ökologie angestrebten Ziele bewertet. Eine Abwägung der verschiedenen Fachaspekte erfolgt in Kapitel 8.4 und Konflikte mit anderen Zielen werden bei der Ableitung des Strategievorschlags berücksichtigt.

#### **Bewertung der Schadstoffbelastung im Baggergut im Längsverlauf des Elbeästuars nach den Richtwerten der WSV und der ARGE Elbe**

In fast allen Baggerbereichen sind die Verbindungen der DDX-Gruppe und das HCB die für die Unterbringung von Baggergut im Gewässer kritischen Schadstoffe. Die Gehalte dieser Schadstoffe im Baggergut der Bereiche Hamburg, Wedel/Juelssand und in geringerem Maße auch im Baggergut aus dem Bereich NOK überschreiten den Richtwert RW 2 nach GÜBAK (Anonymus 2009). In Teilgebieten des Bereiches Hamburg liegen auch die Gehalte von Kupfer, z. T. auch Cadmium, Zink und Quecksilber, über dem Richtwert RW 2. Die für die Unterbringung des Baggergutes aus dem Bereich Hamburg auf der Stelle Neßsand gemäß den Empfehlungen der Elbe-Umweltminister aus dem Jahre 1996 angewandten Kriterien (ARGE Elbe 1996) liegen deutlich höher als die GÜBAK-Kriterien und werden nicht überschritten. Baggergut mit Belastungen oberhalb der Kriterien nach ARGE Elbe (1996) wird an Land entsorgt. Auch Baggergut mit einer TBT-Belastung oberhalb des in der GÜBAK als RW 2 vorgegebenen Wertes von 300 µg TBT/kg wird an Land entsorgt.

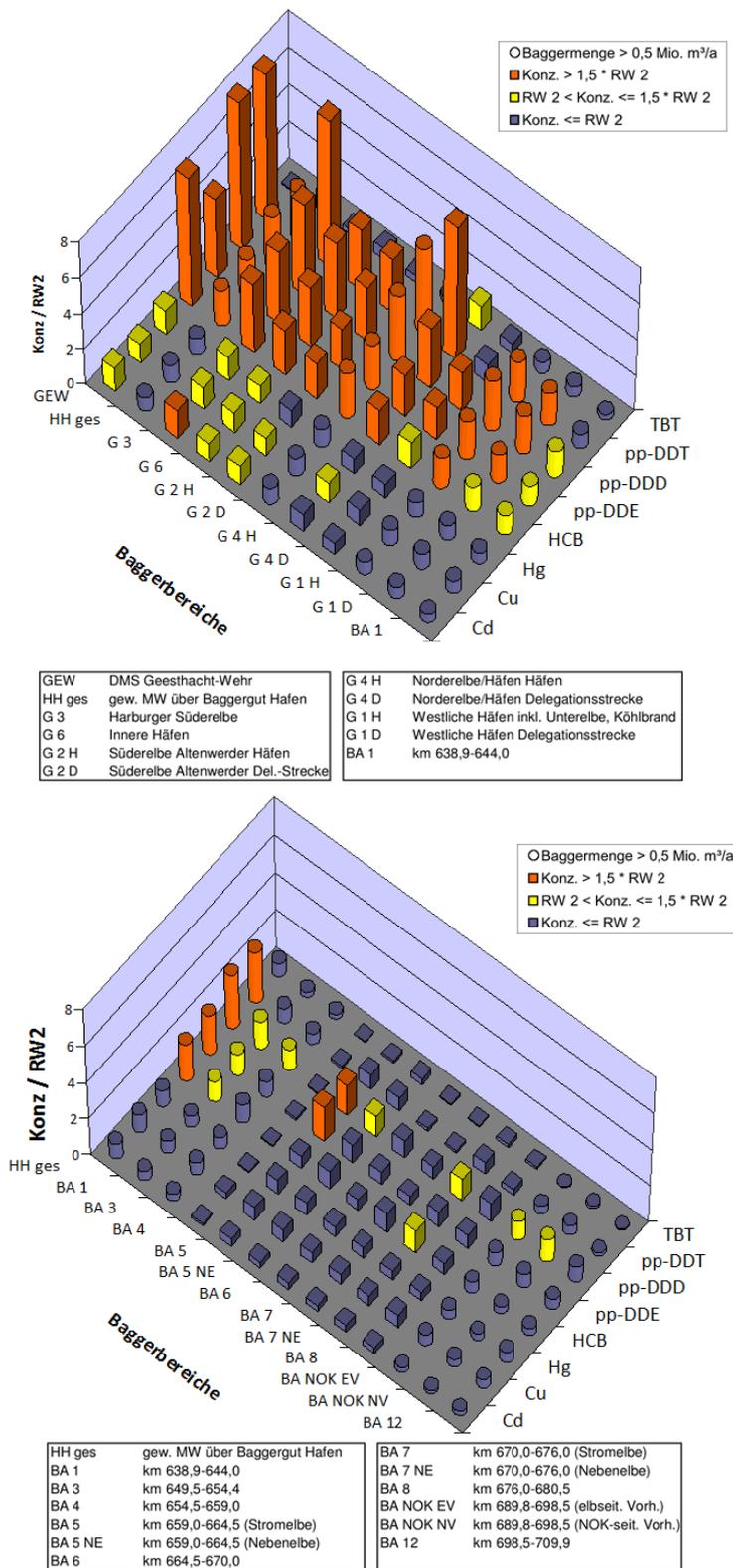
Hamburg ist der am weitesten stromaufwärts gelegene Baggerbereich der Tideelbe mit Feinsedimenten und weist die höchsten Schadstoffgehalte im Baggergut auf (Abbildung 36).

Dabei zeigen innerhalb dieses Baggerbereichs die Sedimente der Gebiete „Westliche Häfen, Unterelbe, Köhlbrand“ und „Norderelbe Delegationsstrecke“ die geringsten und das Baggergut aus den Gebieten „Harburger Süderelbe“ sowie „Innere Häfen“ die höchsten Schadstoffgehalte (Einteilung dieser Gebiete siehe Karte Anhang 2). Im Vergleich zu den am Ästuar-  
eingang (Tidewehr Geesthacht) erfassten Schadstoffgehalten sind die Gehalte in den frischen Sedimentablagerungen des Bereiches Hamburg überwiegend geringer. Für TBT, mit Quellen im Hamburger Hafen und in geringerem Maße im gesamten Ästuar durch die in der Vergangenheit erfolgte Freisetzung von Schiffen, sind die Gehalte der Sedimente der gesamten Tideelbe höher als die Eingangskonzentration bei Geesthacht. Außerdem übersteigen die mittleren Gehalte der Mineralölkohlenwasserstoffe und einiger Schwermetall(oid)e (z.B. Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer und Zink) in den Gebieten „Innere Häfen“, „Obere Tideelbe“ und „Harburger Süderelbe“ die Eingangsgelalte ins Elbeästuar. Auch für diese Stoffe sind lokale Quellen in diesen Häfen nicht auszuschließen, die Baggermengen sind jedoch im Allgemeinen gering (Kapitel 5.2).

Abbildung 36 zeigt die für ausgewählte Schadstoffe in Proben aus den Baggerbereichen entlang des Elbeästuars festgestellte Belastung in Relation zu den oberen Richtwerten RW2 der GÜBAK. Die Überschreitung der oberen Richtwerte RW2 bis zum 1,5-fachen dieser Werte ist durch gelbe Markierung, die Überschreitung des 1,5-fachen der RW2 durch orange Markierung gekennzeichnet.

Darüber hinaus werden die Auswirkungen der Baggergutunterbringung im Unterbringungsbereich bewertet. Für die Bewertung der Auswirkungen der aktuellen Unterbringungsstrategie sowie der Unterbringungsszenarien 2 - 5 (siehe Kapitel 7.3) auf die Schadstoffbelastung werden vier Kriterien herangezogen:

- > Bewertung der Schadstoffbelastung im Baggergut gegen die regionale Belastung im Unterbringungsbereich
- > Ausmaß der Schadstoffanreicherung im Bereich der Unterbringungsstellen und Umgebung
- > durch Unterbringung mobilisierte Schadstofffrachten
- > Beschleunigung und Verstärkung des Schadstoffeintrags in die Nordsee



**Abbildung 36: Bewertung der Schadstoffbelastung des Baggergutes in der Tideelbe nach den Richtwerten der GÜBAK. (Daten: HPA)**  
 Bereiche mit einer mittleren jährlichen Baggermenge > 0,5 Mio. m<sup>3</sup> sind durch runde Balken gekennzeichnet. Gelbe Balken: RW 2 < Schadstoffgehalte < 1,5 x RW2; Orange Balken: Schadstoffgehalte > 1,5 x RW 2.

## **Bewertung der Schadstoffbelastung im Baggergut gegen die regionale Belastung im Unterbringungsbereich**

Um eine Erhöhung der Schadstoffbelastung im Bereich der Unterbringungsstellen möglichst gering zu halten, sollten die Schadstoffgehalte im Baggergut die regionale Belastung der Sedimente auf der Unterbringungsstelle und in deren Umgebung möglichst wenig überschreiten.

Im Baggergut des Bereiches Hamburg sind die Gehalte einiger Schadstoffe um etwa einen Faktor 2 höher als in den Sedimenten im Umfeld der Unterbringungsstelle Neßsand, obwohl die Entfernung zwischen beiden Bereichen mit ca. 15 - 25 km relativ gering ist. Dieser deutliche Unterschied der Schadstoffgehalte ist auf den steilen Schadstoffgradienten in diesem Abschnitt des Elbeästuars zurückzuführen. Ergebnisse von Schadstoffuntersuchungen an der Unterbringungsstelle Neßsand liegen nur aus dem Jahr 1996 vor (FHH 1996). Da die damals gemessenen Schwermetallgehalte auf einem ähnlichen Niveau wie in Proben der nahegelegenen DMS Wedel lagen, wurden für die aktuelle Bewertung die Ergebnisse dieser Station als Referenz für die Bewertung des Baggergutes aus dem Hamburger Bereich herangezogen.

Auch bei einer Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand z. B. auf die ca. 45 - 50 km weiter seewärts gelegenen Stellen im VSB 686/690 bei St. Margarethen im Bereich MaxTrüb liegt eine Überschreitung der Gehalte einiger Schadstoffe an der Unterbringungsstelle um den Faktor 2 gegenüber der lokalen Belastung am Ort der Unterbringung vor. Gleiches trifft auch auf das Baggergut aus dem Bereich Osteriff bei Unterbringung im Bereich stromab MaxTrüb (VS 738) zu. Die Belastungen dieses Baggergutes sind jedoch nur halb so hoch wie im Fall des Baggergutes aus dem Bereich Wedel/Juelssand. Im Unterbringungsbereich ist nur eine geringe Erhöhung der Schadstoffgehalte zu erwarten, die im Rahmen der Messunsicherheit liegen wird.

Die Belastung des Baggergutes aus dem Baggerbereich NOK und der Sedimente aus dem Bereich der Unterbringungsstelle VS 700 bewegt sich aufgrund der räumlichen Nähe von wenigen Kilometern in einem ähnlichen Bereich.

### **Auswirkungen auf Schadstoffgehalte im Bereich der Unterbringungsstellen einschließlich der Seitenbereiche**

Da die Schadstoffgehalte aufgrund des zunehmenden marinen Einflusses in Richtung See abnehmen, kann die Unterbringung von Baggergut auf seewärts des Baggerbereiches gelegene Unterbringungsstellen, je nach den im Baggergut enthaltenen Schadstoffgehalten und -mengen, dort zu einer Erhöhung der Schadstoffbelastung führen. Je größer die Entfernung zwischen Bagger- und Unterbringungsbereich ist, desto größer sind im Allgemeinen die Unterschiede in der Schadstoffbelastung und desto stärker kann die Erhöhung der Schadstoffbelastung ausfallen.

Im Elbeästuar verdriften die schadstoffbelasteten Feinanteile aus dem umgelagerten Baggergut je nach den vorherrschenden Strömungen z. T. in die Umgebung der Unterbringungsstelle

und lagern sich in den Seitenbereichen ab. Je nach der Höhe der Belastung des Baggergutes kann es dadurch auch hier zu einer Erhöhung der Schadstoffbelastung kommen.

Eine Anreicherung schadstoffbelasteter Sedimente ist weder in Sedimentationsbereichen des Elbeästuars noch in der Deutschen Bucht als positiv zu werten. So sind z.B. auch gemäß der Richtlinie 2008/105/EG über Umweltqualitätsnormen (Tochtrichtlinie zur Wasserrahmenrichtlinie) bzw. der Oberflächengewässerverordnung (BGBl. 2011) im Rahmen der Aktualisierung des Maßnahmenprogrammes Maßnahmen vorzusehen, die sicherstellen, dass die Konzentrationen in den genannten Matrices nicht signifikant ansteigen. Ebenso ist gemäß der MSRL eine Verschlechterung des Zustandes der Meeresumwelt zu verhindern, wozu auch die Qualität der Sedimente gehört. Ein Anstieg der Schadstoffgehalte in Sedimenten durch die Baggergutunterhaltung lässt sich eher vermeiden bzw. gering halten, wenn die Belastung verdriftender Sedimente ähnlich wie die Belastung der Sedimentationsbereiche ist, d. h. bei Unterbringung von Baggergut im Nahfeld der Baggerbereiche. Bei organischen Schadstoffen erfolgt zudem ein langsamer Abbau, so dass bei einem zeitverzögerten Weitertransport temporär sedimentierter schadstoffbelasteter Feststoffe die Menge der Schadstoffe, die die Deutsche Bucht durch strömungsbedingten Transport erreichen, gegenüber dem mit dem Hopperbagger verbrachten Baggergut etwas geringer ausfallen. Beim Abbau können jedoch zunächst ebenfalls toxische Abbauprodukte entstehen.

Die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg auf die Stelle Neßsand und die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand auf Stellen im Bereich MaxTrüb kann zu einer kurzfristigen geringen Erhöhung der Schadstoffgehalte im Bereich der Unterbringungsstellen führen. In der Regel verdriften die schadstoffbelasteten Feinsedimente zu einem großen Teil, so dass Schadstoffanreicherungen und eine Erhöhung von Schadstoffgehalten in den stromab und stromauf gelegenen Seitenbereichen möglich sind.

Die Auswirkungen der Unterbringung von Hamburger Baggergut im Bereich Neßsand auf die Schadstoffgehalte in Seitenbereichen wie dem Mühlenberger Loch sowie im stromab gelegenen Baggerbereich Wedel/Juelssand werden als mäßig (Stufe mittel) angesehen. Bei der Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand in den Bereich MaxTrüb können die verdrifteten Feinsedimente auch in die Baggerbereiche NOK und Osteriff gelangen, sich dort ablagern und erneut gebaggert werden. Eine nachweisbare Erhöhung der Schadstoffgehalte (Stufe mittel) als Folge der Unterbringung des höher belasteten Baggergutes aus dem Bereich Wedel/Juelssand konnte bisher nur in den nahe der Unterbringungsstelle VS 686/690 gelegenen Seitenbereichen festgestellt werden (BfG 2012b).

Die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Osteriff führte im unmittelbaren Umfeld der Unterbringungsstellen im Bereich stromab MaxTrüb bisher nicht zu einer messbaren Erhöhung der Schadstoffgehalte. Das hier untergebrachte Baggergut verdriftet weiträumig (vgl. Kapitel 5.1) und besitzt zudem geringe Schadstoffgehalte.

Bei der derzeitigen Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich NOK auf die nahe gelegene Stelle bei Elbe-km 700 bzw. mittels Spülrohr sind keine bis sehr geringe Auswirkungen

auf die Schadstoffgehalte an der Unterbringungsstelle und in deren Umfeld zu erwarten (BfG 2013b).

### **Mobile Schadstofffrachten im Bereich der Unterbringungsstellen**

Baggerung und Unterbringung von Feinmaterial im Elbeästuar führen stets zu einer Mobilisierung feststoffgebundener Schadstoffe und erhöhen vor allem im Bereich der Unterbringungsstellen die mobilen Schadstoffmengen. Diese mobilen Schadstoffe stehen für den Transport mit der Strömung in die Umgebung der Unterbringungsstelle zur Verfügung und können sich in strömungsberuhigten Seitenbereichen anreichern. Sie können z. T. auch wieder stromauf oder seewärts transportiert werden.

Mit der Unterbringung von Baggergut aus dem Hamburger Bereich im Gewässer werden aufgrund der hohen Baggermengen und der gegenüber den Baggerbereichen der WSV höheren Schadstoffgehalte die größten Schadstoffmengen bewegt. Folglich sind auch die mobilen Schadstoffmengen im Bereich der Unterbringungsstelle Neßsand zu Zeiten der Baggerkampagnen hoch. Auch bei Beschränkung der Unterbringung auf das Baggergut aus den geringer belasteten Gebieten des Baggerbereiches Hamburg Westliche Häfen, Unterelbe, Köhlbrand und Norderelbe Delegationsstrecke ist die Erhöhung der mobilen Schadstoffmengen auf der Unterbringungsstelle Neßsand und deren Umgebung noch als hoch anzusehen. Bei der Unterbringung von Baggergut auf die nur wenige Kilometer stromab des Baggerbereiches gelegene Unterbringungsstelle Neßsand werden die aus Baggermengen und Schadstoffgehalten abgeschätzten Schadstofffrachten aufgrund der Kreislaufbaggerung jedoch überschätzt. Erfolgt die Unterbringung dagegen auf weiter seewärts als Neßsand liegende Stellen (MaxTrüb, stromab MaxTrüb oder Nordsee), sind die berechneten Frachten mit steigender Transportentfernung zunehmend als in Richtung See transportierte Schadstoffmengen zu betrachten. Für einige Stoffe liegen die abgeschätzten Frachten in der Größenordnung der jährlichen Eingangsfrachten bei Geesthacht (ausgenommen TBT).

Im Vergleich dazu werden gegenwärtig mit dem Baggergut aus dem Baggerbereich Wedel/Juelssand etwas geringere Schadstoffmengen (geringere Mengen an Baggergut und niedrigere Schadstoffgehalte) in den Bereich MaxTrüb gebracht. Die dabei bewegten Schadstofffrachten sind z. T. um den Faktor 3 geringer (p,p'-DDD), verglichen mit der mittleren Belastung im Bereich Hamburg. Im Vergleich zu den mobilen Fest- und Schadstoffmengen, die an der Unterbringungsstelle vorliegen, sind die mit dem Baggergut dorthin gelangenden Schadstoffmengen als mittel einzustufen.

Durch die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich NOK werden die mobilen Mengen vieler Schadstoffe im Bereich der Unterbringungsstelle nur gering, für die Verbindungen der DDX-Gruppe jedoch mittel erhöht. Berücksichtigt man zusätzlich die verspülten Baggermengen, so ist die Erhöhung der mobilen Schadstoffmengen als gering zu bewerten. Zudem ist aufgrund von Verdriftungen ein gegenseitiger Einfluss der Baggergutunterbringung auf VS 700 und im VSB 686/690 anzunehmen. Aufgrund der intensiven Kreislaufbaggerungen und der relativ geringen Schadstoffbelastung wirkt sich diese Erhöhung der mobilen Schadstoffmengen jedoch wenig auf die Schadstoffgehalte in den Sedimenten der Umgebung der Unterbringungsstelle aus.

Die vorübergehende Erhöhung der mobilen Schadstoffmengen an der Unterbringungsstelle VS 738 im Bereich stromab MaxTrüb kann aufgrund der relativ geringen Menge der schadstoffbelasteten Feinkornfraktion  $< 63 \mu\text{m}$  und der geringen Schadstoffgehalte im Baggergut als gering eingestuft werden.

### **Beschleunigung und Verstärkung des Schadstoffeintrags in die Nordsee**

Beim strömungsbedingten, nicht durch die Baggergutunterhaltung gestörten Transport verdriften Anteile der schadstoffbelasteten Feinsedimente  $< 63 \mu\text{m}$  in strömungsberuhigte Seitenbereiche und werden damit durch Sedimentation zeitweise oder längerfristig dem weiteren Transport entzogen. Durch die teilweise stromabwärts gerichtete Verdriftung der Feinanteile des umgelagerten Baggergutes sowie durch den ohne Zeitverzögerung erfolgenden Transport des Baggergutes per Hopperbagger stromab wird der Schadstofftransport in Richtung See beschleunigt. Außerdem ist die Gesamtmenge der zur Deutschen Bucht transportierten Schadstoffe größer als beim natürlich bedingten Transport, da der teilweise Rückhalt durch Sedimentation in Seitenbereichen entfällt. Bei der Unterbringung des Baggergutes auf Stellen, die weiter innen im Ästuar liegen, gelangen mehr schadstoffbelastete Sedimente in die Seitenbereiche der Ästuar. Durch Unterbringung auf Stellen, die seewärts der Baggerbereiche liegen, stehen weniger strömungsberuhigte Sedimentationsräume, in die die Feinanteile aus dem umgelagerten Baggergut verdriften können, zur Verfügung. Generell kommt es daher bei der Unterbringung von Baggergut in stromab gelegene Bereiche zu einer Beschleunigung und damit Verstärkung des Schadstoffeintrags in die Nordsee. Die Beschleunigung und Verstärkung ist umso größer, je weiter der Unterbringungsort vom Baggerbereich entfernt ist.

Somit führt bei der derzeitigen Unterbringungsstrategie die Baggergutunterbringung aus dem Baggerbereich Wedel/Juelssand zum VSB 686/690 zur größten Verstärkung des Schadstoffeintrags in die Nordsee, die als mittel eingestuft wird. Die intensive Kreislaufbaggerung der Sedimente in den Baggerbereichen Hamburg und NOK bewirkt eine geringe bzw. sehr geringe Verstärkung des Schadstoffeintrags in die Nordsee. Auch die Unterbringung des Baggergutes aus dem Bereich Osteriff führt aufgrund der geringen Schadstoffmengen und des mittleren Transportweges mit dem Hopperbagger nur zu einer geringen Erhöhung des Schadstoffeintrags in die Nordsee.

### **6.3.3 Entwicklung der Schadstoffeinträge aus dem Binnenbereich in die Tideelbe**

Die Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe) identifizierte im Zuge der Erstellung des ersten Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms der WRRL die Belastung durch Schadstoffe als eine der wichtigen Bewirtschaftungsfragen für das Einzugsgebiet der Elbe (FGG Elbe 2008). Das Maßnahmenprogramm für den ersten Bewirtschaftungszeitraum beinhaltet dementsprechend auch Maßnahmen zur Reduzierung spezifischer Schadstoffeinträge. Ausgangspunkt für die Maßnahmenplanung waren die Ergebnisse der ersten Bestandsaufnahme (2005) sowie nachfolgend erhobene Informationen über Haupteintragspfade und überregionale Risiken für den guten Gewässerzustand und für gesellschaftlich relevante Nutzungen (FGG Elbe 2009a und b).

## **Maßnahmen des ersten Bewirtschaftungszeitraums**

Hinsichtlich des Schadstoffthemas sind die Maßnahmen gemäß Artikel 11 Absatz 3b bis 3l der WRRL hervorzuheben, die den Schutz der Wasserqualität oder die Begrenzung von Einleitungen über Punktquellen beinhalten, sowie die Kommunalabwasserrichtlinie. Da im deutschen Elbegebiet bereits ein sehr hoher Anschlussgrad der Haushalte an öffentliche Kanalisationen und öffentliche Kläranlagen erreicht ist, besteht bei diesen Eintragspfaden nur noch ein graduelles Verbesserungspotenzial, in erster Linie bei der Behandlung von Misch- und Niederschlagswasser. Industrielle und gewerbliche Abwässer werden nach dem Stand der Technik den geltenden gesetzlichen Regelungen entsprechend gereinigt, so dass keine wesentlichen Änderungen bei den in die Gewässer eingetragenen Schadstofffrachten erwartet werden können. Maßnahmen im Bereich der Landwirtschaft zielen vorrangig auf eine Reduzierung der Nährstoffbelastung der Gewässer. Als Co-Effekte wird auf lokaler Ebene eine Reduzierung von Pflanzenschutzmittel- und ggf. von Schwermetalleinträgen aus mineralischen Düngemitteln (z. B. Cd) erwartet. Die ergänzenden Maßnahmen gemäß Artikel 11 Absatz 4 WRRL betreffen grundsätzlich sowohl Punkt- als auch diffuse Quellen. Viele dieser Maßnahmen wirken lokal auf den jeweiligen Wasserkörper. Hervorzuheben sind im Bereich der ergänzenden Maßnahmen die ökologischen Großprojekte sowie Maßnahmen der Sicherung von Bergbaualllasten.

## **Historische Schadstoffbelastungen und Sedimentmanagementkonzept**

Das heutige Problem der Elbe mit einer Reihe „klassischer“ Schadstoffe stammt in hohem Maße nicht aus gegenwärtigen Einträgen. Prägend sind vielfach persistente, bio- und geakkumulierbare Stoffe, die z. T. seit Jahrhunderten vom Menschen intensiv genutzt werden. Zur Verbesserung der Situation werden zum einen bereits früher begonnene, umfangreiche Maßnahmen der Altlastensanierung von überregionaler Bedeutung fortgesetzt (z. B. Bitterfeld/Wolfen und Mansfelder Land, Sanierungsvorhaben der Wismut GmbH im Ronneburger Revier). Zum anderen lag ein Schwerpunkt auf der konzeptionellen Arbeit. Eine herausragende Rolle unter den konzeptionellen Maßnahmen spielt das Sedimentmanagementkonzept, das auf Beschluss der IKSE (22. Tagung 2009) und der FGG Elbe (13. Elberat 2009) aufgestellt wird. Im Zuge der Erarbeitung des Konzepts durch internationale und nationale Arbeitsgruppen erfolgt auch eine detaillierte Analyse der Risiken, die von der partikulären Schadstoffbelastung in der Elbe für überregionale Handlungsziele ausgehen, darunter auch für die Meeresumwelt und das Baggergutmanagement im Tidebereich. Die Ergebnisse dieser Analyse werden maßgeblich für Maßnahmenvorschläge für den zweiten (2016 - 2021) und ggf. dritten Bewirtschaftungszeitraum (2022 - 2027) sein. Die Konzepte der FGG Elbe und der IKSE „Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele“ sind durch Expertengruppen erarbeitet worden. Die Veröffentlichung soll im ersten Halbjahr 2014 erfolgen.

## **Einschätzung der Wirksamkeit in Umsetzung befindlicher Maßnahmen und Ausblick**

Die zu einem hohen Anteil diffusen, aus nicht rezenten Quellen stammenden Schadstoffströme (Altbergbau, Altlasten, Altsedimente) lassen sich nur sehr schwer kontrollieren. Gemäß Zwischenbericht der FGG Elbe über die Durchführung des Maßnahmenprogramms (2012) dienen die Maßnahmen des ersten Bewirtschaftungszeitraums zum Belastungs-

schwerpunkt Schadstoffe v. a. der weiteren Sicherung und Kontrolle von Altlasten sowie der Ermittlung von Belastungsursachen und der Verbesserung des Kenntnisstandes über Ursache/Wirkungsbeziehungen (vgl. auch Strombau- und Sedimentmanagementkonzept, WSD Nord & HPA (2008)).

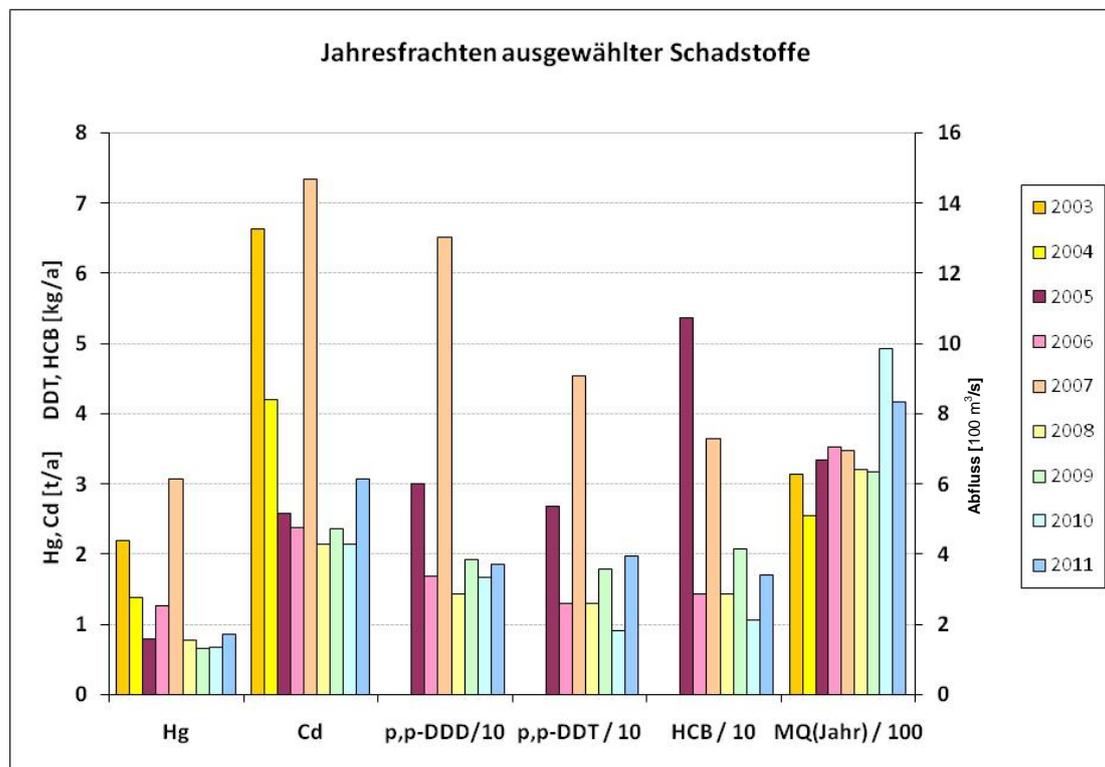


Abbildung 37: Partikuläre Frachten 2003 - 2011 an der Tidegrenze Geesthacht (Daten: BfG)

Abbildung 37 spiegelt am Beispiel von fünf elberelevanten Schadstoffen (Hg, Cd, HCB, p,p'-DDD, p,p'-DDT) das für den gesamten ersten Bewirtschaftungszeitraum zu erwartende Ergebnis wider. Gezeigt wird die für die Sedimentqualität in der Tideelbe maßgebliche partikuläre Frachtentwicklung zwischen 2003 (Schwermetalle) bzw. 2005 (organische Schadstoffe) und 2011 in Geesthacht an der Grenze zwischen Binnen- und Tideelbe. Die Frachtmaxima traten zwischen 2003 und 2007 auf. Allerdings wurden auch zum Ende des betrachteten Zeitraums Frachten erreicht, die über solchen des Zeitraums 2003 - 2007 liegen. Insgesamt ist mittelfristig künftig von einer weiteren langsamen Abnahme des binnenseitigen Schadstoffeintrages auszugehen, bei der je nach hydrologischer Situation oder Aktivitäten im Einzugsgebiet Ausreißer nach oben nicht ausgeschlossen werden können. Inwieweit eine beschleunigte Abnahme der Schadstoffeinträge in den Tideabschnitt der Elbe eintritt, entscheidet sich mit dem Maßnahmenprogramm des zweiten Bewirtschaftungszeitraums 2016 - 2021.

## 6.4 Ökotoxikologie

Anthropogene Belastungen können über verschiedene Eintragspfade in ein Gewässer gelangen. In Abhängigkeit von den jeweiligen stoffspezifischen Eigenschaften der Umweltkontaminanten, wie z.B. Persistenz und Polarität, können diese im Sediment eines Gewässers

angelagert und akkumuliert werden. Sedimente können somit eine Senke für viele über die Wasserphase eingetragene Schadstoffe darstellen (Calmano 2001). Sedimente können so ein ökotoxikologisches Belastungspotenzial aufweisen, das von den vorhandenen Schadstoffen verursacht wird. Sind diese Stoffe im Sediment bzw. in dessen wässriger Phase bioverfügbar, können sie von Organismen aufgenommen werden. In Abhängigkeit von Toxizität und Konzentration (bzw. Dosis) kann dies zu einer Beeinträchtigung der Biozönose führen.

Durch die Unterbringung von schadstoffbelastetem Baggergut können adverse Wirkeffekte gegenüber der Biozönose hervorgerufen werden. Zur Abschätzung und Erfassung von potenziellen Wirkeffekten einer Baggermaßnahme auf Organismen und Qualität des Lebensraumes werden aquatische Testsysteme eingesetzt. Bei einer solchen Abschätzung ist es erforderlich, dass die Belastungspotenziale gegenüber der gesamten aquatischen Lebensgemeinschaft betrachtet werden. Daher werden Biotests mit Testorganismen verschiedener Trophieebenen für die Untersuchungen herangezogen.

Die als Repräsentanten dienenden Testorganismen werden unter definierten Bedingungen aus dem Untersuchungsmaterial gewonnenen Testgut exponiert. Da mit Biotestsystemen auch komplexe Wirkeffekte (die sich z. B. durch Kombinationswirkung verschiedener Einzelstoffe ergeben) erfasst werden, kann die integrale toxikologische Belastung einer Probe bestimmt werden. Mit der chemischen Stoffanalyse der Sedimente werden Vorkommen und Konzentration besonders umweltrelevanter Schadstoffe erfasst, im Fokus stehen hierbei persistente, bioakkumulative und toxische Stoffe. Aussagen zu den Wirkeffekten der explizit untersuchten und den weiteren in einer Umweltprobe vorhandenen Schadstoffe ermöglichen nur ökotoxikologische Untersuchungen mit Hilfe von Biotestsystemen. Zur umfassenden Charakterisierung der Sedimentbelastungen sind daher sowohl chemische als auch ökotoxikologische Untersuchungen erforderlich - beide Fachbereiche ergänzen sich in ihren jeweiligen Untersuchungsaspekten und Aussagen.

### **Wechselseitige Abhängigkeiten zu anderen Fachbereichen**

Wie eingangs beschrieben ist das ökotoxikologische Belastungspotenzial von Sedimenten durch Konzentration, Toxizität und Verfügbarkeit der vorhandenen Schadstoffe bedingt. In welchem Maße toxische Stoffe in Sedimenten angereichert werden können, wird neben dem Anteil des organischen Materials auch durch die Oberflächenverhältnisse und Bindungsfähigkeit der Sedimente bestimmt. Insbesondere ist daher die Korngrößenverteilung einer Sedimentprobe zu berücksichtigen. Sind keine oder nur geringe Feinkornanteile bzw. organischen Bestandteile vorhanden, so ist das ökotoxikologische Belastungspotenzial einer Sedimentprobe in der Regel gering.

Die Veränderung der ökotoxikologischen Sedimentbelastung im einem Untersuchungsbereich erfolgt, neben dem evtl. vorhandenen Abbau weniger persistenter Schadstoffe (durch physikalische, chemische oder biologische Prozesse), insbesondere durch den Ein- und Austrag von sediment- und schwebstoffassoziierten Schadstoffen. Betrachtungen zu einer möglichen Remobilisierung der an Sedimente gebundenen Schadstoffe sind in Kapitel 6.3 zur Schadstoffbelastung bereits erläutert, diese sind auf die Ökotoxikologie zu übertragen. Grundsätzlich steht das ökotoxikologische Belastungspotenzial der Sedimente in denselben

Abhängigkeiten zu den Umweltfaktoren wie die chemischen Stoffbelastungen, da die ökotoxikologischen Belastungspotenziale durch die sedimentgebundenen Schadstoffe verursacht werden.

Ökotoxikologisch belastete Sedimente können sowohl direkte als auch indirekte adverse Effekte auf die Organismen und die vorhandene Biozönose haben. Dementsprechend können belastete Sedimente die Zusammensetzung und Ausprägung der Artengemeinschaften entscheidend beeinflussen (z.B. Vorkommen und Zusammensetzung der Makrozoobenthosgemeinschaften und der Fischbestände).

### **Richtlinien und Methoden**

Zur Erfassung der ökotoxikologischen Belastung der Sedimente im Bereich der Tideelbe erfolgten Untersuchungen mit Biotests gemäß den Handlungsanweisungen für den Umgang mit Baggergut (HABAB- und GÜBAK-WSV). Aufbauend auf dem Untersuchungsprogramm der ersten Systemstudie im Jahr 2006 (BfG 2008a) wurden im Jahr 2011 erneut Proben über den gesamten Längsverlauf der Tideelbe entnommen und mit verschiedenen ökotoxikologischen Methoden untersucht.

Die Abschätzung des Toxizitätspotenzials der biologisch wirksamen Schadstoffkomponenten erfolgte bei den aquatischen Testsystemen über die Untersuchung von Porenwässern und Eluaten. Diese Testgüter wurden aus den Sedimentproben gewonnen. In Abhängigkeit von der Salinität der Testgüter wurde die limnische oder die marine Biotestpalette für die Untersuchungen eingesetzt.

Die limnische Biotestpalette gemäß HABAB-WSV (BfG 2000) besteht aus den folgenden Biotestsystemen:

- > Leuchtbakterientest nach DIN EN ISO 11348-3:  
Akuter Toxizitätstest mit dem Bakterium *Vibrio fischeri*
- > Grünalgentest nach DIN 38412 Teil 33:  
Zellvermehrungshemmtest mit der limnischen Alge *Desmodesmus subspicatus*
- > Daphnientest nach DIN 38412 Teil 30:  
Akuter Immobilisationstest mit dem Kleinkrebs *Daphnia magna*

Die Untersuchung mit den marinen Biotests erfolgte gemäß GÜBAK-WSV (Anonymus 2009) mit den folgenden Testverfahren:

- > Leuchtbakterientest nach DIN EN ISO 11348-3 (Annex D):  
Akuter Toxizitätstest mit dem Bakterium *Vibrio fischeri*
- > Mariner Algentest nach DIN EN ISO 10253:  
Zellvermehrungshemmtest mit der marinen Kieselalge *Phaeodactylum tricornutum*

Zur Erfassung möglicher Störgrößen und zur Überprüfung der Einhaltung der in den jeweiligen Normen geforderten Anforderungen an das Testgut wurden physikalisch-chemische Parameter wie pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit, Salinität und Nährstoffkonzentration (Ammonium) aufgenommen.

## Bewertungsgrundlage

Zur Charakterisierung der von einer Umweltprobe auf einen Modellorganismus ausgehenden Toxizität dient der pT-Wert (*potentia toxicologiae* = toxikologischer Exponent). Er ist der negative binäre Logarithmus des ersten nicht mehr toxischen Verdünnungsfaktors in einer Verdünnungsreihe mit dem Verdünnungsfaktor 2. Der pT-Wert gibt an, wie oft eine Probe im Verhältnis 1:2 verdünnt werden muss, damit sie nicht mehr toxisch wirkt (Krebs 1988, Krebs 2000). Der pT-Wert ermöglicht eine zahlenmäßig nach oben offene gewässertoxikologische Kennzeichnung. Mit Hilfe dieser Ökotoxizitätsskala ist es möglich, jede Probe leicht verständlich und quantifiziert zu charakterisieren. Ausschlaggebend für die Einstufung von Sedimenten und Baggergut in eine Toxizitätsklasse ist der pT-Wert des empfindlichsten Organismus innerhalb der Testpalette der verschiedenen aber gleichrangigen Biotestverfahren. Die vom jeweils höchsten pT-Wert einer Untersuchungsprobe (pT<sub>max</sub>-Wert) abgeleitete Toxizitätsklasse wird mit römischen Zahlen gekennzeichnet. Für den Spezialfall der Baggergutklassifizierung wird diese offene Skala auf 7 Stufen eingengt. Alle pT<sub>max</sub>-Werte > 6 werden der höchsten Stufe (Toxizitätsklasse VI) zugeordnet, Tabelle 3 (Krebs 2001, Krebs 2005).

**Tabelle 3: Ökotoxikologische Sedimentklassifizierung nach HABAB-WSV (BfG 2000) & GÜBAK-WSV (Anonymus 2009)**

höchste Verdünnungstiefe ohne Effekt	Verdünnungsfaktor	pT-Wert	Toxizitätsklasse pT <sub>max</sub> -Wert der Testpalette		Handhabungskategorie	
Original	2 <sup>0</sup>	0	Toxizität nicht nachweisbar	0	nicht belastet	Fall 1
1:2	2 <sup>-1</sup>	1	sehr gering toxisch belastet	I	unbedenklich	
1:4	2 <sup>-2</sup>	2	gering toxisch belastet	II	belastet	
1:8	2 <sup>-3</sup>	3	mäßig toxisch belastet	III	kritisch	Fall 2
1:16	2 <sup>-4</sup>	4	erhöht toxisch belastet	IV	belastet	
1:32	2 <sup>-5</sup>	5	hoch toxisch belastet	V	gefährlich	Fall 3
≤ (1:64)	≤ 2 <sup>-6</sup>	≥ 6	sehr hoch toxisch belastet	VI	belastet	

Die mit Hilfe der pT-Wert-Methode ermittelten Toxizitätsklassen werden in Bezug auf die Handhabung von Baggergut den Handhabungskategorien „unbedenklich“, „kritisch“ und „gefährlich belastet“ zugeordnet. Der angegebene Farbcode kennzeichnet die ermittelten Handhabungskategorien in Tabellen und graphischen Darstellungen. Gemäß HABAB-WSV (BfG 2000) kann Baggergut bis zur Toxizitätsklasse II uneingeschränkt umgelagert werden. Soll Baggergut der höheren Toxizitätsklassen (Toxizitätsklassen III und IV) umgelagert werden, ist dies über eine Einzelfallentscheidung möglich. Aus ökotoxikologischer Sicht wird empfohlen, Baggergut der beiden höchsten Klassifizierungsstufen (Toxizitätsklassen V und VI) nicht umzulagern.

### 6.4.1 Beschreibung des Ist-Zustands

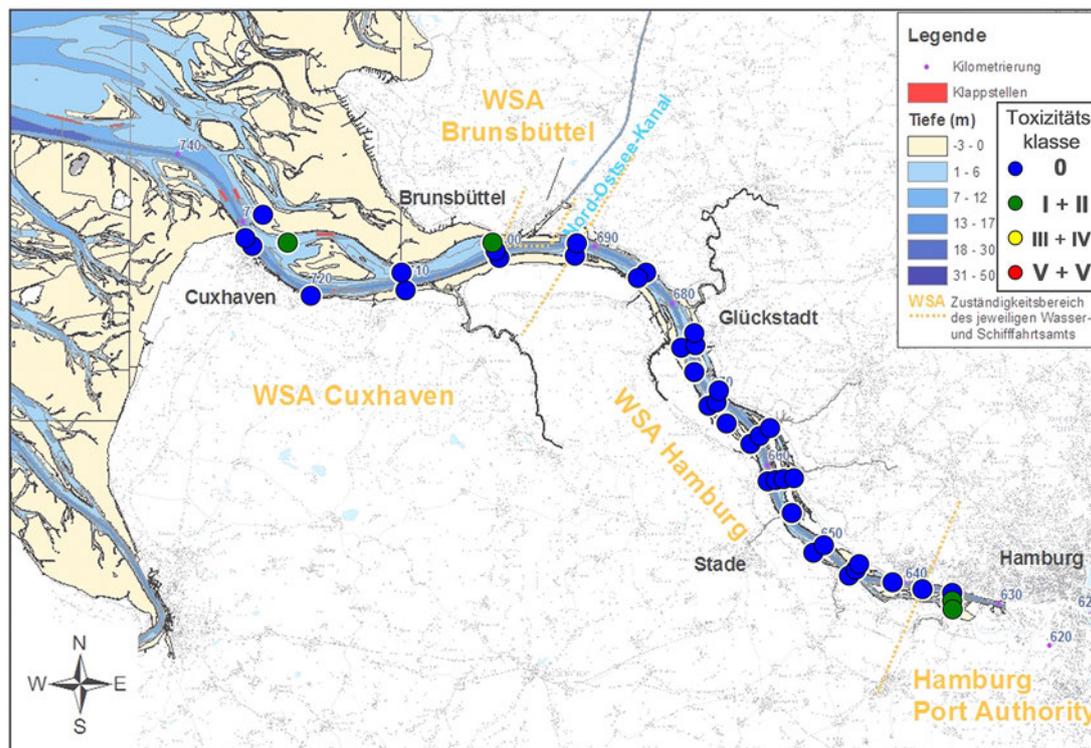
Im folgenden Abschnitt werden zunächst die ökotoxikologischen Ergebnisse der beiden Längsbereisungen der Tideelbe im Jahr 2006 und im Jahr 2011 dargestellt. Mit den Untersuchungen sollten das ökotoxikologische Belastungspotenzial der Tideelbesedimente und ggf. vorhandene Gradienten ermittelt werden. Es ist zu beachten, dass hierbei die Untersuchungen an Probenmaterial erfolgten, das von der Sedimentoberfläche entnommen wurde (bis ca. 20 cm Tiefe). Die Probenahmestellen lagen hauptsächlich in Seitenbereichen der Tideelbe und wurden so gewählt, dass Sedimentationsbereiche mit hohen Feinkornanteilen untersucht wurden. Bereiche mit möglichen kleinräumigen Belastungen sowie Baggerbereiche, Umlagerungsstellen und Hafengebiete wurden bewusst nicht beprobt. Das untersuchte Probenmaterial repräsentiert somit die rezente ökotoxikologische Belastungssituation der Feinsedimente über den Verlauf der Tideelbe, denn insbesondere Feinsedimente können aufgrund der oben dargestellten Zusammenhänge ökotoxikologische Belastungen aufweisen. Die Ergebnisse der Sedimentoberflächenproben der beiden Tideelbebereisungen sind nur eingeschränkt direkt mit den Untersuchungsergebnissen nahegelegener Baggerbereiche zu vergleichen, da bei Probenahmen für Baggergutuntersuchungen die Sedimententnahme in der Regel über die gesamte Schnitttiefe eines Baggerbereiches erfolgt.

#### Tideelbe-Längsbereisung 2006

Über den Längsverlauf der Tideelbe wurden im Jahr 2006 an 39 Entnahmestellen Proben von der Sedimentoberfläche entnommen (siehe Anlagenband). In Abhängigkeit von der Salinität des Porenwassers wurde die limnische oder die marine Biotestpalette eingesetzt. Dementsprechend wurden die Proben des Abschnittes von km 634 bis km 694 mit der limnischen und die Proben von Flusskilometer 694 bis 729 mit der marinen Biotestpalette untersucht.

Eine Übersicht über die Untersuchungsergebnisse der Längsbereisung im Jahr 2006 findet sich für die limnischen Biotests im Anlagenband, die Ergebnisse der marinen Biotests sind in Tabelle 4 aufgeführt. Bis auf wenige Ausnahmen wurden bei den im Jahr 2006 durchgeführten Untersuchungen der Oberflächensedimente keine markanten toxischen Effekte gegenüber den eingesetzten Testsystemen festgestellt. Lediglich in den Proben des Mühlenberger Lochs bei Stromkilometer 634 (Proben-Nr. 061005 und 061060) wurden sehr geringe Effekte gegenüber den Testorganismen festgestellt. Ebenso wurden sehr geringe toxische Wirkeffekte in einer Sedimentprobe bei km 700 (Probe 060955) und einer Probe bei km 722 (Probe 060977) festgestellt. Diese Proben weisen sehr geringe Hemmeffekte auf, die nur knapp über der Signifikanzgrenze des Leuchtbakterientests liegen.

Nahezu alle im Jahr 2006 untersuchten Oberflächensedimente sind somit der Toxizitätsklasse 0 zuzuordnen, für die eine ökotoxikologische Belastung gegenüber den eingesetzten Biotestpaletten nicht nachweisbar ist. In Abbildung 38 sind alle gemäß HABAB-WSV und HABAK-WSV ermittelten Toxizitätsklassen der Tideelbebereisung 2006 zusammenfassend dargestellt.



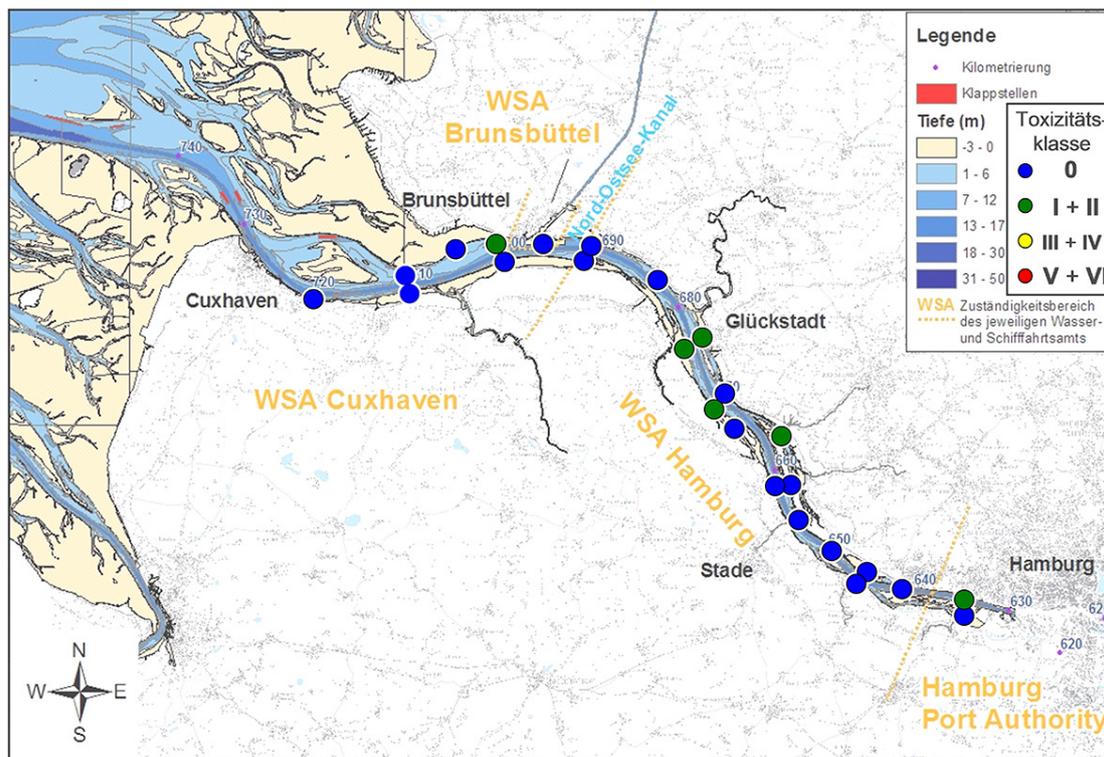
**Abbildung 38: Zusammenfassende Darstellung der ökotoxikologischen Untersuchungen über den Längsverlauf der Tideelbe im Herbst 2006 (Daten: BfG, Karte: WSV, BKG)**  
Die Probenahmepositionen der untersuchten Oberflächensedimente sind entsprechend den festgestellten Toxizitätsklassen farblich markiert.

### Tideelbe-Längsbereisung 2011

Im Jahr 2011 wurden im Zuge der Längsbereisung der Tideelbe Oberflächensedimente von 25 Probenahmestellen ökotoxikologisch untersucht. Die Probenahme der aus der Tideelbe entnommenen Sedimente erfolgte im Mai 2011 mit Unterstützung des WSA Cuxhaven und des WSA Hamburg. Die Auswahl und Festlegung der in 2011 untersuchten Probenahmestellen erfolgte auf Grundlage der für die Systemstudie I durchgeführten Sedimentuntersuchungen des Jahres 2006 (siehe oben). Darüber hinaus erfolgten Probenentnahmen an ausgewählten Untersuchungsstellen der ARGE-Elbe Untersuchungen des Jahres 1999, die ebenfalls in der Systemstudie I kurz angeführt wurden (BfG 2008a). Einzelheiten zu den Entnahmestellen und zur Probenbeschaffenheit sind im Anlagenband angegeben. Aufgrund der Witterungsbedingungen konnten nicht von allen geplanten Positionen Sedimente entnommen werden. Ebenso wie im Jahr 2006 wurden die Proben bis Stromkilometer 692 mit der limnischen Biotestpalette und Proben ab Stromkilometer 694 mit der marinen Biotestpalette untersucht. Die Untersuchungen wurden vom WSV-Rahmenvertragslabor durchgeführt und erfolgten unter Berücksichtigung des BfG-Merkblattes „Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung“ (BfG 2011c).

Die Ergebnisse der limnischen Biotestpalette und der marinen Biotests finden sich einem gesonderten Bericht (BfG in Vorbereitung).

In sechs Sedimenten wurden sehr geringe Belastungen festgestellt (im Grünalgentest und im Leuchtbakterientest). In allen anderen Biotestuntersuchungen konnten keine ökotoxikologischen Wirkeffekte gegenüber den eingesetzten Testsystemen nachgewiesen werden. Die im Jahr 2011 untersuchten Sedimente sind somit den Toxizitätsklassen 0 und I zuzuordnen. In Abbildung 39 sind die ermittelten Toxizitätsklassen der Oberflächensedimente für die Tideelbebereitung 2011 zusammenfassend dargestellt.



**Abbildung 39: Zusammenfassende Darstellung der ökotoxikologischen Untersuchungen über den Längsverlauf der Tideelbe im Frühjahr 2011 (Daten: BfG, Karte: WSV, BKG)**

Die Probenahmepositionen der untersuchten Oberflächensedimente sind entsprechend den festgestellten Toxizitätsklassen farblich markiert.

### Zeitliche Entwicklung der Oberflächensedimente von 2006 bis 2011

Beim Vergleich der ökotoxikologischen Sedimentbelastung der Längsbereisungen in den Jahren 2006 und 2011 sind keine markanten Veränderungen der Belastungssituation festzustellen. Für die beiden Positionen im Mühlenberger Loch und der Position bei km 700, die in der ersten Bereisung in Jahr 2006 bereits sehr geringe Sedimentbelastungen aufwiesen, wurden bei der Wiederholungsuntersuchung in Jahr 2011 erneut sehr geringe Sedimentbelastungen festgestellt. Lediglich im Bereich zwischen Pagensand und Rhinplate wären mit der Erhöhung von Toxizitätsklasse 0 auf Toxizitätsklasse I geringe Veränderungen festzustellen. Allerdings reichen die vorliegenden Untersuchungen nicht aus, um hieraus einen echten Trend abzuleiten - zudem handelt es sich bei den festgestellten Sedimentbelastungen um sehr geringe Wirkeffekte.

## **Zusammenfassung aller ökotoxikologischen Daten zum Ist-Zustand der Tideelbe für die Jahre 2005 bis 2011**

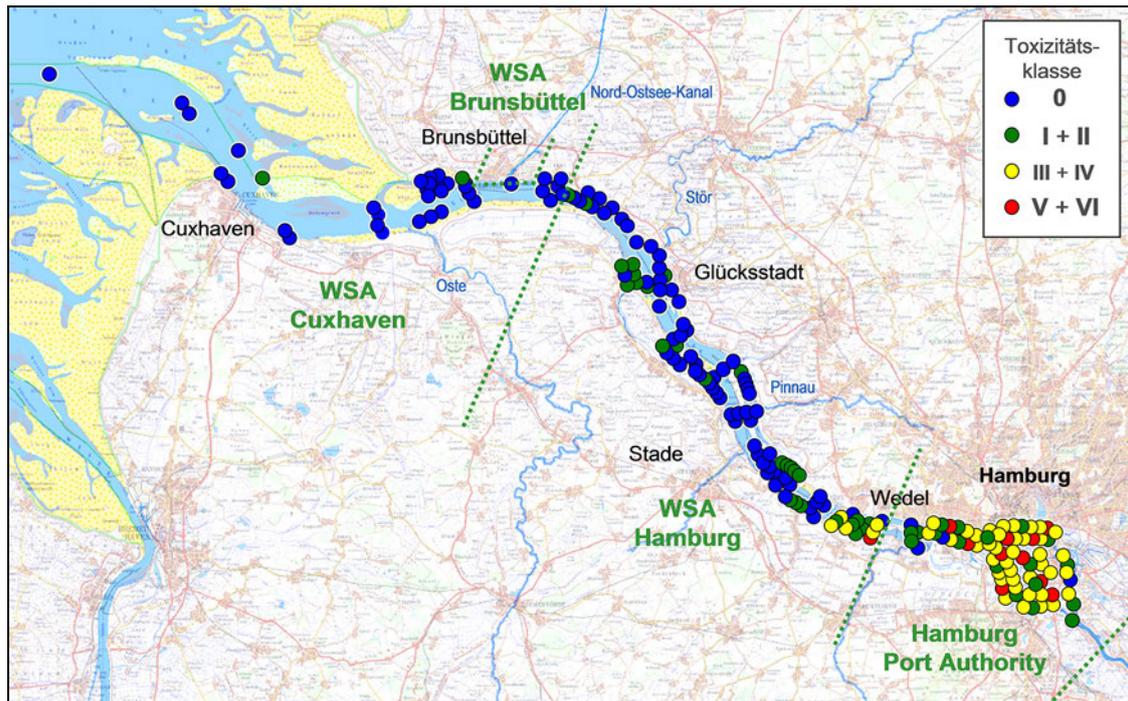
Im folgenden Abschnitt werden alle ökotoxikologischen Untersuchungsergebnisse gemäß HABAB-/GÜBAK-WSV des Bereiches von Hamburg bis Cuxhaven zusammenfassend beschrieben. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse der einzelnen Untersuchungskampagnen und Maßnahmen findet sich in einem gesonderten Bericht (BfG in Vorbereitung).

Neben den zuvor angeführten Untersuchungsergebnissen der Oberflächensedimentproben der beiden Längsbereisungen der Jahre 2006 und 2011 wurden zur Erhebung des ökotoxikologischen Gesamtzustandes des Tideelbebereiches auch die Untersuchungsergebnisse der maßnahmenbezogenen Baggergutuntersuchungen verschiedener Unterhaltungsmaßnahmen aus den Jahren 2005 bis 2011 herangezogen. Im Gegensatz zu den Oberflächenproben der Längsbereisungen umfassen Baggergutuntersuchungen im Regelfall die gesamte Schnitttiefe eines Baggerbereiches. In Tabelle 4 sind die Toxizitätsklassen aller ökotoxikologischen Untersuchungsergebnisse aufgeführt. Abbildung 40 enthält eine schematische Darstellung aller Ergebnisse (Toxizitätsklassen an den Positionen) im Untersuchungsbereich von 2005 bis 2011.

Generell ist eine höhere Belastung der Sedimentproben im inneren Bereich der Tideelbe festgestellt worden, die in Richtung Nordsee abnimmt. Im Bereich von Lühesand hat die ökotoxikologische Belastung der Sedimente soweit abgenommen, dass ab hier in der Regel keine bis sehr geringe ökotoxikologische Belastungspotenziale in den untersuchten Sedimenten festgestellt wurden. Bei vergleichender Betrachtung der ökotoxikologischen Sedimentbelastungen aus den Längsbereisungen in 2006 und 2011 waren keine markanten Veränderungen und Entwicklungen der Belastungssituation zu verzeichnen. Ebenfalls sind keine Trends in der Entwicklung der ökotoxikologischen Belastung frisch abgelagerter Sedimente im Bereich Hamburg zu verzeichnen. Für den Zeitraum von 2005 bis 2011 ist hier weder eine Zunahme noch eine Abnahme in der Sedimentbelastung festzustellen. Wodurch die ökotoxikologischen Wirkeffekte in den untersuchten Sedimentmatrizes hervorgerufen werden, kann methodisch bedingt nicht ermittelt werden, da mit Biotests das gesamte ökotoxikologische Belastungspotenzial einer Probe erfasst wird.

Hinweise zur Herkunft (nicht zur Quelle) der im Bereich Hamburg festgestellten Belastungspotenziale können über die Untersuchungen der Fachaspekte Morphologie/Hydrologie (Sedimentdynamik, Kapitel 6.1) und Schadstoffe (Schadstoffbelastung in Schwebstoffen und Feinsedimenten, Kapitel 6.3) abgeleitet werden. Bei diesen zeigt sich, dass schadstoffbelastete Schwebstoffe und Feinsedimente überwiegend über das Wehr Geesthacht aus der Mittel- und Oberelbe eingetragen werden. In anderen hier nicht dargestellten Untersuchungen der BfG wurden in der Vergangenheit im Bereich der Mittelelbe z. T. auch höhere ökotoxikologische Sedimentbelastungen verzeichnet (Heininger et al. 2003). Als Auslöser der Belastungen konnten bislang jedoch keine speziellen Stoffe oder verursachenden Stoffgruppen ermittelt werden (Schwarzbauer et al. 2009).





**Abbildung 40: Schematische Darstellung der ökotoxikologischen Untersuchungsergebnisse mit den klassischen Biotestsystemen von Oberflächensedimenten und Baggergut der Tideelbe der Jahre 2005 bis 2011 (Daten: BfG, HPA, WSV; Karte: WSV, BKG)**

### Weiterführende ökotoxikologische Sedimentuntersuchungen

In diesem Abschnitt sind die weiterführenden ökotoxikologischen Untersuchungsergebnisse zusammenfassend dargelegt, eine ausführliche Darstellung des Themenbereiches und der mit den unterschiedlichen Methoden ermittelten Ergebnisse findet sich in Anlage 2.

Bereits in der ersten Systemstudie zur Tideelbe wurden z. T. eigene weiterführende Untersuchungen zur Erfassung der Sedimentbelastungen durchgeführt bzw. wurde auf Untersuchungen Dritter verwiesen. Die weiter oben in Kapitel 6.4 angeführten Biotestsysteme dienen neben der Erfassung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials von Baggergut z. B. auch zur Abwasserbewertung, zur Pflanzenschutzmittelbeurteilung und zur Klassifizierung von chemischen Stoffen. Mit den angeführten Testsystemen können akute und zum Teil auch chronische Wirkeffekte gegenüber den Testorganismen ermittelt werden. Für die Baggergutuntersuchungen werden aus Gründen der Praktikabilität Biotestsysteme eingesetzt, die es erlauben kurzfristig Ergebnisse zu liefern. So beträgt hier die maximale Expositionsdauer (Kontaktzeit von Testgut und Testorganismus) 72 Stunden. Sollen geringe Sedimentbelastungen erfasst und unterschieden werden, so können weitergehende Untersuchungen erforderlich sein. Mit zusätzlichen genormten Biotests und nicht normierten Untersuchungsmethoden, die andere Testorganismen weiterer Taxonomieebenen einsetzen oder eine längere Kontaktzeit aufweisen (z. B. 60 Tage), können ergänzende chronische und sub-chronische Belastungen sowie weitere Toxizitätspunkte erfasst werden.

Im Regelfall wird bei Baggermaßnahmen die Unterbringbarkeit des Baggermaterials innerhalb eines Gewässers mit Biotestuntersuchungen ökotoxikologisch bemessen. Zusätzlich zu diesen Untersuchungen mit den klassischen Biotestsystemen wurden die Sedimente der beiden Tideelbe-Längsbereisungen mit weiterführenden ökotoxikologischen Methoden untersucht. Es wurden z. B. Effekte auf Mortalität und Reproduktion von zwei sedimentbewohnenden Vorderkiemerschnecken betrachtet. Bei den Untersuchungen im Jahr 2011 mit der Zwergdeckelschnecke (*Potamopyrgus antipodarum*) sind bei keiner Oberflächensedimentprobe signifikante Mortalitäten aufgetreten, die auf allgemeine akut-toxische Wirkungen schließen lassen. Bei der Prüfung der Sedimente bezüglich Wirkungen auf die Reproduktion war 2011 im Längsverlauf der Tideelbe (km 634 - 716) kein Gradient über den Verlauf der Tideelbe festzustellen. In Übereinstimmung mit den Untersuchungen der Zwergdeckelschnecke wurden auch mit der Netzreusenschnecke (*Nassarius reticulatus*) keine signifikant erhöhten Mortalitäten in den untersuchten Sedimenten ermittelt. Die weiteren Untersuchungen zum androgenen Potenzial der Sedimente ergaben Zustandsklassen von I (kein androgenes Potenzial) bis III (starke androgene Wirkungen). Eine graduelle Entwicklung im Längsverlauf der Tideelbe war nicht festzustellen. Tendenziell haben sich die hier untersuchten Wirkeffekte der Sedimente aus dem Jahr 2011 im Vergleich zu den Untersuchungen im Jahr 1999 verringert. Ebenso wie für die Wirkungsbetrachtungen war für die chemische Belastung in den Dauermessstellen der BfG in der Tideelbe ein Rückgang der Sedimentkonzentrationen für die Organozinnverbindungen zu verzeichnen (BfG 2010).

Des Weiteren erfolgten Untersuchungen mit dem Fischeitest, mit dem neben akut toxischen Wirkeffekten auch fruchtschädigende Belastungspotenziale erfasst werden können. Belastungsunterschiede im Längsverlauf der Tideelbe (km 634 - 716) waren im Jahr 2011 mit dem Fischeitest nicht festzustellen, da in allen Sedimenten gegenüber dem Testorganismus keine toxikologischen Wirkeffekte erfasst wurden.

Stoffbelastungen mit hormonähnlicher Wirkung können mit dem Hefezellen-Östrogentest (Yeast Estrogen Screen, kurz: YES) erfasst werden. Der Test zeigt Stoffbelastungen mit östrogenaktiven Substanzen spezifisch an. Generell wurde 2011 über den Längsverlauf der Tideelbe (km 634 - 716) eine geringe bis mäßige Belastung der Sedimente verzeichnet, bei der tendenziell eine leichte Abnahme in Richtung Nordsee festzustellen war (und leicht höher im Bereich bei Pagensand).

#### **6.4.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie**

Die Unterbringung von Baggergut in ein Gewässer kann in Abhängigkeit von der Belastung des Baggergutes ökotoxikologische Auswirkungen nach sich ziehen. So kann die ökotoxikologische Belastung des unterzubringenden Materials zu adversen Effekten auf Organismen im Bereich der Unterbringungsstelle führen. In Abhängigkeit von der Baggermenge und der Dauer einer Beaufschlagung gilt, dass größere Belastungsunterschiede zwischen dem Baggergut und dem Sediment der Unterbringungsstelle zu stärkeren adversen Effekten im Bereich der Unterbringungsstelle führen. Ebenfalls kann es durch Schadstoffbelastungen des Baggergutes zu einer Schadstoffanreicherung in Biota bzw. zu negativen Beeinträchtigungen der Organismengemeinschaften kommen. Die Erfassung der potenziellen Schadstoffanreiche-

rungen, die in Biota durch Baggergutunterbringungen potenziell hervorgerufen werden können, ist im Elbeästuar aufgrund der hohen Hintergrundbelastungen der Feinsedimente messtechnisch schwierig, insbesondere wenn ein Zusammenhang mit einer möglichen Veränderung im Sedimentmanagement oder mit einer einzelnen Unterbringungsmaßnahme hergestellt werden soll. Unter anderem ist dies in hier vorhandenen höheren Hintergrundbelastungen begründet und darin, dass hier unterschiedlichste Eintragsquellen für Schadstoffe vorliegen und zudem die hydrologischen Verhältnisse hohe Dynamiken aufweisen. Festgestellte Effekte wären somit nicht eindeutig auf einzelne Sedimentmanagementmaßnahmen zurückzuführen.

### **Ökotoxikologisches Belastungspotenzial des Sediments**

Bei der aktuellen Umlagerungsstrategie kann eine Erhöhung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials im Bereich der Unterbringungsstellen durch die Unterbringung von höher belastetem Baggergut in Bereiche mit geringeren Belastungen möglich sein. Dies wäre z. B. bei der Unterbringung des Baggergutes aus dem Bereich der Delegationsstrecke (HPA) in den Bereich „stromauf MaxTrüb“ bei Neßsand anzunehmen, da der Bereich bei Neßsand und Wedel eine leicht geringere ökotoxikologische Belastung aufweist. Es ist jedoch auch zu berücksichtigen, dass durch die räumliche Nähe von Baggerbereich und Unterbringungsstelle unabhängig von Baggergutunterbringungen ein Eintrag von stofflichen und ökotoxikologischen Belastungen mit den vorhandenen Sedimentdynamiken (d. h. durch den „natürlichen“ Transport) in diesen Unterbringungsbereich erfolgt.

Das ökotoxikologische Belastungspotenzial der Sedimente im Baggerbereich Wedel/Juelsand ist etwas höher als das der Sedimente im Bereich MaxTrüb (derzeitig genutzte Unterbringungsstellen im VSB 686/690 bei St. Margarethen). Dies gilt besonders für den Baggerabschnitt bei Wedel, bei dem insbesondere im Bereich des Sedimentfangs regelmäßige toxikologische Belastungen der Sedimente festgestellt wurden. Jedoch werden direkte Auswirkungen aufgrund der im Unterbringungsbereich vorherrschenden hohen Dynamiken und den damit verbundenen Verdriftungen und Verdünnungen als nicht nachweisbar angenommen.

Im Baggergut des Bereichs NOK sind in der Regel keine Toxizitäten nachweisbar (Toxizitätsklasse 0). Eine ökotoxikologische Beeinträchtigung der Unterbringungsstelle bei Elbe-km 700 und umgebender Bereiche durch Baggergut aus dem Bereich NOK ist somit nicht anzunehmen.

Die Sedimente aus dem Bereich Osteriff wiesen in den Untersuchungen der letzten Jahre keine bzw. maximal sehr geringe toxikologische Belastungspotenziale auf. Eine negative Beeinträchtigung der Unterbringungsstelle bei Elbe-km 738 im Bereich stromab MaxTrüb durch das Baggergut aus dem Osteriff ist ebenfalls nicht anzunehmen.

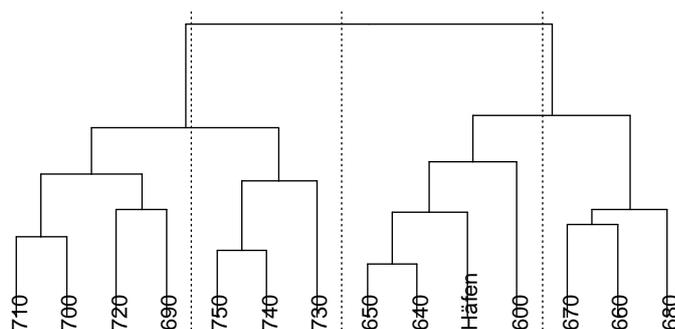
## **6.5 Makrozoobenthos**

Die Besiedlung der Tideelbe durch das Makrozoobenthos hängt in erster Linie vom ästuarinen Salzgehaltsgradienten ab. So ändert sich die Besiedlung von limnischen über brackige zu annähernd marinen Lebensgemeinschaften. Da die Salinitätsverhältnisse nicht nur durch die Tideströmung, sondern auch durch den Oberwasserabfluss und die Windrichtung beein-

flusst werden, ändern sich die Salinitätsbereiche in der Unterelbe ständig (vgl. Bergemann & Stachel 2004, Bergemann 2004). Dieser ständige Wechsel bewirkt in weiten Teilen der Tideelbe die Ausprägung von Lebensgemeinschaften, die sich Salzgehaltsänderungen gegenüber tolerant verhalten. Neben der Salinität spielt der Schwebstoffgehalt des Wassers, die Sedimentbeschaffenheit (Korngröße) und die chemische Belastung der Sedimente eine Rolle für den Zustand der Lebensgemeinschaften (z. B. Borja et al. 2000, Simboura & Reizopoulou 2007, Dauvin et al. 2007, Muxika et al. 2005, Wetzel et al. 2012).

### 6.5.1 Beschreibung des Ist-Zustands

Die Benthosfauna der Tideelbe (von den Hafengebieten im Hamburger Hafen bis zur Elbmündung jenseits Cuxhaven) unterteilt sich in 4 verschiedene Lebensgemeinschaften (siehe Abbildung 41). Lebensgemeinschaft 1 befindet sich im Bereich von km 600 bis km 650 und schließt den Hamburger Hafen mit ein. Lebensgemeinschaft 2 besiedelt den Bereich von km 660 bis km 680, Lebensgemeinschaft 3 den Bereich von km 730 bis km 750 und Lebensgemeinschaft 4 den Bereich von km 690 bis km 720. Eine Liste der in den verschiedenen Lebensgemeinschaften vorkommenden Arten mit ihrer mittleren Abundanz findet sich im Anhang. Im Folgenden werden diese Lebensgemeinschaften kurz vorgestellt.



**Abbildung 41: Clusteranalyse der Benthoslebensgemeinschaften in der Tideelbe**

Hierzu wurden eine Clusteranalyse mit allen Daten (siehe Datengrundlagen in Band 2 - Anlagenband) durchgeführt, wobei die Kilometrierung auf 10-km-Schritte gerundet wurde, um ein übersichtlicheres Bild zu erhalten. Das heißt, dass z. B. der als 680 markierte Bereich alle Benthosproben aus dem Bereich km 675,1 bis km 684,9 repräsentiert usw. Die gepunkteten vertikalen Linien trennen die vier verschiedenen Benthoslebensgemeinschaften.

**Lebensgemeinschaft 1 (km 600 bis km 650):** Diese Lebensgemeinschaft ist vor allem durch einen hohen Anteil an Oligochaeten, die mit 90 % die größte Artengruppe der Benthosfauna bilden, gekennzeichnet. Daneben kommen vor allem Chironomiden mit bis zu 10 % vor (z. B. BFH 2006, 2007, 2010). Die Gesamtartenzahl beträgt in diesem Bereich 128. In einigen Untersuchungen (Krieg 2010a/b, 2011) wurden die Teichmuschel (*Anodonta anatina*) und viele Leerschalen der aufgeblasenen Flussmuschel (*Unio tumidus*) gefunden. Alle einheimischen Großmuschelarten sind besonders geschützte Arten gemäß § 10 (2) Nr. 10 BNatSchG.

**Lebensgemeinschaft 2 (km 660 bis km 680):** Wie im Hamburger Hafengebiet bilden Oligochaeten die dominanteste Gruppe mit relativen Abundanzen von 80 % bis zu über 90 %, wobei sich der Verbreitungsschwerpunkt der meisten Oligochaetenarten in der Fahrrinne befindet (vgl. Wetzel et al. 2012, Krieg 2007). Daneben kommen hier Amphipoden wie *Bathyporeia pilosa* und *Corophium lacustre* vor. Auch bei diesen Arten ist das Hauptverbreitungsgebiet die Fahrrinne (vgl. Wetzel et al. 2012, BfG 2012b, 2013b). An Muscheln kommt in diesem Bereich heute noch die Art *Pisidium moitessierianum* mit einem Mittelwert von 3 Individuen  $0,1 \text{ m}^{-2}$  vor (Wetzel et al. 2012). Die mittlere Gesamtabundanz (Anzahl der Individuen aller Arten) ist mit 414 Individuen  $0,1 \text{ m}^{-2}$  (Fahrrinne) und 563 Individuen  $0,1 \text{ m}^{-2}$  (Randbereich) relativ hoch. Im Ganzen kommen hier 80 verschiedene Benthosarten vor. Bezüglich ihrer Empfindlichkeit gegenüber Sedimentumlagerungen kann davon ausgegangen werden, dass diese limnisch geprägte Lebensgemeinschaft unempfindlicher auf Umlagerungen reagiert als die anderen Lebensgemeinschaften in der Tideelbe. Die meisten Arten (Oligochaeten, Amphipoden) haben ein relativ hohes Reproduktionspotenzial und können in kurzer Zeit viele Nachkommen erzeugen.

**Lebensgemeinschaft 3 (km 690 bis km 710):** Diese Lebensgemeinschaft ist durch den Übergang zwischen Süß- und Salzwasser gekennzeichnet. Hier kommen vor allem die neozoe Polychaetengattung *Marenzelleria* spp., aber auch die Rote-Liste-Art *Boccardiella ligERICA* (RL 2) vor. Beide Arten haben ihr Verbreitungsmaximum vor allem in der Fahrrinne. Die Gesamtartenzahl ist mit 97 Arten höher als im Bereich der Lebensgemeinschaft 2 (80 Arten), wobei die Individuendichten aber deutlich geringer sind als im Bereich der Lebensgemeinschaft 2 (vgl. Wetzel et al. 2012, BfG 2012b, 2013b).

**Lebensgemeinschaft 4 (km 730 bis km 750):** Ab km 730 findet man in der Tideelbe eine stärker marin geprägte Lebensgemeinschaft. Die Benthosfauna in diesem Bereich ist durch 139 Arten charakterisiert. Hartsubstrate wie z. B. Bühnen und Deckwerke werden in diesem Elbabschnitt unter anderem von Hydrozoen und der Miesmuschel (*Mytilus edulis*) besiedelt. Die Besiedlung der in diesem Elbabschnitt häufigen Wattflächen ist abhängig vom Sediment. Schlickwatt wird zur Hauptsache vom räuberisch lebenden Polychaeten *Eteone longa* und vom Schlickkrebs *Corophium volutator* besiedelt. Auf Sandwatt hingegen siedeln vor allem die Polychaeten *Scoloplos armiger*, *Scolecopsis squamata* und *Lanice conchilega*. Hier ist auch die Herzmuschel *Cerastoderma edule* zu finden. *Macoma balthica*, *Pygospio elegans* und *Nephtys hombergi* sind auf allen Watttypen dieses Elbabschnitts zu finden. Unter allen in der Tideelbe nachgewiesenen Arten sind einige in den Roten Listen (Nordheim & Merck 1995, Nordheim et al. 1996) mit einem Gefährdungsstatus versehen. Die Arten mit der höchsten Gefährdungseinstufung sind der Polychaet *Boccardiella ligERICA* (Hauptverbreitungsgebiet ist die Fahrrinne) und die Muschel *Pisidium amnicum* (Hauptvorkommen Randbereich von km 630 bis km 680). Beide gelten als „stark gefährdet“ (RL 2). Die „gefährdete“ Art (RL 3) *Corophium lacustre* kommt vor allem in der Fahrrinne im Bereich km 630 bis km 680 vor. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass die Rote Liste für den Bereich der Deutschen Bucht erstellt wurde und hierbei die Ästuare nicht mit in die Betrachtung einbezogen wurden. Insofern können Arten, die auf der Roten Liste für die Deutsche Bucht aufgeführt sind, sehr wohl auch in Ästuaren häufig vorkommen. Nach BNatSchG besonders und streng geschützte Arten kommen in der Tideelbe nicht vor.

In der Deutschen Bucht an der Unterbringungsstelle E3 befindet sich die sogenannte *Nuculanitidosa*-Gemeinschaft (Rachor 1982). Hierbei handelt es sich um eine im Vergleich zu anderen Artengemeinschaften in der Deutschen Bucht relativ artenarme Biozönose (etwa 160 Arten im Vergleich zu ca. 200 Arten in den umgebenden Gemeinschaften), die aber im Vergleich zu den Benthosgemeinschaften der Tideelbe deutlich artenreicher ist. Hier finden sich auch 9 Rote-Liste-Arten. Die relative Artenarmut der Unterbringungsstelle E3 zeigt sich vor allem durch eine, im Vergleich zu anderen Bereichen der Nordsee, geringe mittlere Abundanz und Artenzahl der Benthosfauna, die dort auch schon vor Beginn der Sedimentumlagerung präsent war. Seit Beginn der Monitoringuntersuchungen (Juli 2005) konnten nur im direkten Unterbringungsgebiet (400x400m-Bereich) Auswirkungen der Unterbringungsaktivität auf die Benthosfauna festgestellt werden. Die Auswirkungen machen sich vor allem durch einen Rückgang in der mittleren Artenzahl und den Rückgang an Rote-Liste-Arten in diesem Gebiet bemerkbar. Über den Bereich der Umlagerungsstelle hinaus waren keine umlagerungsbedingten Effekte auf die Benthosfauna feststellbar (Bioconsult 2012d).

**Umlagerungssensitive Arten:** Sedimentablagerungen auf der Gewässersohle können durch die Umlagerung wie auch Sedimentation suspendierter oder resuspendierter Sedimente entstehen. Der Übergang zwischen den Folgen der umlagerungsbedingten Überdeckung und den allmählichen Überdeckungen als Folge einer erhöhten Sedimentation, die sowohl bagger- wie umlagerungsbedingt sein kann, ist fließend. Die wichtigsten Literaturlauswertungen zu Auswirkungen von Baggergutablagerungen und erhöhter Sedimentation sind die Arbeiten von Bijkerk (1988), Essink (1993, 1996) und Meyer-Nehls (1998). Ablagerungen von Sedimenten können zur direkten Beeinträchtigung der Lebensgemeinschaften auf der Gewässersohle führen. Das Ausmaß ist hierbei abhängig von (1) der Mächtigkeit der abgelagerten Sedimentschicht, (2) der Zusammensetzung des abgelagerten Sediments, (3) der Häufigkeit der Überdeckung, (4) der Jahreszeit und (5) der Zusammensetzung der betroffenen Lebensgemeinschaften.

Wird durch die Ablagerung von Sediment der Stoffaustausch zwischen ursprünglicher Sedimentoberfläche und Wasser unterbunden, kommt es zur Erstickung der benthischen Lebensgemeinschaften, da der Sauerstoffgradient im Porenwasser schon in den ersten Millimetern stark abnimmt und nach wenigen Zentimetern meist nicht mehr nachweisbar ist. Die Fähigkeit der einzelnen Arten, sich durch Freigraben den Kontakt zum darüber liegenden Wasser wiederherzustellen oder verschiedene Überdeckungshöhen zu tolerieren, ist sehr unterschiedlich ausgebildet (Bijkerk 1988, Essink 1993, 1996) und kann von wenigen Millimetern bis zu fast einem Meter reichen, wobei diese Fähigkeit vor allem von der Beweglichkeit und der Toleranz der Tiere gegenüber Sauerstoffmangelsituationen abhängt. Genaue Angaben zu tolerierbaren Überdeckungshöhen sind allerdings nur für einen Bruchteil der in der Tideelbe vorkommenden Tiere verfügbar. Für die im Bereich der Lebensgemeinschaft 4 (km 730 bis km 750) vorkommende Muschel *Ensis sp.* ist z. B. bekannt, dass sie Überdeckungen von bis zu 40 - 50 cm überstehen kann (Bijkerk 1988), während die ebenfalls in Lebensgemeinschaft 4 vorkommende Sandklaffmuschel *Mya arenaria* 4 - 20 cm Übersichtung mit Sediment überstehen kann. Für die in den sandigen Bereichen des Sublittorals von Lebensgemeinschaft 4 vorkommenden Flohkrebsarten der Gattung *Bathyporeia* (hauptsächlich *B. pelagica*, *B. pilosa* und *B. elegans*) sind kritische Überdeckungshöhen von 21 - 50 cm

bekannt. Da für den größten Teil aller Arten in der Tideelbe aber solche Informationen fehlen, muss ein anderer Ansatz verwendet werden, um den Einfluss von umlagerungsbedingter Sedimentabdeckung auf die Lebensgemeinschaften in den verschiedenen Abschnitten grob abzuschätzen: In den Bereichen der Lebensgemeinschaften 2 (km 660 bis km 680) und 3 (km 730 bis km 750) kommen vor allem - abgesehen von künstlichen Hartsubstraten wie Stein-schüttungen und Bühnen - Oligochaeten und Turbellarien vor. Beide Tiergruppen sind typische Vertreter des Sandlückensystems, die aufgrund ihrer geringen Größe und ihrer hohen Reproduktionsleistung Überschüttungen relativ gut tolerieren können oder aber zu einer schnellen Wiederbesiedelung überschütteter Flächen in der Lage sind. Insofern sollte der direkte Einfluss der Sedimentüberdeckungen in diesen Abschnitten der Tideelbe für viele Arten einen relativ geringen Einfluss haben, wenn sich die Sedimentzusammensetzung nicht wesentlich ändert. Ähnliches gilt im Prinzip auch für die Lebensgemeinschaft 4. Allerdings kommen hier auch sogenannte genuine Brackwasserarten häufiger vor, d. h. Arten, die in ihrer Verbreitung auf den Brackwasserbereich beschränkt sind und denen daher ein relativ kleiner Lebensraum zur Verfügung steht. Insofern ist die Beeinflussung der benthischen Lebensgemeinschaften in diesem Abschnitt etwas kritischer zu betrachten als in den Abschnitten der Lebensgemeinschaften 2 und 3. Die Lebensgemeinschaft 4 weist im Vergleich zu den Lebensgemeinschaften 2 und 3 eine deutlich höhere Artenzahl (139 Arten) auf und in diesem Bereich kommen vermehrt sessile Arten vor wie Seepocken und Miesmuschel (*Mytilus edulis*), die schon von geringen Auflagerungen mit Sediment beeinträchtigt werden können. Insofern ist, im Vergleich zu den anderen Abschnitten der Tideelbe, auch in diesem Bereich eine Sedimentablagerung von Baggergut kritischer für die benthische Fauna als in den Bereichen der Lebensgemeinschaften 2 und 3.

Neben der direkten Überdeckung ist auch die Erhöhung der Schwebstoffkonzentration im Wasserkörper für viele Organismen relevant. Von allen Makrozoobenthosgruppen können vor allem die Muscheln als aktive Filtrierer durch die umlagerungsbedingte Schwebstoff-erhöhung im Wasserkörper negativ beeinflusst werden. Die Verteilung der Muscheln im Elbe-Ästuar zeigt zwei Besiedlungsschwerpunkte, einen bei Strom-km 650 und einen weiteren bei km 750 mit relativ kleinen mittleren Abundanzen. Dass Muscheln früher eine wesentlich größere Bedeutung im Elbe-Ästuar hatten, zeigt der historische Vergleich. Sowohl die Süßwasserarten als auch die marinen Arten sind heute stark reduziert (Petermeier & Schöll 1994, Michaelis & Reise 1994). Ende des vorigen Jahrhunderts wurden im Hamburger Stromspaltungsgebiet noch 13 Muschel- und 23 Schneckenarten gefunden; in der Unterelbe jeweils elf bzw. sechs Arten (Petermeier & Schöll 1994). Das Verschwinden dieser Arten wird vor allem auf die Veränderung der Morphologie der Unterelbe und der damit verbundenen Reduzierung von strömungsreduzierten Flachwasserzonen zurückgeführt (IBL & IMS 2007). Daneben spielt wahrscheinlich auch die chemische Belastung der Sedimente eine wichtige Ursache für diese Artenreduktion, so ist der Rückgang der Molluskenfauna wahrscheinlich auch in Verbindungen mit Tributylzinn (Antifoulingmittel) zu sehen (Brumm-Scholz et al. 1994). Gerade im inneren Bereich des Elbe-Ästuars (bis km 665) sind erhöhte Schadstoffbelastungen anzutreffen (vgl. Abbildung 31, Kapitel 6.3.2).

**Zeitliche und räumliche Variabilität der Benthosfauna:** Die Lage des ästuarinen Salinitätsgradienten hängt von der Oberwassermenge ab, so dass in Jahren mit geringem Ober-

wasserabfluss die limnische Zone weiter flussauf endet als in Jahren mit hohem Oberwasserabfluss. Diese jährlich auftretenden Unterschiede können, je nach Salinitätspräferenz der verschiedenen Makrozoobenthostaxa, zu einer unterschiedlichen Ausbreitung der Benthosgemeinschaften führen. Daneben kommt es zusätzlich zu starken, natürlich bedingten Schwankungen der Abundanzen und Artzusammensetzungen (vgl. z. B. Bioconsult 2003a, 2003b, 2004a, 2004b, 2004c, 2004d).

### 6.5.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie

Die Benthosfauna der heutigen Tideelbe ist als verarmt zu bezeichnen. Die Ursache für diesen Zustand ist die starke anthropogene Überformung der Tideelbe seit mehr als 100 Jahren. Es fehlen insbesondere im inneren Teil der Tideelbe (km 640 bis km 670) viele Arten, die noch Mitte des 19. Jahrhunderts zum festen Bestandteil der Benthosfauna gehörten. Alle bisher in der Tideelbe durchgeführten Untersuchungen an den Unterbringungsflächen und angrenzenden Bereichen (z. B. BfG 2006, 2012b, Bioconsult 2004e) haben gezeigt, dass auf den Unterbringungsflächen zwar z. T. Auswirkungen auf die Benthosgemeinschaften (z. B. Rückgang der Artenzahl, Rückgang der Abundanzen, Veränderungen des Artenspektrums), aber vergleichbare Auswirkungen in den angrenzenden Bereichen bisher nicht feststellbar waren. Dieses Ergebnis konnte in den HABAK- (BfG 2006) und GÜBAK-Untersuchungen (BfG 2013b) im Bereich der Unterbringungsflächen in der Tideelbe und auf der Unterbringungsfläche in der Nordsee bei Helgoland (E3; z. B. BfG 2013a) festgestellt werden. Die Umlagerungsfläche E3 wurde seit 2005 untersucht und ist in der Deutschen Bucht die bisher am besten untersuchte Unterbringungsfläche. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden Auswirkungen auf die Benthosfauna nur direkt auf der Unterbringungsfläche (400x400-m-Bereich) festgestellt. Diese Auswirkungen machen sich vor allem durch einen Rückgang in der mittleren Artenzahl und den Rückgang an Rote-Liste-Arten auf der Umlagerungsfläche bemerkbar. Über den Bereich der Unterbringungsstelle hinaus waren bisher keine umlagerungsbedingten Effekte auf die Benthosfauna feststellbar. Entsprechend kann man die Auswirkungen an der Umlagerungsstelle E3 als gering bezeichnen.

## 6.6 Fische

### 6.6.1 Beschreibung des Ist-Zustands

Unter dem Oberbegriff Fischfauna werden nachfolgend auch die Neunaugen (Rundmäuler, Cyclostomata) mit behandelt, welche taxonomisch zwar nicht den Fischen (Pisces) zuzurechnen sind, mit diesen aber in Gestalt und Lebensweise viele Ähnlichkeiten aufweisen. Die Fischfauna der Tideelbe sowie der seewärts anschließenden Gewässerbereiche bis Helgoland wird in der Systemstudie I (BfG 2008a), insbesondere auf Grundlage der Angaben in Haesloop (2004), BfG (2006), BioConsult (2006) und IBL & IMS (2007), ausführlich beschrieben. Änderungen haben sich seitdem hinsichtlich der Gefährdungseinstufung einiger Arten ergeben, da die Liste für die BRD aktualisiert wurde (Freyhof 2009). Neu zu berücksichtigen sind auch Vorkommen des Europäischen Störs (*Acipenser sturio*) aufgrund von Besatzmaßnahmen seit dem Herbst 2008 (Kirschbaum et al. 2009, BMU 2010). Für einzelne weitere Ergänzungen relevante Publikationen und Gutachten befassen sich u. a. mit vergleichenden fischbiologischen Strukturanalysen europäischer Ästuare (Thiel 2011), Fisch-

bestandserhebungen und Bewertungen in Zusammenhang mit der WRRL (IKSE 2008, BioConsult 2009) und der FFH-Richtlinie (BioConsult 2010) sowie mit detaillierten Untersuchungen zur Reproduktion der Fintenpopulation in der Tideelbe (LimnoBios 2009, BioConsult 2012a). Aussagen zu Auswirkungen von Unterbringungen zur Tonne E3 können dem aktuellen Gutachten von BioConsult (2012b) entnommen werden.

Nachfolgend werden Kernaussagen aus der Systemstudie I wiedergegeben und ggf. um Angaben aus der o. a. neueren Literatur/Gutachten ergänzt.

### **Fischfauna der Tideelbe**

Die historischen Referenzfischfaunen der WRRL-Wasserkörper der Tideelbe verzeichnen ein Spektrum von insgesamt 122 Arten (BioConsult 2009, inkl. „mariner Gäste“ nach BioConsult 2006, vgl. auch Anhang 6). Alle Referenzarten können auch derzeit noch in der Tideelbe auftreten, wenn auch z. T. sehr viel seltener als in früheren Zeiten (z. B. diverse Rochenarten aufgrund von Überfischung) oder erst wieder seit wenigen Jahren aufgrund von Besatzmaßnahmen (z. B. Nordseeschnäpel, Lachs, Europäischer Stör). Zusätzlich zu den Arten der Referenzfischfaunen treten mehr oder weniger regelmäßig auch eingeschleppte/ingesetzte gebietsfremde Arten wie Schwarzmaulgrundel und Regenbogenforelle im Gebiet auf.

Die vorkommenden Arten lassen sich gemäß BioConsult (2006 - dort unter Bezug auf die Arbeit von Elliott & Dewailly 1995) verschiedenen, sog. ökologischen Gilden zuordnen:

- > **Süßwasserarten:** prägend im limnischen Ästuarabschnitt; sporadisch bis in das Oligohalinikum vordringend; häufige Vertreter dieser Gilde sind in der Tideelbe Kaulbarsch und Brachsen.
- > **Diadrome Wanderfische:** Wanderungen zwischen Süß- und Salzwasser; z. T. nur bis in den limnischen Abschnitt der Tideelbe (diadrom-ästuarin wie Stint, Finte), z. T. bis über Geesthacht hinaus bzw. bis weit in Zuflüsse der Tideelbe hinein (z. B. Lachs, Meer- und Flussneunauge); diadrome Arten und von diesen insbesondere der Stint (n. Arbeitsgruppe Elbeästuar (2012) Schlüsselart für den Biomassehaushalt und die Nahrungskette des FFH-Lebensraumtyps 1130 Ästuarien) dominieren die Fischgemeinschaften der Tideelbe.
- > **Ästuarine Arten:** Anpassung an unterschiedliche und schwankende Salzgehalte; häufigste Vertreter sind Kleine Seenadel, Strandgrundel und Flunder.
- > **Marin-juvenil:** Arten, die den Bereich des Übergangsgewässers zum Heranwachsen nutzen; häufigste Vertreter sind Hering und Wittling.
- > **Marin-saisonal:** saisonale Nutzung des Übergangsgewässers durch adulte Fische als Rückzugs- und Nahrungsgebiet, z. B. Sprotte und Fünfbärtelige Seequappe
- > **Marine Arten:** Arten, die nur sporadisch als „Gäste“ im Ästuar auftreten; z. B. Makrele

Die Verbreitung der Arten bzw. der o. a. Gilden im Längsverlauf des Ästuars wird im Wesentlichen durch den Salzgehalt bestimmt. Weitere wichtige Einflussfaktoren sind das Nahrungsangebot, die Sauerstoffverhältnisse sowie saisonale bzw. temperaturabhängige Aspekte (z. B. Laichwanderungen) (Thiel 2011). Dementsprechend können im Längsverlauf

der Tideelbe unterschiedliche Lebensräume mit unterschiedlichen Artengemeinschaften und fischökologischen Funktionen unterschieden werden. Dies spiegelt sich auch in den fischökologischen Beiträgen für die Wasserrahmenrichtlinie (BioConsult 2009) und für die integrierte Bewirtschaftungsplanung (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012) wider, in denen unterschiedliche (Teil-) Lebensräume im Längsverlauf der Tideelbe beschrieben und bewertet werden.

**Geesthacht bis Mühlenberger Loch** (*km 585,9 - 634,0, Typ 20 „Sandgeprägter Strom des Tieflandes“ mit den Wasserkörpern Elbe (Ost) und Hafen, IBP-Funktionsräume 1 und 2*)  
Fischzönotisch ist dieser limnische Bereich der Tideelbe der sog. Brassenregion zuzuordnen. Süßwasserfische wie Brassen sind dort schwerpunktmäßig verbreitet. Zusätzlich erreichen verschiedene diadrome Arten wie Stint und Flunder dort große Häufigkeiten. Von den Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie nutzen Meer- und Flussneunauge sowie Lachs und Schnäpel diesen Elbeabschnitt als Wanderkorridor, während der Rapfenbestand der Tideelbe sich dort reproduziert (größere Vorkommen dieser Art existieren in der Mittelelbe). Die FFH-Art Finte nutzt diesen Elbeabschnitt z. T. als Laich- und Aufwuchsgebiet. Das Hauptproduktionsgebiet dieser Art ist allerdings weiter stromab lokalisiert. Bei Sauerstoffmangelsituationen stromab von Hamburg kann der Elbeabschnitt zwischen Hamburg und Geesthacht mit seinen zumeist deutlich höheren Sauerstoffgehalten als Rückzugsgebiet für Fische dienen. Das „Fischökologische Potenzial“ gemäß WRRL wird für den Wasserkörper Elbe (Ost) als „gut“ und für den Wasserkörper Hafen als „mäßig“ angegeben (IKSE 2008).

**Este- bis Schwingemündung** (*km 634,0 - 654,9, Typ 22.3 „Marschengewässer“, entsprechend dem Wasserkörper Elbe (West) und weitgehend auch IBP-Funktionsraum 3*)  
Dieser noch limnisch bis oligohalin geprägte Elbeabschnitt wird fischzönotisch der Oberen Flunder-/Kaulbarschregion zugeordnet. Er ist ganzjährig der Lebensraum von Süßwasserfischen, darunter die FFH-Art Rapfen (Hauptproduktionsgebiet im stromauf liegenden Elbeabschnitt bis Geesthacht, s. o.). Für ästuarin-diadrome Arten ist er im Frühjahr (etwa ab April) und Sommer das Hauptlaich- und Aufwuchsgebiet. Zu nennen sind die FFH-Art Finte und der Stint, der aufgrund seiner großen Häufigkeit in der Tideelbe eine Schlüsselart im Nahrungsnetz ist. Ferner nutzt die Flunder (häufigste am Boden anzutreffende Fischart der Tideelbe) vorrangig diesen Bereich als Aufwuchsgebiet. Die Laich- und Aufwuchsgebiete konzentrieren sich insbesondere in Nebenelben und Flachwasserzonen des Südufers. Für diadrome Arten mit Laichplätzen stromauf der Tideelbe (darunter FFH-Arten: Meer- und Flussneunauge, Lachs, Schnäpel) ist dieser Elbeabschnitt Wanderkorridor bei den i. d. R. (Ausnahme: Aal) stromauf gerichteten Laichwanderungen sowie den stromab gerichteten Wanderungen der Jungtiere. Überwiegend im Sommer kann die Funktion als Aufwuchsgebiet sowie als Wanderkorridor durch geringe Sauerstoffgehalte beeinträchtigt werden. Als besonders „fischkritisch“ (Gefahr von Fischsterben) gelten Sauerstoffgehalte von weniger als 3 mg O<sub>2</sub>/l (ARGE Elbe 2004). Für ein normales Verhalten und Wachstum werden jedoch deutlich höhere Sauerstoffgehalte, für die meisten Arten ab etwa 5 mg O<sub>2</sub>/l (BfG 2008b) benötigt. Der Integrierte Bewirtschaftungsplan (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012) nennt als allgemeinen Zielwert 6 mg O<sub>2</sub>/l. Weitere Beeinträchtigungen des Wasserkörpers Elbe West resultieren aus dem Verlust von Laich- und Aufwuchsgebieten in Flachwasserzonen durch

Sedimentation/Verlandung. Dennoch wird das fischökologische Potenzial nach Wasserrahmenrichtlinie derzeit mit „gut“ angegeben (IKSE 2008).

**Schwingemündung bis Cuxhaven** (km 654,9 - 727,7, T 1 „Übergangsgewässer“ mit dem Wasserkörper Elbe (Übergangsgewässer), IBP-Funktionsräume 4, 5 und 6)

In diesem oligo- bis polyhalinen Bereich der Unteren Flunder-/Kaulbarschregion werden Süßwasserfische seltener. Dominant sind diadrom-ästuarine und ästuarine Arten, die an wechselnde Salzgehalte angepasst sind (z. B. Stint und Flunder). Saisonal häufig kommen auch verschiedene marine Arten vor (z. B. Hering). Die Bedeutung als Laichgebiet für Finte und Stint ist geringer als die des Funktionsraumes 3 (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012). Die Sauerstoffgehalte sind in diesem Abschnitt i. d. R. so hoch, dass sie nicht beeinträchtigend auf Fische einwirken. Durch Sedimentation sind z. T. Flachwassergebiete und Nebenelben in ihrer Funktion als Aufwuchs- und Nahrungsgebiet für Fische gefährdet. Dieser Elbeabschnitt dient auch als Adaptations- und Sammelraum für diadrome Wanderfische, u. a. für die FFH-Arten Meerneunauge, Flussneunauge, Lachs und Schnäpel. Die Tiere halten sich vermutlich längere Zeit im Übergangsgewässer auf, um sich an zu- bzw. abnehmende Salzgehalte (je nach Wanderrichtung) physiologisch anzupassen. Das fischökologische Potenzial nach Wasserrahmenrichtlinie wird für das Übergangsgewässer Elbe mit „mäßig“ angegeben (IKSE 2008).

#### **Cuxhaven (km 727,7) bis Küstengewässergrenze nach WRRL**

Dieser Gewässerbereich ist durch eine an polyhaline Verhältnisse (18 - 30 PSU) sowie generell an die Umweltbedingungen von Küstengewässern und Wattenmeer angepasste Fischzönose charakterisiert. Süßwasserarten fehlen vollständig. Ästuarine und diadrome Arten sind seltener als stromauf von Cuxhaven; lediglich der Stint kann noch häufig angetroffen werden. Es dominieren marine Arten, welche das Wattenmeer saisonal (Sommerhalbjahr) als Aufwuchsgebiet (z. B. Scholle, Hering, Sprotte) und Nahrungsgebiet (z. B. Wittling) nutzen. Standfische wie Aalmutter und Butterfisch kommen seltener, aber auch im Winterhalbjahr vor (Behrends et al. 2004). An Nahrungsorganismen gewinnen im oder auf dem Boden siedelnde große Arten wie Muscheln und Garnelen zunehmend an Bedeutung (Behrends et al. 2004). In den Küstengewässern erfolgt im Rahmen der Anwendung der Wasserrahmenrichtlinie keine Bewertung der Qualitätskomponente Fischfauna.

#### **Küstenmeer jenseits der 1-Seemeilen-Grenze**

Eine detaillierte Beschreibung der Fischgemeinschaft des Küstenmeeres, basierend auf einer Literaturobachtung und mehrjährigen Befischungen im Bereich der Tonne E3 sowie ihrer Umgebung, findet sich in BioConsult (2012b, S. 111 f.). Danach sind Faktoren, welche die Fischgemeinschaften strukturieren, u. a. die Wassertiefe und die Entfernung zur Küste sowie für die benthischen (= am Boden lebenden) Arten die Sedimentverhältnisse. Aufgrund der Mobilität der Fische lassen sich unterschiedliche Fischgemeinschaften in der Deutschen Bucht allerdings nur sehr bedingt voneinander abgrenzen. Eine Ausnahme stellen Arten mit sehr ausgeprägten Sedimentpräferenzen dar, z. B. die Viperqueise mit Schwerpunktverhalten über Sand.

Insgesamt dominieren marine Arten, die auch geringere Wassertiefen (im Vergleich zu anderen Bereichen der Nordsee) tolerieren. Diadrome Arten sind weiträumig, aber in geringen Dichten verbreitet (Ausnahme: Flunder mit regional und saisonal häufigem Auftreten).

Charakteristische und häufige benthische Arten sind u. a. Plattfische wie Kliesche und Scholle, dorschartige Fische wie der Wittling und verschiedene Kleinfische wie Steinpicker und Sandgrundel (BioConsult 2012b). Im Freiwasser dominieren Heringsartige (Hering, Sprotte) und Makrelenartige (Makrele, Stöcker) (Ehrich et al. 2006).

### **Gefährdete und geschützte Fisch- und Neunaugenarten**

Zweiundfünfzig Arten bzw. rund 43 % der in der Tideelbe vorkommenden 122 Fisch- und Neunaugenarten sind in den Roten Listen der angrenzenden Bundesländer und/oder der BRD einer Gefährdungskategorie zugeordnet und/oder als europäische Arten gemeinschaftlichen Interesses gemäß FFH-Richtlinie eingestuft (siehe Anhang 6).

Relevant sind insbesondere Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie, die in den FFH-Gebieten der Tideelbe geschützt werden sollen (Finte, Lachs, Flussneunauge, Meerneunauge, Rapfen) oder im Rahmen von Wiederansiedlungsprojekten wieder heimisch gemacht werden (Europäischer Stör, Schnäpel). Diese Arten zählen - bis auf den auf das Süßwasser beschränkten Rapfen - zur Gilde der diadromen Arten und lassen sich im Einzelnen folgendermaßen charakterisieren:

Für die **Finte** (*Alosa fallax*) findet sich eines der europaweit wichtigsten Reproduktionsgebiete in der Tideelbe. Die derzeit wichtigsten Laichplätze befinden sich nach Integriertem Bewirtschaftungsplan (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012) zwischen Este- und Schwingemündung (= Funktionsraum 3 bzw. Wasserkörper Elbe West) (Laichgebiet von > 90 % des Bestandes) und dort insbesondere im Bereich von Hahnöfer Nebelbe und Mühlenberger Loch. Nach BioConsult (2012a) werden hohe Ei- und Larvendichten auch noch in den an Funktionsraum 3 angrenzenden Abschnitten des Funktionsraumes 4 angetroffen. Die Eier werden etwa im Zeitraum Anfang Mai bis Mitte Juni in das freie Wasser abgegeben und driften - ebenso wie die nach wenigen Tagen schlüpfenden Larven - mit den Tideströmungen. Die Jungfische halten sich noch einige Monate im Ästuar auf, wo sie sich überwiegend von Zooplankton (überwiegend kleine Krebstiere) ernähren. Nach Überwinterung in Küstengewässern kehrt ein Teil der Jungfische dann nochmals für einige Monate in ästuarine Lebensräume zurück, bevor diese für mehrere Jahre bis zum Erlangen der Geschlechtsreife nicht mehr aufgesucht werden (Steinmann & Bless 2004). Ältere Jungfische und Adulte halten sich - im Gegensatz zu vielen anderen Fischarten - überwiegend im tiefen Wasser des Hauptstroms auf (Thiel et al. 1996).

Der allgemeine Erhaltungszustand der Finte in der Tideelbe wird nach Arbeitsgruppe Elbeästuar (2012) für Hamburg und Schleswig-Holstein mit B (gut) und für Niedersachsen mit C (mittel bis schlecht) angegeben, während nach BioConsult (2010) in der gesamten Tideelbe von einem mittleren bis schlechten Erhaltungszustand (C) auszugehen ist, weil die Bestandsgröße deutlich unter Referenzwerten liegt und seit 2000 kein deutlicher Bestandszuwachs nachgewiesen wurde. Eine kürzlich publizierte Analyse von Daten der Jahre 2009 - 2010 im Vergleich zu Daten aus den Jahren 1992 - 1993 konnte jetzt aber zeigen, dass zwischen

diesen beiden Perioden eine deutliche Bestandszunahme stattgefunden hat (Magath & Thiel 2013).

Sowohl HPA als auch die WSV haben Maßnahmen ergriffen, die (u. a.) den Schutz des Fintenbestandes zum Ziel haben. So beschränkt das hamburgische Handlungskonzept zur Baggergutumlagerung vom Hafen in die Stromelbe bei Neßsand diese Aktivitäten auf den Zeitraum von November bis März (HPA & BSU 2012). Dadurch werden Störungen während der Laichzeit vermieden. Im Rahmen der geplanten Fahrrinnenanpassung wird die WSV verpflichtet, Unterhaltungsbaggerungen im Hauptlaichgebiet der Finte (Mühlenberger Loch bis Schwingemündung) im Zeitraum vom 15. April bis 30. Juni nur dann durchzuführen, wenn kein Laichgeschehen stattfindet (vgl. auch Kapitel 2.4). Um die Verteilung der Finteneier- und -larven bereits im Vorfeld der Fahrrinnenanpassung sowie im Hinblick auf eine Optimierung des Sedimentmanagements detailliert zu erfassen, werden im Auftrag der WSV seit 2011 umfangreiche Untersuchungen zur räumlich-zeitlichen Verteilung der Eier und Larven durchgeführt (BioConsult 2012a).

Der **Lachs** (*Salmo salar*) war bzw. ist als ursprünglicher Stamm des Elblachses im Elbegebiet ausgestorben (Haesloop 2004). Seit den 1990er Jahren werden Lachse insbesondere in sächsischen Elbezuflüssen sowie in Zuflüssen der Tideelbe (z. B. Oste) durch das Einsetzen von Lachsbrut wieder angesiedelt. Aufgrund von Verbesserungen der Wasserqualität und der Gewässerdurchgängigkeit (z. B. Eröffnung der neuen Fischaufstiegsanlage Südufer Geesthacht 1998 und Nordufer 2010) zeigen die Bemühungen zur Wiederansiedlung erste Erfolge, d. h. Laichfische kehren aus dem Meer zurück und reproduzieren sich bereits in einigen Gewässerstrecken erfolgreich.

Die Tideelbe hat für den Lachs eine Funktion als Wanderkorridor. Der Laichaufstieg der Adulten kann zu jeder Jahreszeit stattfinden, was auch die bisher am Fischpass Geesthacht erzielten Fänge von Lachsen belegen (Schubert 2005). Die in kleinen Schwärmen zum Meer ziehenden Jungtiere (Smolts) sind in den Monaten März bis Juni zu erwarten. Im Übergangsgewässer halten sich die auf- und abwärts wandernden Tiere wahrscheinlich längere Zeit auf, um sich an die geänderten Salzgehalte anzupassen (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012).

Der allgemeine Erhaltungszustand des Lachses in der Tideelbe wird nach Arbeitsgruppe Elbeästuar (2012) für Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein mit C (mittel bis schlecht) angegeben. Der Bestand ist nach wie vor von Besatzmaßnahmen abhängig. Zur nachhaltigen Bestandssicherung sind noch weitere Verbesserungen der Gewässerdurchgängigkeit und der Qualität von Laichplätzen im gesamten Elbeeinzugsgebiet erforderlich.

Die Beschränkung der Baggergutumlagerung vom Hamburger Hafen in die Stromelbe bei Neßsand auf die Wintermonate (HPA & BSU 2012) kommt auch den wandernden Lachsen zugute, indem umlagerungsbedingte Störungen während der Monate mit geringen Sauerstoffgehalten entfallen.

Für **Flussneunaugen** (*Lampetra fluviatilis*) sind die Tideelbe und die vorgelagerten Küstengewässer Nahrungsgebiet und Wanderkorridor (Thiel & Salewski 2003). Im Übergangs-

gewässer halten sich die auf- und abwärts wandernden Tiere wahrscheinlich längere Zeit auf, um sich an die geänderten Salzgehaltskonzentrationen anzupassen (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012). Flussneunaugen wandern im Winterhalbjahr zum Laichen flussaufwärts. Anschließend sterben die Laichtiere. Die Abwanderung der heranwachsenden Jungtiere zum Meer erfolgt im Spätsommer und Herbst (Steinmann & Bless 2004).

Nach verschiedenen Untersuchungen mittels Hamennetzen (Thiel & Salewski 2003) sowie Kontrollreusen in der Fischeaufstiegsanlage Geesthacht (Schubert 2005, Adam et al. 2012) ist derzeit von einem Bestand von mehreren 10.000 adulten Individuen auszugehen. Damit ist die Tideelbe einschließlich vorgelagerter Küstengewässer als ein Verbreitungsschwerpunkt der Art innerhalb Europas anzusehen.

Der allgemeine Erhaltungszustand in der Tideelbe wird nach Arbeitsgruppe Elbeästuar (2012) von Hamburg und Schleswig-Holstein mit B (gut) und von Niedersachsen mit C (mittel bis schlecht) angegeben.

Die Beschränkung der Baggergutumlagerung aus dem Hamburger Hafen auf die Wintermonate schützt insbesondere die im Spätsommer/Herbst abwandernden Jungtiere, welche allerdings weniger empfindlich gegenüber geringen Sauerstoffgehalten sind als beispielsweise Lachse.

Das **Meerneunauge** (*Petromyzon marinus*) nutzt die Tideelbe im Wesentlichen als Wanderkorridor. Die geschlechtsreif werdenden Tiere wandern im Frühjahr (insbesondere Mai bis Anfang Juni nach Hardisty 1986) zum Laichen durch Ästuare und weiter flussaufwärts zu geeigneten Laichplätzen im Süßwasser. Die Elterntiere sterben nach der Eiablage. Die meerrwärts gerichtete Abwanderung der Jungtiere findet im Winterhalbjahr statt (Hardisty 1986). Im Übergangsgewässer halten sich die auf- und abwärts wandernden Tiere wahrscheinlich längere Zeit auf, um sich an die geänderten Salzgehalte anzupassen (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012). Seit etwa 1995 hat das Meerneunauge in der Tideelbe nach Meyer & Beyer (2002) deutlich zugenommen, da etwa ab diesem Jahr „zur Hauptaufstiegszeit an günstigen Fangplätzen stromauf Hamburgs z. T. mehr als hundert Meerneunaugen pro Nacht in den Aalreusen der Berufsfischer gefangen werden.“ Die letzten verfügbaren Fangzahlen der Fischeaufstiegsanlagen Geesthacht (am Südufer Umgehungsgerinne seit 1998, zusätzlich am Nordufer Doppelschlitzpass seit August 2010) geben für 2009 die Passage von 25, für 2010 von 26, für 2011 von 186 und für 2012 von 214 Meerneunaugen an (Hufgard et al. 2013).

Der allgemeine Erhaltungszustand in der Tideelbe wird nach Arbeitsgruppe Elbeästuar (2012) von Hamburg und Schleswig-Holstein mit B (gut) und von Niedersachsen mit C (mittel bis schlecht) angegeben.

Die Beschränkungen der Baggergutumlagerung aus den Hamburger Häfen in die Stromelbe schützen insbesondere die aufwärts wandernden Laichtiere.

Der **Europäische Stör** (*Acipenser sturio*) ist - ebenso wie der nachfolgend beschriebene Schnäpel - eine sogenannte prioritäre Art des Anhangs II der FFH-Richtlinie. Er war bis zum

Beginn des 20. Jahrhunderts ein häufiger Bewohner der Elbe, starb dann aber - im Wesentlichen aufgrund übermäßiger Befischung - aus (Steinmann & Bless 2004). Seit dem Jahr 2008 finden im Rahmen eines „Nationalen Aktionsplans zum Schutz und zur Erhaltung des Europäischen Störs“ (Geßner et al. 2010) Besatzmaßnahmen mit Nachkommen von Tieren der letzten existenten Population aus der Gironde/Frankreich statt (Informationen der Gesellschaft zur Rettung des Störs e. V., eingesehen unter <http://www.sturgeon.de> am 10.07.2013).

Europäische Störe leben überwiegend in küstennahen Meeresgebieten, wo sie mit ihrem rüsselartig vorstülpbaren Maul Bodennahrung (Wirbellose und Bodenfische) aufnehmen. Zum Laichen steigen die Tiere ab Ende April in Flussunterläufe und in geringerer Zahl auch weiter in Flüsse auf. Die Eiablage findet etwa von Mai bis Juli statt (Steinmann & Bless 2004). Als Laichplätze im Bereich der Tideelbe galten Kuhlen inmitten des Flussbettes, z. B. die Brockdorfer Kuhlen stromab der Störmündung sowie Vertiefungen in Süderelbe, Köhlbrand und unterer Oste (Mohr 1952). Die nach wenigen Tagen schlüpfenden Larven und die Jungfische halten sich noch mehrere Jahre im Fluss bzw. insbesondere im Ästuar auf, bevor sie ins Meer abwandern. Im Ästuar besiedeln die Jungfische oligo- bis polyhaline Abschnitte. Bevorzugte Habitate innerhalb des Ästuars sind durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten, ein reiches Nahrungsangebot (insbesondere Würmer wie *Polydora sp.* und *Heteromastis fiffiformis*) und größere Wassertiefen bzw. eine uferferne Lage gekennzeichnet (Brosse 2003).

Ein Erhaltungszustand wird für Störe der Elbe derzeit nicht angegeben.

Der **Schnäpel** (*Coregonus maraena*, anadrome Nordseeform) ist neben dem Stör die zweite prioritäre Art des Anhangs II der FFH-Richtlinie. In der Elbe waren bis in das frühe 20. Jahrhundert hinein große, für die Flussfischerei wirtschaftlich bedeutende Schnäpelbestände vorhanden (Kammerad 2001a). Durch Buhnenbau und den damit verbundenen Verlust der Hauptlaichplätze (große Sandbänke in der Mittelelbe) gingen die Bestände bereits im 19. Jahrhundert stark zurück. Die Restbestände verschwanden bis Ende der 1930er Jahre aufgrund zunehmender Wasserverschmutzung, welche die sehr sauerstoffbedürftigen Eier in ihrer Entwicklung beeinträchtigte (Kammerad 2001b). Ausgehend von Nachzuchten eines letzten Restbestandes aus Dänemark werden in niedersächsische Elbezuflüsse seit 1997 und in die Mittelelbe seit 2000 Satzfische eingebracht (Jäger-Kleinicke 2003). In der Folge werden Schnäpel in der Tideelbe sowie in den Fischaufstiegsanlagen Geesthacht wieder vereinzelt nachgewiesen (z. B. Hufgard et al. 2013). Es gibt auch Hinweise auf eine Reproduktion in der limnischen Tideelbe (BioConsult 2010).

Die Fische besiedeln die äußeren Ästuarbereiche und das Wattenmeer, wo sie sich u. a. von Fischen und Bodennahrung (z. B. Muscheln) ernähren (Jäger-Kleinicke 2003). Die Laichwanderung setzt im Herbst ein und führt die Tiere zu überströmten Sand- und Kiesbänken in den limnischen Unter- und Mittelläufen der Flüsse. Die Hauptlaichzeit erstreckt sich von Ende November bis Ende Dezember (Steinmann & Bless 2004). Die von Ende Februar bis Ende März schlüpfenden Larven driften mehr oder weniger schnell flussabwärts, zum Teil verbleiben sie noch bis zum Hochsommer im Süßwasser (Jäger-Kleinicke 2003). Bislang wird der Bestand des Schnäpels in der Elbe von allen Bundesländern als nicht signifikant (D) eingestuft.

Der **Rapfen** (*Aspius aspius*) ist ein räuberischer, d. h. von anderen Fischen lebender Süßwasserfisch. Laichplätze befinden sich an überströmten Kiesbänken. Die Larven und Jungfische werden in ruhigere Bereiche (z. B. Hafenbecken) verdriftet oder suchen diese gezielt auf. Später werden bevorzugt Freiwasserbereiche in großen Flüssen und Strömen besiedelt (Steinmann & Bless 2004). Die Art ist in allen großen Flusssystemen Deutschlands verbreitet, wobei die mittlerweile sehr großen Bestände westlich der Weser vermutlich durch Fischbesatz begründet worden sind (Burgun 2005). Die Elbe und einige ihrer großen Zuflüsse werden als Hauptverbreitungsgebiet innerhalb Deutschlands angesehen (Steinmann & Bless 2004).

In der Tideelbe kommen größere reproduzierende Rapfenbestände vor (IBL & IMS 2007). Jungfische können in verschiedenen strömungsberuhigten Randbereichen regelmäßig nachgewiesen werden (Jankowski 2001). In jüngerer Zeit gelangen auch mehrere Nachweise larvaler und juveniler Rapfen in Mühlenberger Loch und Hahnöfer Nebelbe (Limnobios 2011). Zum Schutz des Rapfens hat Hamburg im Jahr 2006 die Stromelbe zwischen Mühlenberger Loch und Landesgrenze bei Wedel als FFH-Gebiet ausgewiesen. Der Erhaltungszustand des Rapfens in der (limnischen) Tideelbe wird von allen drei Bundesländern als gut (B) eingestuft (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012).

## 6.6.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie

Bei Baggergutumlagerungen können folgende wesentliche Effekte auftreten (z. B. Meyer-Nehls 1998, BfG 2008a):

- > direkte Verluste von Tieren durch das Einsaugen beim Hopperbaggereinsatz oder durch Überdeckung an Unterbringungsstellen
- > Störungen/Vergrämung (z. B. mit der Folge der Beeinträchtigung wandernder Neunaugen und Fische),
- > Reduzierung und Veränderung des Nahrungsangebotes an der Flusssohle,
- > Freisetzung von Schadstoffen, sauerstoffzehrenden Substanzen und Nährstoffen mit der Folge von Fischschäden oder Veränderungen des Nahrungsangebotes.
- > Schäden durch freigesetzte Schwebstoffe (z. B. Zusetzen der Kiemen mit Schwebstoffen mit der Folge eingeschränkter Sauerstoffaufnahme; geringere Effizienz der Nahrungsaufnahme)

Direkte Verluste betreffen insbesondere kleine, zu aktiver Flucht nur begrenzt fähige Jung- und Kleinfische wie z. B. junge Flundern. Sehr wahrscheinlich sind beim bisherigen Umfang der Umlagerungen nur Einzeltiere betroffen, d. h. Auswirkungen auf Bestandsgrößen oder Erhaltungszustände von Arten sind durch diese direkten Verluste nicht zu befürchten.

In nur begrenztem Umfang ist auch mit Störungen bzw. vorübergehenden Vergrämungen von Neunaugen und Fischen durch den Baggerbetrieb und die Umlagerungen zu rechnen. Das Ausmaß der Beeinträchtigungen ist sehr wahrscheinlich gering, da genügend Ausweichmöglichkeiten und auch Ausweichzeiten, in denen nicht gebaggert wird (z. B. nachts), zur Verfügung stehen. Dies gilt nicht oder nur eingeschränkt für Bereiche und Zeiten, in denen geringe Sauerstoffgehalte vorliegen, weil Fische dann besonders empfindlich auf zusätzliche Störungen reagieren, z. B. Wanderungen eher abbrechen. Durch zeitliche Beschränkungen von

Umlagerungsaktivitäten auf die Wintermonate werden Störungen der Fische in sauerstoffkritischen Bereichen derzeit aber weitgehend vermieden (HPA & BSU 2012).

Die Reduzierung oder Veränderung des Nahrungsangebotes an der Flusssohle im Bereich von Bagger- und Unterbringungsstellen sowie die Freisetzung von Schad- und Nährstoffen und sauerstoffzehrenden Substanzen sind nach derzeitigem Kenntnisstand in der Tideelbe ohne oder von nur sehr geringer Bedeutung (vgl. BfG 2008a).

Die an Bagger- und Unterbringungsstellen kurzzeitig erhöhten Schwebstoffkonzentrationen haben sehr wahrscheinlich nur sehr begrenzte Auswirkungen auf die Fische und Neunaugen der Tideelbe, da die vorkommenden Arten an ästuartypische, hohe bis sehr hohe Schwebstoffkonzentrationen gut angepasst sind.

Anders verhält es sich mit mittel- bis langfristigen Erhöhungen der Schwebstoffkonzentrationen im gesamten Systems, die bei der derzeitigen Umlagerungsstrategie, u. a. auch aufgrund von teilweise intensiven Kreislaufbaggerungen nicht ausgeschlossen werden können. Diese können insbesondere bei auf Sicht jagenden oder mit ihren Kiemenreusen Plankton filternden Arten wie der Finte zu einer abnehmenden Effizienz der Nahrungssuche und somit auch zu Bestandsabnahmen führen. Ab wann bzw. bei welchen Schwebstoffkonzentrationen derartige Auswirkungen zu befürchten sind, kann aber derzeit nicht eingeschätzt werden. Erhöhte Schwebstoffkonzentrationen können auch den Sauerstoffhaushalt belasten (vgl. Kapitel 6.2), was insbesondere im Bereich des „Sauerstofftals“ zu einer Beeinträchtigung sowohl der dort laichenden und (zeitweilig) lebenden Arten (Finte, Stint) als auch der durchziehenden Arten (z. B. Lachs) führen kann.

Weiterhin werden in Folge der derzeitigen Umlagerungsstrategie zunehmende Verlandungstendenzen in einigen Nebengelben vermutet, welches wiederum die Sauerstoffsituation belastet (Kapitel 6.2) und die Rückzugs- und Reproduktionsmöglichkeiten der Fische und Neunaugen in den sauerstoffreichen Nebengelben zunehmend einschränkt.

Die mittel- bis langfristig wirksamen Beeinträchtigungen durch erhöhte Schwebstoffgehalte und zunehmende Verlandungen von Nebenarmen sind aus fischökologischer Sicht für die Fische und Neunaugen größere Risikofaktoren als die direkten Auswirkungen an Bagger- und Unterbringungsstellen. Dementsprechend sind die Umlagerungen in die Bereiche stromauf MaxTrüb und nach MaxTrüb aus fischökologischer Sicht mit größeren Beeinträchtigungen (mittel bzw. gering) verbunden als diejenigen in den Bereich stromab MaxTrüb (sehr gering/keine).

## 6.7 Vegetation

### 6.7.1 Beschreibung des Ist-Zustands

Die Vegetation des Elbeästuars wird neben verschiedenen anderen Faktoren (Ausbildung des Uferbereichs, Oberwasserabfluss, Nutzung u. a.) sehr stark vom Tidegeschehen beeinflusst. Dieser Einfluss reicht von der Seegrenze bei Cuxhaven (Strom-km 727,0) bis zum Wehr Geesthacht (Strom-km 585,9). Das Elbeästuar ist ein hochgradig dynamisches System

(Faude et al. 2011). Die darin lebenden Pflanzenarten sind an die vorherrschenden hydrochemischen Parameter wie Salzkonzentration des Wassers, Tidehub, Strömungsregime, Nährstoff-, Schadstoff- und Sedimenthaushalt angepasst.

Im aquatischen Bereich und im Vorland wird die räumliche Abfolge (Zonierung) der Vegetation von den ausgeprägten Längs- und Quergradienten des Ästuars bestimmt. Der wichtigste Standortfaktor für die Ausprägung der Vegetation im Längsverlauf der Elbe ist der Salzgehalt in der Bodenlösung (BfG 2004b). Im Querprofil haben die Lage zu MThw (Differenz der Geländehöhe zum mittleren Tidehochwasser) und der Tidehub die größte Bedeutung für die Ausprägung von Vegetationszonen. Strömungsverhältnisse bestimmen über die Korngrößenverteilung des Substrats die Vegetationszusammensetzung mit. Nachhaltig überprägt wird die Vegetationsdecke durch landwirtschaftliche Nutzung und flussbauliche Maßnahmen.

In der vorliegenden Systemstudie werden zum Thema Vegetation ausschließlich die ständig untergetaucht lebenden Seegraswiesen im Bereich des schleswig-holsteinischen und niedersächsischen Wattenmeeres und der Schierlings-Wasserfenchel (*Oenanthe conioides*), auf Uferstandorten des Elbeästuars im limnischen Bereich der Unterelbe siedelnd, betrachtet. Die Relevanz dieser Arten wird im Folgenden erläutert.

#### Seegras(-wiesen)

Die untergetaucht lebenden Seegraswiesen, im deutschen Wattenmeer bestehend aus den Arten Kleines Seegras (*Zostera noltii*) und Großes Seegras (*Zostera marina*), beschränken sich im Europäischen Wattenmeer auf das Eulitoral. Während *Zostera noltii* bevorzugt im oberen und mittleren Eulitoral vorkommt, ist *Zostera marina* vornehmlich im mittleren bis unteren Eulitoral anzutreffen (Dolch et al. 2009). Die Pflanzen bevorzugen geschützte, gezeitenbeeinflusste Küsten und wachsen hier im flachen Wasser auf kiesig-sandigen bis schlickigen, relativ stabil gelagerten Böden, wobei sie ein Trockenliegen von 2 - 3 Stunden vertragen. Die obere Verbreitungsgrenze liegt etwa auf der Höhe des Nipptidenniedrigwassers (bei *Zostera marina*) bzw. des Nipptidenhochwassers (bei *Zostera noltii*) (ARGE EU-WRRL 2001, Dolch et al. 2009).

Seegräser/Seegraswiesen sind für die Thematik besonders von Relevanz, da sie sehr sensibel auf erhöhte Nährstoffeinträge und Trübung des Wassers (Lichtlimitierung) reagieren. Unabhängig vom Baggergutmanagement reagieren sie weiterhin sensibel auf Sedimentinstabilität, zu starke Gezeitenströmung und Wellenexposition sowie auf Veränderung der Temperatur und des Salzgehaltes. Die genannten Faktoren, die die räumliche Verbreitung der Seegraswiesen bestimmen, werden auch als primäre Ursachen für den Rückgang der Seegrasbestände seit den 1970er Jahren im niederländischen und niedersächsischen Wattenmeer diskutiert. Dieser Rückgang begann in den Niederlanden und betraf in der Folgezeit auch Niedersachsen. Lediglich in Schleswig-Holstein ist bisher keine Abnahme der Seegrasbestände zu verzeichnen und die dortigen Seegraswiesen bilden etwa 90 % des gesamten Wattenmeerbestandes (Jaklin et al. 2007). Seit den 1990er Jahren wird eine Abnahme der Nährstoffzufuhr ins Wattenmeer gemessen und seit Mitte der 1990er Jahre ist wieder eine Zunahme der Seegrasbestände in den Niederlanden und v. a. in Schleswig-Holstein festzustellen (Reise et al. 2005, Dolch et al. 2009).

Da Seegräser sehr schnell auf veränderte Umweltbedingungen reagieren, zählen sie als wichtige Indikatoren für den ökologischen Zustand eines Gewässers und werden u. a. für das Bewertungsverfahren der Küstengewässertypen nach WRRL herangezogen (Dolch et al. 2009). Die beiden Arten gelten nach der Roten Liste Deutschlands (Korneck et al. 1996) als gefährdet und nach der Roten Liste Niedersachsens (Garve 2004) als stark gefährdet. Zudem ist der Lebensraumtyp „Flachwasserzonen und Seegraswiesen“ mit dem Code 1160 im Anhang I der FFH-Richtlinie gelistet.

Eine Erfassung der Seegraswiesen im Bereich des äußeren Elbeästuars erfolgt jeweils für den eigenen Verantwortungsbereich durch die Länder Niedersachsen und Schleswig-Holstein.

Das Monitoringkonzept des NLWKN ist auf die Anforderungen der WRRL abgestimmt und sieht vor, die eulitoralen Seegrasbestände der niedersächsischen Küste alle sechs Jahre flächendeckend zu kartieren (Adolph 2009, BLMP 2012). Die aktuellsten Daten für den niedersächsischen Bereich liegen für das Jahr 2008 vor. Die Flächengrößen eulitoraler Seegrasbestände wurden im Jahr 2008 mit der 5 %- bzw. 20 %-Gesamtdeckungslinie als Bestandsgrenze ermittelt. Danach wurden im Bereich der niedersächsischen Watten zwei Seegrasbestände erfasst - südwestlich von Cuxhaven auf dem Knechtsand (vgl. Abbildung 42 (a): *Zostera noltii* mit 1,21 km<sup>2</sup> Fläche (5%-Linie), *Zostera marina* mit 0,231 km<sup>2</sup> Fläche (20%-Linie)).

Einzelvorkommen von *Z. noltii* und *Z. marina* (< 5 %) wurden des Weiteren auf dem Neuwerker Watt erfasst (siehe Abbildung 42(b)) (Adolph 2009). *Zostera marina* besiedelte dabei mit zwei Einzelbulten eine Flächengröße von je 0,1 m<sup>2</sup>, *Zostera noltii* trat mit einem Einzelbult von 1 m<sup>2</sup> Größe auf. Die Bestände unterliegen jährlich größeren Schwankungen (Adolph 2009, ARGE EU-WRRL 2001).

Im Bereich der schleswig-holsteinischen Watten werden die Seegrasbestände auf Grundlage von Luftbildaufnahmen dreimal jährlich in den Monaten Juni, Juli und August, ab einer Flächendeckung > 20%, kartiert. Zur Verifizierung der Flugdaten wird jährlich 1/6 der Wattfläche durch eine Bodenkartierung im Zeitraum Mitte Juli bis Mitte September erfasst (vgl. BLMP 2012). Die Bodenkartierung erstreckt sich vom Königshafen im Norden von Sylt bis zum Trischendamm in der Nähe der Elbmündung und erfasst das Nordfriesische Wattenmeer und das Dithmarscher Wattenmeer. Im Rahmen der Kartierung werden jährlich 12 Dauermeßstellen sowie 1/6 der Wattfläche auf ihre Seegrasbestände hin untersucht (Dolch et al. 2009).

Eine Übersicht der erfassten Seegrasbestände nach Daten von 2007 - 2011 zeigt Abbildung 43. Insgesamt beschränken sich die Seegrasbestände somit im Elbeästuar auf den Bereich stromab MaxTrüb und die Nordsee. Es sind jedoch nur sehr wenige rezente Seegrassvorkommen in den Watten um die Insel Neuwerk (Einzelvorkommen der beiden Arten südwestlich der Insel) und im Dithmarscher Watt bekannt (Adolph 2009, Dolch et al. 2009), wobei die südlichsten Flächen im Bereich der Messstellen Trischendamm Nord und Süd vorkommen. In der Bewertung des Gewässerzustandes nach WRRL hinsichtlich der betrachteten Qualitätskomponente Makrophyten wurden die Seegraswiesen, als Teilkomponente davon, als „schlecht“ für die Flussgebietseinheit Elbe im Küstengebiet der Nordsee eingestuft (vgl.

Abschlussbericht Teil A - Jaklin et al. 2007). Bewertet wurden Flächenausdehnung, Artenzusammensetzung und Wuchsdichte.

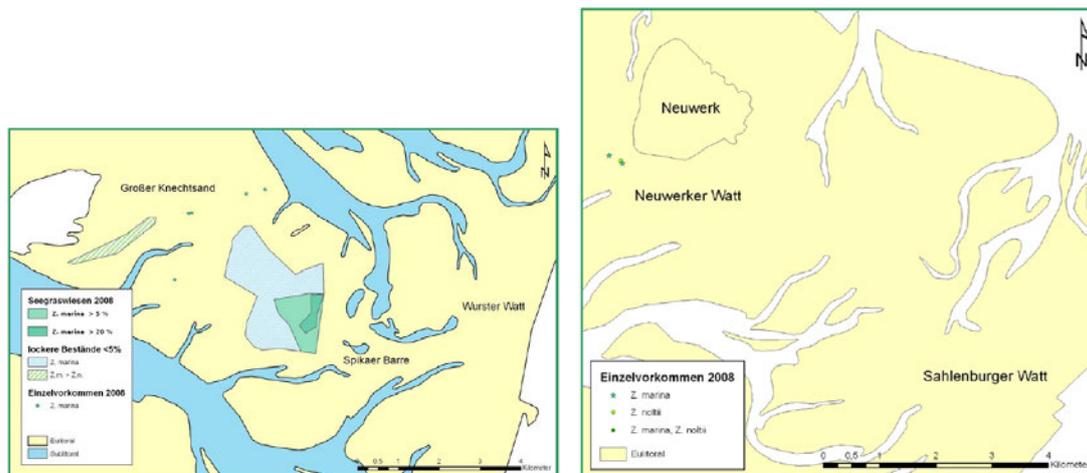


Abbildung 42: Im Bereich der niedersächsischen Watten kartierte Bestände an Seegraswiesen (*Zostera noltii* und *Zostera marina*), (a) im Bereich auf dem Knechtsand, (b) im Bereich auf dem Neuerker Watt (Quelle: Adolph 2009)

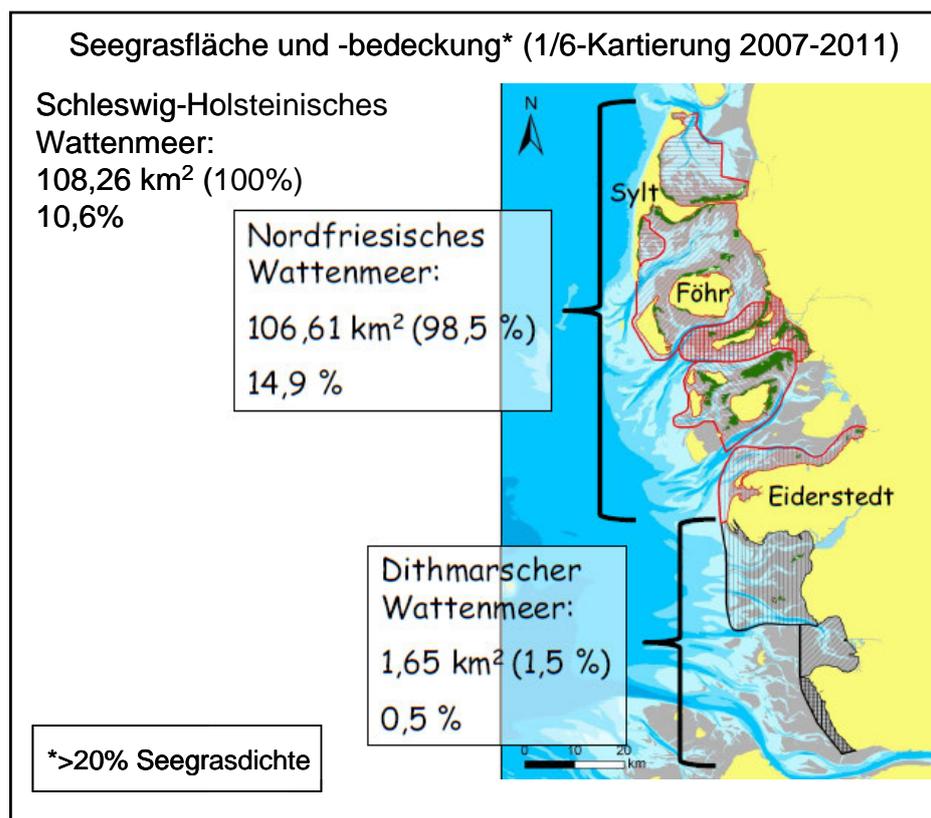


Abbildung 43: Erfasste Seegrasbestände (Seegrasfläche und -bedeckung ab einer Seegrasdichte > 20%) der 1/6-Kartierung von 2007 - 2011 im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer (Quelle: Dolch et al. 2011)

### Schierlings-Wasserfenchel (*Oenanthe conioides*)

Als wichtige Art, die im Übergangsbereich zwischen der Zone des Strandsimsen-Röhrichts und den Schilf-Röhrichten im Bereich von ca. MThw - 30 bis - 170 cm vorkommt, ist die nach EG-Richtlinie 92/43/EWG (Anhang II und IV) prioritäre und streng geschützte Art Schierlings-Wasserfenchel (*Oenanthe conioides*) zu nennen (IBL & BfBB 2010). Sein Vorkommen ist weltweit auf den Süßwasser-Tidebereich der Elbe und den Mündungsbereich einiger Nebenflüsse zwischen Glückstadt und Geesthacht beschränkt (Bereich MaxTrüb und stromauf MaxTrüb), wobei das Hauptverbreitungsgebiet etwa zwischen Hanskalbsand und Geesthacht liegt (vgl. Abbildung 44); Hinweis: Derzeit aktuellste kartographische Darstellung mit Verzeichnung aktueller und potenzieller Standorte; aktuellere Daten, textliche Beschreibungen und die kartographische Darstellung der Fundorte 2011 für Hamburg liegen von Kartierungen aus den Jahren 2008, 2009, 2011 und 2011/2012 vor (vgl. Below & Bracht 2009, Neubecker et al. 2005, 2010 und 2012, Kurz & Below 2012)). Elbaufwärts wird das Verbreitungsgebiet begrenzt durch das Wehr Geesthacht und seewärts durch die Brackwassergrenze (Below & Bracht 2009, Kurz & Below 2012).

Das bedeutendste Vorkommen im Tideauwald des Naturschutzgebietes Heuckenlock an der Hamburger Süderelbe ist seit den 1980er Jahren bekannt (Below & Bracht 2009, Kurz & Below 2012).

Allein der Zustand der Population im NSG Heuckenlock wird als hinreichend groß und stabil betrachtet und gilt als Beispiel für eine optimale Ausprägung von Populationsstruktur, -größe und -verteilung. Das aktuelle Hauptvorkommen, in dem Gebiet mit einer hohen Vielfalt an geeigneten Standorten, kann mit 500 bis 1500 Pflanzen pro Jahr als gesichert gelten (Below & Bracht 2009, Kurz & Below 2012).

Mit großem Abstand folgt eine als „gut“ bewertete Population im NSG Schweenssand (Botanischer Verein zu Hamburg e. V. 2000 - 2004). Weitere bedeutende Bestände finden sich an der Norder- und der Süderelbe, an der Seevemündung sowie im Stromabschnitt westlich der Linie Zollenspieker/Laßrönne. Weiter stromaufwärts tritt die Art bis knapp vor dem Geesthachter Wehr vereinzelt und unstet an wenigen Stellen auf (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012). Stromab kommt die Art bis etwa Höhe Glückstadt/Störmündung (Strom-km 680) vor (IBL & BFBB 2010). Die Bestände liegen zwischen einzelnen Exemplaren und 200 Exemplaren (Below & Bracht 2009, Kurz & Below 2012).

Der zweijährige Doldenblütler siedelt auf strömungsberuhigten Schlickufeln, seltener auch auf strömungsberuhigten Sandufeln, wobei er sowohl die weit unter MThw liegenden Flächen als auch die Bereiche meidet, die im Sommer für längere Zeit trocken liegen können. Nach unten begrenzen die langen Überflutungszeiten, nach oben u. a. die Konkurrenz der Begleitvegetation das Vorkommen. Als Lichtkeimer mit geringer Konkurrenzkraft benötigt die Pflanze Sonderstandorte - offene, lichte Stellen in Weiden- oder Röhrichtgürteln (z. B. Störstellen infolge Eisgang, Sturmfluten, starker Sedimentdynamik), an denen die Wüchsigkeit der Röhrichte herabgesetzt ist. So kommt die Art z. B. an Prielenden, offenen Ufern oder in flachen Senken, bzw. z. T. auch an Sekundärstandorten wie Spülfeldern außerhalb des Tideeinflusses vor. Der Schierlings-Wasserfenchel bildet im ersten Jahr eine Grundblattrosette, mit der er überwintert und im nächsten Jahr zur Blüte gelangt. Die Samen bleiben

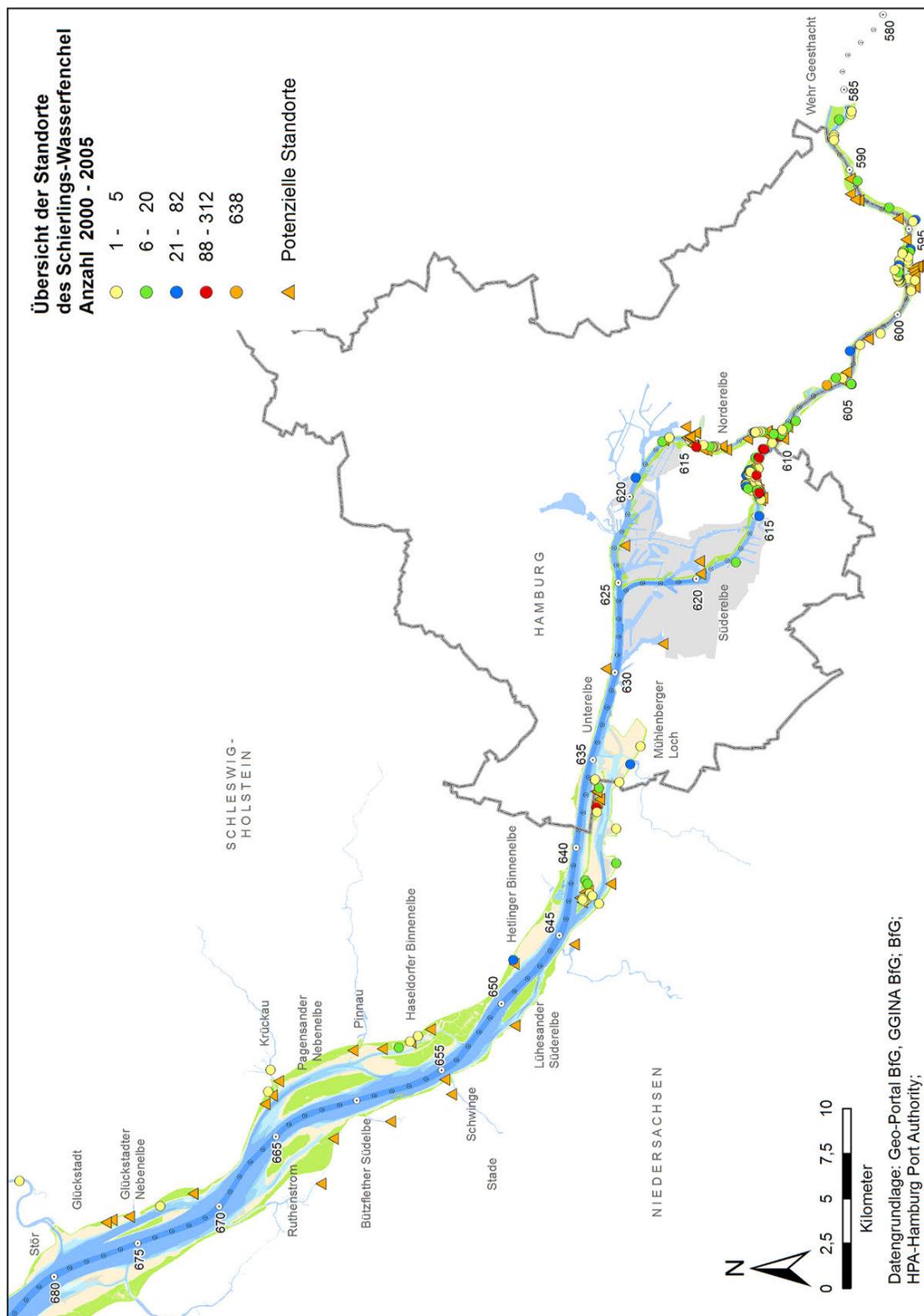


Abbildung 44: Aktuelle und potenzielle Standorte des Schierlings-Wasserfenchel (*Oenanthe conioides*) (Quelle/Datengrundlage: Kartierung von Obst et al. 2006)

ca. 30 Jahre im Elbsediment keimfähig (langjährige Samenbank) (Botanischer Verein zu Hamburg e.V., Stand Internet 2013; Neubecker 2010; IBL & BfBB 2010 u. a.). Die Populationsgröße und der Anteil reproduktiver Pflanzen ist bei allen Vorkommen von Jahr zu Jahr großen Schwankungen unterworfen (Below & Bracht 2009). Die Gesamtsumme der im Tidegebiet festgestellten Pflanzen lag in den letzten Jahren zwischen 1000 und 2000 Pflanzen (Kurz & Below 2012).

Der Schierlings-Wasserfenchel gilt als wertvoller Indikator für flache, täglich überflutete, naturnahe und schlickige Uferabschnitte mit Pioniercharakter.

Aufgrund der anthropogenen Veränderungen seines Lebensraumes (Einschränkungen der Stromdynamik, Verluste an Außendeichsflächen, Versteilung der Ufer, Uferverbau, Vertiefung und Verbreiterung der Fahrrinne und ein damit einhergehend verändertes Tideregime) ist der als vom Aussterben bedroht eingestufte Schierlings-Wasserfenchel immer weiter im Rückgang begriffen (Below & Bracht 2009; IBL & BFBB 2010). Die Art wird als solche in den Roten Listen gefährdeter Gefäßpflanzen Hamburgs (Poppendieck et al. 2010), Schleswig-Holsteins (Mierwald & Romahn 2006) und Niedersachsens (Garve 2004) geführt.

Da der Schierlings-Wasserfenchel vorwiegend auf strömungsberuhigte und schlickige Uferbereiche beschränkt ist, kann mit jeder Änderung des Strömungsregimes der Tideelbe und der Sedimentbilanzen potenziell eine komplexe und schwer vorhersehbare Änderung der Lebensbedingungen der Art verbunden sein (Botanischer Verein zu Hamburg e. V. 2000 - 2004).

Aufgrund des weltweit einzigartigen Vorkommens des Schierlings-Wasserfenchels im limnischen Bereich der Tideelbe müssen verstärkt Maßnahmen zum Schutz und Erhalt der prioritären und streng geschützten Art und ihres natürlichen Lebensraumes ergriffen werden (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012). Dem Schierlings-Wasserfenchel kommt von daher bei der Beurteilung möglicher Auswirkungen auf die Vegetation im weiteren Verlauf der Systemstudie II eine besondere Bedeutung zu. Die Art steht daher im Vordergrund der vegetationskundlichen Betrachtung.

### **6.7.2 Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie**

Potenzielle Auswirkungen beschränken sich für die Seegraswiesen auf den Bereich stromab MaxTrüb und die Nordsee und für den Schierlings-Wasserfenchel auf den Bereich des potenziellen Verbreitungs- und Reproduktionsgebietes (MaxTrüb und stromauf MaxTrüb). Die Auswirkungen können dabei aus Änderungen der Feinsedimentmaterialbilanzen aktueller und potenzieller Standorte, z. B. einer erhöhten Tendenz der Ablagerung in Folge einer großräumigen Verdriftung, resultieren.

Für die Seegräser der strömungsgeschützten Wattbereiche der Küste kann eine mögliche vorübergehende oder dauerhafte Überlagerung mit Sediment eine Schädigung und Reproduktionsminderung bedeuten. Sich verändernde Trübungsverhältnisse bei der Einbringung von Baggergut in den Außenelbebereich sind für Seegräser ebenfalls von Relevanz, da eine daraus resultierende Lichtlimitierung zu geringeren Photosyntheseraten und somit zu einer verminderten Biomasseproduktion führen könnte.

Nach derzeitiger Unterbringungspraxis können potenzielle Auswirkungen auf See gras(wie-  
sen) ausgeschlossen werden, da der Grad der Wirkung (Änderung im Feinsedimenthaushalt,  
der Trübung und Schadstoffanreicherung) bezogen auf die Entfernung der rezenten See gras-  
vorkommen im Dithmarscher Wattbereich und um die Insel Neuwerk zu gering bis mess-  
technisch nicht nachweisbar ist. Weiterhin findet bei der Unterbringung von Baggergut auf  
VS 738 eine südöstliche Verdriftung, weg von den See grasern, statt.

Die Schierlings-Wasserfenchelbestände wiesen in den letzten Jahrzehnten große Schwankun-  
gen auf. Die Bestandsschwankungen sind auf vielfältige Faktoren, u. a. die gewässermorpho-  
logischen Prozesse, klimatische Parameter, menschlichen Einfluss aber auch auf natürliche  
Schwankungen, z. B. im Anteil reproduktiver Pflanzen, zurückzuführen (Below & Bracht  
2009). Die Unterhaltungsstrategie von Baggergut ist daher im Gesamtgefüge aller Faktoren,  
die Einfluss auf die Bestandsschwankungen der Art haben, nur ein Aspekt, von deren  
Handeln Risiken für die Art ausgehen können.

Die Prozesse und -wirkungen bzw. Wirkungszusammenhänge sind jedoch hinsichtlich der  
Verbreitung und Reproduktion des Schierlings-Wasserfenchels noch größtenteils unver-  
standen. Bisher gibt es zudem keine Datengrundlage zu Sensibilitäts- oder Toleranzwerten  
des Schierlings-Wasserfenchels bezüglich möglicher Änderungen im Feinsedimenthaushalt  
der Tideelbe. Konkrete Aussagen zum Ausmaß (möglicher) Auswirkungen der derzeitigen  
Unterhaltungsstrategie auf die Bestände oder Einzelvorkommen des Schierlings-Wasserfen-  
chels sind somit zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich. Im Folgenden wird eine Risiko-  
betrachtung durchgeführt, d. h. es wird beschrieben, ob im Falle der jeweilig betrachteten  
Unterhaltungsstrategie (Szenario) das Risiko einer Auswirkung besteht.

Grundsätzlich gilt, dass die Verdriftung und mögliche vorübergehende/dauerhafte Ablage-  
rung von Feinmaterial auf aktuellen und potenziellen Standorten bewirken kann, dass

- > Röhrichte (als Konkurrenzvegetation) verstärkt auf aufsedimentierte Flächen vor-  
dringen und die im Ist-Zustand siedelnden Einzelvorkommen oder Bestände  
verdrängen,
- > die Samenbank im Elbsediment möglicherweise etwas höher mit Sediment überdeckt  
wird und es somit zu einem unterbundenen oder verzögerten Keimverhalten kommt,
- > Blattrosetten, mit denen die Art überwintert, überdeckt werden und sich im darauf-  
folgenden Frühjahr weniger gut entwickeln können (Reproduktionseinbußen)
- > die derzeitigen Standorte die Voraussetzung für eine mögliche Besiedlung verlieren  
(Bezug zur MThw-Linie, mögliche Substratänderung von ursprünglichem Schlick zu  
Sand). Weiterhin gilt allgemein, dass Änderungen im Strömungsregime, mögliche  
Ausräumungstendenzen von Feinmaterial aus dem System Tideelbe und somit erhöht  
auftretende Erosions- bzw. Sedimentationstendenzen oder gar eine Vergrößerung des  
Substrates hin zu mehr Sandanteilen mit komplexen und schwer vorhersehbaren  
Änderungen der Lebensbedingungen der Art verbunden sind.

Die hier beschriebenen potenziellen Auswirkungen sind als negativ einzustufen (worst-case). Demgegenüber stehen potenzielle Auswirkungen, die ggf. auch eine Förderung der Art durch begünstigende Standortbedingungen bewirken können. Auch dieser Aspekt wird in der folgenden Studie berücksichtigt.

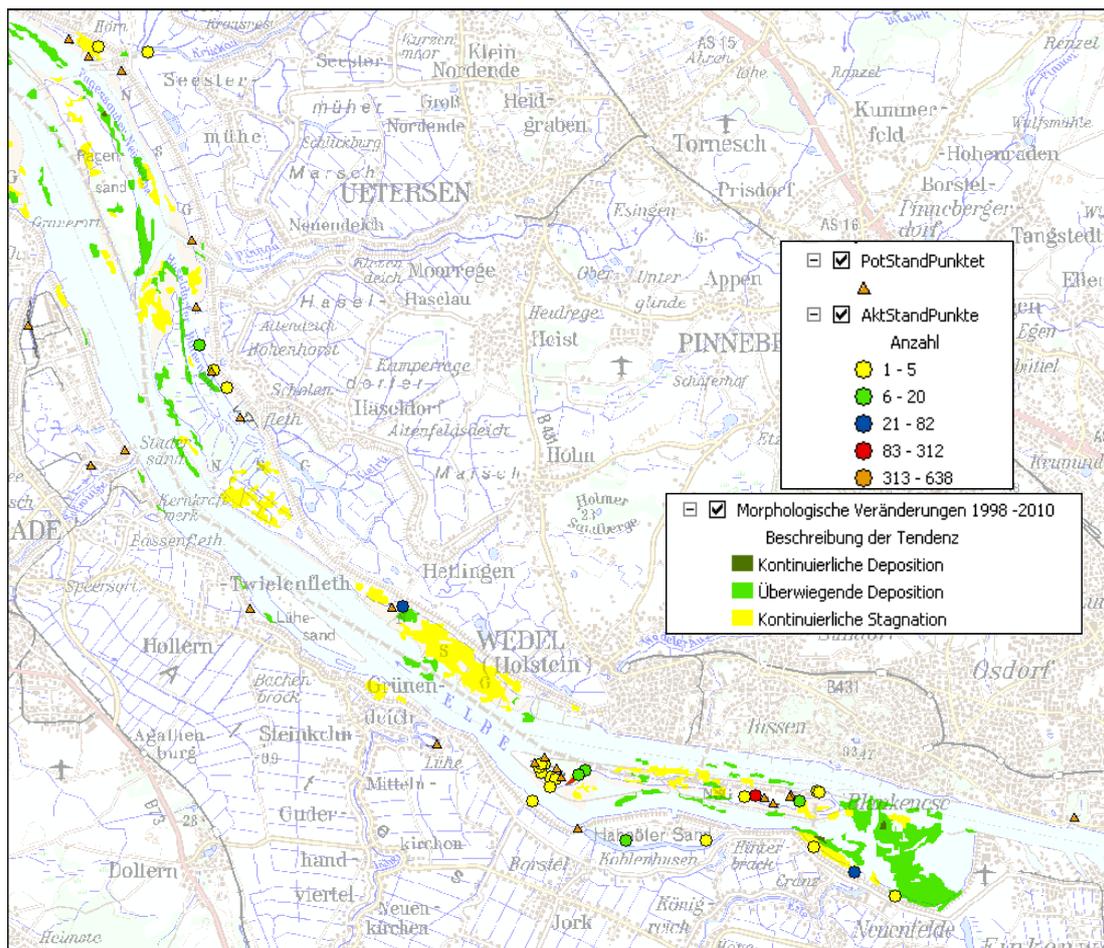
In den für den Schierlings-Wasserfenchel relevanten Bereichen MaxTrüb (hier derzeit nur wenige aktuelle Fundpunkte, dennoch potenzielles Verbreitungsgebiet bis Höhe Glückstadt) und stromauf MaxTrüb muss bei den derzeit praktizierten Umlagerungsstrategien mittelfristig mit einer fortschreitenden Anreicherung des lokalen Feinsedimenthaushaltes gerechnet werden. Eine zumindest bereichsweise erhöhte Tendenz der Verlandung von Flachwasserbereichen (vgl. Kapitel 6.1) und eine für den Schierlings-Wasserfenchel negative Standortveränderung oder gar der Verlust von aktuellen und potenziellen Standorten ist möglich. Durch eine mögliche Reproduktionsminderung oder einen Standortverlust sind Änderungen in der Populationsgröße, die über dem Maß einer „natürlichen Dynamik“ (z. B. natürliche Bestandsschwankungen durch hohe Variabilität in der Reproduktion) liegen, nicht auszuschließen. Hierzu gibt es bislang keine Untersuchungen.

Nach derzeitiger Unterbringungspraxis ist die Möglichkeit einer Auswirkung v. a. bei der Unterbringung im Bereich stromauf MaxTrüb (Neßsand) und im Bereich MaxTrüb (VSB 686/690 und VSB 700) für den Betrachtungszeitraum nicht auszuschließen, da die Verdriftung von Feinsediment (für den Bereich MaxTrüb: stromaufwärtige Relevanz bei niedrigem Oberwasser) zu einer erhöhten Tendenz der Verlandung von Seiten- und Wattbereichen sowie Prielen führt. Betroffen sein können in unterschiedlicher Intensität das Mühlenberger Loch, die Inseln Neßsand, Hanskalsand, Schweinesand und Hahnöfersand und Seitenbereiche, die Priele und Seitenbereiche der Haseldorfer Marsch und von Hetlingen (vgl. Abbildung 45). Die Unterbringung im Bereich stromab MaxTrüb (VSB 738) lässt hingegen keine Auswirkungen auf den Schierlings-Wasserfenchel erwarten.

### **Zusammenfassung**

Aus der aktuellen Unterbringungsstrategie können potenzielle Auswirkungen auf Seegräser ausgeschlossen werden.

Für den Schierlings-Wasserfenchel ist der Bereich stromauf MaxTrüb als Verbreitungs- und Reproduktionsgebiet von zentraler Bedeutung. Der Bereich unterliegt dem Einfluss sich ändernder Feinmaterialbilanzen aufgrund der aktuell durchgeführten Unterbringungsstrategie, die besonders bei niedrigem Oberwasser mittelfristig eine fortschreitende Anreicherung des lokalen Feinsedimenthaushaltes bewirkt und künftig weiter bewirken wird. Das Risiko einer Auswirkung auf Einzelvorkommen oder Bestände des Schierlings-Wasserfenchels über das Maß einer „natürlichen Dynamik“ (z. B. natürliche Bestandsschwankungen) hinaus kann somit bei der Weiterführung der derzeitigen Unterbringungspraxis nicht ausgeschlossen werden, ist aber derzeit aufgrund der Datenlage nicht nachweisbar.



**Abbildung 45: Tendenzen der Morphodynamik (1998 - 2010) mit (bereichsweiser) Relevanz für den Schierlings-Wasserfenchel**

(Quelle: BfG, verschnitten mit Kartierung von Obst et al. 2006; Karte: BKG)

## 6.8 Zusammenfassende Bewertung der aktuellen Unterbringungsstrategie

Die Betrachtung des Ist-Zustandes der Tideelbe hat gezeigt, dass für jeden Fachbereich momentan schon Defizite in unterschiedlicher Ausprägung bestehen. Die Auswirkungen der derzeitigen Unterbringungsstrategie (Szenario 1) werden von den jeweiligen Fachbereichen unterschiedlich bewertet (vgl. Tabelle 5). Die hier verwendeten Bewertungsstufen und Kriterien sind in Anhang 1 dargestellt.

### Morphologie

Im Szenario 1 muss auch weiterhin, abhängig vom Auftreten lang anhaltender niedriger Oberwasserabflüsse, mit einer starken Anreicherung des Feinsedimenthaushaltes und Intensivierung von Kreislaufbaggerungen v. a. im Bereich stromauf MaxTrüb gerechnet werden. Damit verbunden ist ein starker Anstieg der Baggermengen in den aktuellen Baggerschwerpunkten Wedel/Juelssand und Hamburg. Dieser Anstieg kann Ausmaße annehmen, die im Rahmen der derzeitigen Unterbringungsstrategie baggertechnisch nicht mehr bewältigt werden können.

**Tabelle 5: Bewertung der Auswirkungen für das Szenario 1 (derzeitige Unterbringungsstrategie)**

	Baggergut aus und Unterbringung in den Bereich			
	Hamburg nach stromauf MaxTrüb	Wedel/Juelssand nach MaxTrüb	NOK nach MaxTrüb	Osteriff nach stromab MaxTrüb
Kreislaufbaggerungen				
Feinsedimenthaushalt	destabilisierend	etwas stabilisierend	etwas destabilisierend	stabilisierend
Trübungsverhältnisse				
Schadstoffe				
Ökotoxikologie				
Sauerstoff				
MZB				
Fische				
Vegetation	Risiko vorhanden	Risiko vorhanden	Risiko vorhanden	Risiko gering/nicht vorhanden
<b>Legende</b>				
	sehr gering/keine	<b>Szenario 1:</b> Fortführung der derzeitigen Unterbringungsstrategie + Vorgaben aus FAP (1 Mio. m <sup>3</sup> Baggermehrmengen, Fintenschonzeit)		
	gering			
	mittel			
	hoch			

Temporäre Wassertiefenbeschränkungen für die Schifffahrt vor allem im Hamburger Raum (Delegationsstrecke und Hamburger Hafen), aber auch im Bereich Wedel/Juelssand inklusive der zukünftigen Begegnungsbox, könnten die mögliche Folge sein. Mit einer unterbringungsbedingt anhaltend erhöhten Trübung ist auf den Verbringstellen Neßsand (während der Unterbringungsaison November und März) und VS 700 (ganzjährig) vor allem wegen der hohen Anzahl an Unterbringungsverfahren (vgl. Erläuterungen für Indikator Trübungsverhältnisse in Anhang 2) zu rechnen.

### Sauerstoff

Maßgebend für die Beurteilung der Auswirkungen des Szenarios 1 ist die Verbringung von Baggergut mit einer mittleren Nährstoffbelastung und Sauerstoffzehrung aus dem Baggerabschnitt Hamburg nach Neßsand, also in den von starken sommerlichen aber auch herbstlichen Sauerstoffdefiziten geprägten Abschnitt der Tideelbe. Die zwischen BSU Hamburg und der HPA getroffene Vereinbarung zur Baggergutunterbringung bei Neßsand trägt dieser Vorbelastung des Sauerstoffhaushaltes Rechnung und erlaubt daher Baggergutunterbringungen nur in den „kalten“ Monaten November bis März. Die in Szenario 1 mitberücksichtigten Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung, d. h. eine Zunahme der Baggermengen um 1 Mio. m<sup>3</sup>, dürfte die vorhandene Belastungssituation des Sauerstoffhaushaltes nur sehr geringfügig verstärken. Die Unterbringungen größerer Mengen von Feinmaterial auf der Unterbringungsstelle bei Neßsand kann zudem auch eine verstärkte Sedimentation in den benachbarten Flachwasserbereichen fördern, wodurch die günstigen Sauerstoffverhältnisse in

den Nebenebenen abgeschwächt werden können. Insgesamt werden die Beeinträchtigungen, die durch die Unterbringung des Hamburger Baggergutes nach Neßsand bewirkt werden, als „mittel“ eingestuft.

Für alle übrigen weiter stromab gelegenen Unterbringungsstellen in der Tideelbe werden nur sehr geringe Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt erwartet. Das unterzubringende Baggergut weist nur geringe bis sehr geringe Nährstoffbelastungen sowie Sauerstoffzehrungen auf und die Unterbringung findet in Bereiche der Tideelbe statt, die ganzjährig stabile Sauerstoffbedingungen aufweisen. In diesen Bereichen tritt ein Unterschreiten von ökologischen Grenzwerten, etwa einem für Fische kritischen Sauerstoffgehalt von 3 mg/l, nicht auf. An diesen Unterbringungsstellen kann die durch das Einbringen von Baggergut stattfindende Freisetzung von schwer sedimentierbaren Schwebstoffen und gelösten Stoffen und damit die durch das Unterbringen von Baggergut zusätzlich bewirkte Sauerstoffzehrung „abgepuffert“ werden.

### Schadstoffe

Im Szenario 1 ist die Belastung des Baggergutes aus allen vier betrachteten Baggerbereichen mit wenigen Ausnahmen um weniger als den Faktor 2 - 3 größer als in den Sedimenten der jeweiligen Unterbringungsstellen und damit entsprechend der Bewertungsskala (siehe Anhang 1) gering erhöht bzw. bei der Unterbringung des Baggergutes aus dem Baggerbereich NOK sehr gering erhöht gegenüber der an den Unterbringungsstellen angetroffenen Belastung. Aufgrund der starken Verdriftung der feinkörnigen Anteile < 63 µm des umgelagerten Baggergut reichern sich die schadstoffbelasteten Feinsedimente nur wenig in den Unterbringungsstellen an, sondern gelangen teilweise in die strömungsberuhigten Seitenbereiche. Im Umfeld der Unterbringungsstellen Neßsand und VSB 686/690 ist eine Erhöhung der Schadstoffgehalte möglich (Stufe mittel). Davon betroffen sind strömungsberuhigte Seitenbereiche, aber auch die jeweils stromabwärts gelegenen Baggerbereiche Wedel bzw. NOK sowie im Falle der Unterbringungsstelle VSB 686/690 zusätzlich die Unterbringungsstelle VS 700.

Die Erhöhung der mobilen Schadstofffrachten im Bereich der Unterbringungsstelle Neßsand wird als hoch eingestuft. Während die mobilen Schadstoffmengen auf der Unterbringungsstelle VSB 686/690 im Bereich MaxTrüb noch als mittel erhöht eingestuft werden, sind sie für die Unterbringungsstelle VS 700 im Bereich MaxTrüb und VS 738 im Bereich stromab MaxTrüb gering.

Eine Beschleunigung und Verstärkung des strömungsbedingten Schadstoffeintrags in die Deutsche Bucht wird bei einer ortsnahen Unterbringung von Baggergut, wie sie bei der Unterbringung von Baggergut aus den Bereichen Hamburg und NOK durchgeführt wird, als gering eingeschätzt. Gleiches gilt aufgrund der geringen Schadstofffrachten für die Unterbringung des Baggergutes aus dem Bereich Osteriff. Bei der derzeitigen Unterhaltungsstrategie führt die Baggergutunterbringung aus dem Baggerbereich Wedel/Juelssand zum VSB 686/690 zur größten Verstärkung des Schadstoffeintrags in die Nordsee, die als mittel eingestuft wird.

### Ökotoxikologie

Die Unterbringung von Baggergut in ein Gewässer kann in Abhängigkeit von der Belastung des Baggergutes ökotoxikologische Auswirkungen nach sich ziehen. So kann die ökotoxi-

kologische Belastung des unterzubringenden Materials zu adversen Effekten auf Organismen im Bereich der Unterbringungsstellen führen.

Bei der aktuellen Umlagerungsstrategie kann eine Erhöhung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials im Bereich der Unterbringungsstellen durch die Unterbringung von höher belastetem Baggergut in Bereiche mit geringeren Belastungen möglich sein. Dies wäre z. B. bei der Unterbringung des Baggergutes aus dem Bereich der Delegationsstrecke (HPA) in den Bereich „stromauf MaxTrüb“ bei Neßsand anzunehmen, da der Bereich bei Neßsand und Wedel eine leicht geringere ökotoxikologische Belastung aufweist. Das ökotoxikologische Belastungspotenzial der Sedimente im Baggerbereich Wedel/Juelssand ist etwas höher als das der Sedimente im Bereich MaxTrüb. Dies gilt besonders für den Baggerabschnitt bei Wedel, wo insbesondere im Bereich des Sedimentfangs regelmäßig mäßige toxikologische Belastungen der Sedimente festgestellt wurden. Jedoch werden direkte Auswirkungen aufgrund der im Unterbringungsbereich vorherrschenden hohen Dynamiken und den damit verbundenen Verdriftungen und Verdünnungen als nicht nachweisbar angenommen.

Im Baggergut des Bereichs NOK sind in der Regel keine Toxizitäten nachweisbar (Toxizitätsklasse 0). Eine ökotoxikologische Beeinträchtigung des Unterbringungsbereiches durch Baggergut aus dem Bereich NOK ist somit nicht anzunehmen. Die Sedimente aus dem Bereich Osteriff wiesen in den Untersuchungen der letzten Jahre keine bzw. maximal sehr geringe toxikologische Belastungspotenziale auf. Eine negative Beeinträchtigung des Unterbringungsbereiches stromab MaxTrüb durch Baggergut aus Osteriff ist ebenfalls nicht anzunehmen.

### **Makrozoobenthos**

Für die derzeit durchgeführte Unterbringungsstrategie kann davon ausgegangen werden, dass geringe negative Einflüsse auf die Benthosfauna, bedingt durch die Unterbringung, im Bereich aller in der Tideelbe genutzten Unterbringungsstellen auftreten. Über die direkte Unterbringungsstelle hinaus lassen sich derzeit keine umlagerungsbedingten negativen Effekte auf die Benthosfauna nachweisen. Im Vergleich zur Gesamtfläche der Tideelbe (ca. 500 km<sup>2</sup>) wird somit ein relativ kleiner Teil der besiedelbaren Fläche beeinflusst, so dass die Sedimentumlagerung auf den Bestand der Populationen derzeit keinen Einfluss hat.

### **Fische**

Die kritischste Beeinträchtigung des Szenarios 1 mit „mittel“ betrifft die Unterhaltung im Hamburger Bereich. Dafür ausschlaggebend ist, dass mittel- bis langfristig weiter ansteigende Schwebstoffgehalte und Verlandungstendenzen im Bereich stromauf MaxTrüb möglich sind, welche den Sauerstoffhaushalt und wichtige Fischhabitats in den Nebelben beeinträchtigen können. Richtung See nehmen die Auswirkungen bis „sehr gering/keine“ im Bereich stromab MaxTrüb ab.

### **Vegetation**

Mögliche Auswirkungen auf den Schierlings-Wasserfenchel sind nach derzeitiger Unterbringungsstrategie für den Betrachtungszeitraum nicht auszuschließen (Bewertung: „Risiko vorhanden“). Dies gilt besonders bei der Unterbringung im Bereich stromauf MaxTrüb (Neßsand) und im Bereich MaxTrüb (VSB 686/690 und VSB 700).

## 7 Sensitivitätsanalyse

Im Folgenden sind die zentralen Aussagen der Sensitivitätsanalyse (Kapitel 2.4) je Fachaspekt dargestellt: Szenario 1 beschreibt die Auswirkungen der derzeitigen Unterhaltung (Kapitel 6). Die Szenarien 2 - 5 (Tabelle 1) gehen davon aus, dass das gesamte Baggergut aus jeweils einem der vier Baggerbereiche mit großen Mengen Feinmaterial in nur einem der verschiedenen Bereiche entlang der Tideelbe untergebracht wird und betrachten damit maximale Auswirkungen. Dabei wird der Einfachheit halber angenommen, dass die Baggermengen mittelfristig bestehen bleiben (siehe Anhang 3). Die Sensitivitätsanalyse berücksichtigt nicht, dass bei einer Umsetzung der einzelnen Szenarien in Form einer Handlungsoption eine Verringerung der zukünftig zu baggernden Feinsedimente möglich ist (Kapitel 7.3). Die Auswirkungen können daher geringer als hier beschrieben ausfallen. Die hypothetischen Szenarien Hypo 1 - 3 und die darin beschriebenen Ansätze sollen helfen, das System und dessen Reaktionen grundsätzlich besser zu verstehen.

### 7.1 Hydrologie und Morphologie

Die Bewertung der Szenarien für die Fachthemen Hydrologie und Morphologie erfolgt differenziert nach den Kriterien (1) Feinsedimenthaushalt, (2) Baggermengenentwicklung/Kreislaufbaggerungen und (3) Trübungsverhältnisse. Die genaue Definition der Kriterien sowie der verwendeten Bewertungsstufen kann dem Anhang 1 entnommen werden.

#### **Szenarien 2a/2b (Baggergut Hamburg → „MaxTrüb“/ „Nordsee“)**

In den Szenarien 2a und 2b wird die von der Unterbringungsstelle Neßsand ausgehende und als intensiv beschriebene Kreislaufbaggerung (Szenario 1) unterbunden.

**Auswirkungen Szenario 2a:** Bei Unterbringung des Hamburger Baggergutes in den Bereich MaxTrüb muss im Fall lang anhaltender niedriger Oberwasserabflüsse von einer Erhöhung der im Fließquerschnitt stromauf transportierten Frachten ausgegangen werden. Die bereits in Szenario 1 existierende Kreislaufbaggerung mit Beginn im Bereich MaxTrüb wird in Szenario 2a durch die Unterbringung zusätzlichen Baggergutes aus dem Bereich Hamburg intensiviert. Diese erstreckt sich jedoch über eine Entfernung von mehr als 40 km, so dass sich der Stromauftransport nur zeitlich verzögert und mit geringerer Intensität im Vergleich zu einer Kreislaufbaggerung über kurze Entfernung auf das Sedimentationsgeschehen in den Baggerbereichen Wedel/Juelssand (inklusive Begegnungsbox) und Hamburg auswirken wird. Die große Transportentfernung bewirkt einen Retentionseffekt der Feinsedimente (zeitweiser Rückhalt und Zwischenspeicherung) entlang der Seitenbereiche der Tideelbe. Es kann dennoch - jedoch seltener und weniger stark im Vergleich zu Szenario 1 - zu einer Anreicherung des Feinsedimenthaushaltes, einer Verstärkung der Sedimentationsraten und damit wieder ansteigenden Baggermengen kommen. Eine weitere Auswirkung kann die Verstärkung des Sedimentationsgeschehens in Seiten- und Flachwasserbereichen sowie Nebenelben sein.

Erfolgt in Szenario 2a die Unterbringung des Baggergutes gezielt zu Zeiten erhöhter Oberwasserabflüsse, ist gegenüber dem Szenario 1 ein verstärkter Austrag von Feinsedimenten möglich. Das kann mittelfristig eine Abnahme der Baggermengen bewirken. Erfolgt die

Unterbringung jedoch unabhängig von dem Oberwasserabfluss, ist mittelfristig davon auszugehen, dass sich die Baggermengen in den Bereichen Wedel/Juelssand und Hamburg auf dem mittleren Niveau von 2005 bis 2010 stabilisieren werden (Abbildung 5). Ein Anstieg der Baggermengen in den Bereichen NOK und Osteriff ist aufgrund der Unterbringung erhöhter Feinsedimentmengen im Bereich MaxTrüb möglich. Zugleich muss dort auch mit einer anhaltend erhöhten Trübung in Sohlhöhe gerechnet werden.

**Auswirkungen Szenario 2b:** Bei Unterbringung des gesamten gebaggerten Feinmaterials aus dem Bereich Hamburg in den Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) wird dieses dem Feinsedimenthaushalt der Tideelbe dauerhaft entnommen. Baggergutanteile, die nach Unterbringung nicht auf der Gewässersohle zur Ablagerung kommen, verdriften und werden weiträumig und küstenparallel in Richtung Norden transportiert. In den küstennahen Gebieten muss jedoch nicht mit messtechnisch nachweisbaren Ablagerungsmächtigkeiten an Feinmaterial gerechnet werden. Eine anhaltend erhöhte Trübung am Ort der Unterbringung ist ebenfalls nicht zu erwarten (Ergebnisse des Tonne-E3-Monitorings, BfG 2013a). Für den Feinsedimenthaushalt der Tideelbe im Bereich MaxTrüb und stromauf MaxTrüb bedeutet die durch Szenario 2b vorgegebene Maßnahme eine vollständige Entlastung um die Baggergutmenge, die im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) untergebracht wird. Die Entstehung neuer Kreislaufbaggerungen kann hier ausgeschlossen werden. Die Baggermengen im Bereich stromauf MaxTrüb und damit wiederum auch die erforderlichen Unterbringungsmengen in den Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) werden deutlich abnehmen. Ein solches Handeln birgt jedoch das Risiko einer fortlaufenden Ausräumung des Feinsedimenthaushaltes, sofern mittelfristig die Menge an Feinmaterial, die im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) untergebracht wird, die natürliche Jahresnettoeintragsmenge (marine plus fluviale Einträge) an Feinsediment übersteigt. Die möglichen Auswirkungen bei einer fortlaufenden Ausräumung des Feinsedimenthaushaltes werden für den Extremfall der vollständigen Entnahme der gebaggerten Feinsedimente im Zuge des hypothetischen Szenarios 3 beschrieben.

### **Szenarien 3a/3b (Baggergut Wedel/Juelssand → „stromab MaxTrüb“/„Nordsee“)**

In den Szenarien 3a und 3b wird die aktuell im Bereich MaxTrüb beginnende, in Richtung stromauf langgestreckte Kreislaufbaggerung (Szenario 1) stark abgeschwächt aber nicht unterbunden. In dieser Kreislaufbaggerung werden weiterhin Feinsedimente aus dem Bereich NOK (Unterbringung auf VS 700 bzw. Spülleitung) in den Bereich MaxTrüb eingegeben.

**Auswirkungen Szenario 3a:** Eine gegenüber dem Referenzszenario Szenario 1 gesteigerte Austragsmenge an Feinsedimenten, vor allem bei lang anhaltenden niedrigen Oberwasserabflüssen, wird in Szenario 3a erreicht, indem das Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand weiter seewärts auf Stellen im Bereich stromab MaxTrüb untergebracht wird. Mittelfristig wird das den Feinsedimenthaushalt in den Bereichen MaxTrüb und stromauf MaxTrüb entlasten. Sandanteile aus dem Baggergut werden der großräumigen Morphodynamik im Gebiet der Außenelbe zugeführt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Baggergutanteile  $< 63 \mu\text{m}$  vor allem in südöstliche Richtung weiträumig auf die Schleswig-Holsteinischen Watten transportiert und dabei in das vorhandene Feinmaterialinventar eingemischt werden. Messtechnisch nachweisbare Ablagerungsmächtigkeiten, vor allem großräumig und flächenhaft, sind nicht zu erwarten. Bei Auswahl geeigneter Stellen kann auch die Bildung

kleinräumiger Kreislaufbaggerungen ausgeschlossen werden (BAW 2013). Aufgrund der weiten Transportentfernung und damit geringen Umlagerungsfrequenz ist mit einer anhaltend erhöhten Trübung am Ort der Unterbringung nicht zu rechnen.

Im Bereich Wedel/Juelssand kann mittelfristig mit einem nachweisbaren Rückgang der Feinmaterialmengen gerechnet werden; auch in allen anderen Baggerbereichen ist ein leichter Mengenrückgang möglich. Im Bereich Hamburg wird weiterhin die Baggermengenentwicklung durch die Kreislaufbaggerung ausgehend von der Unterbringungsstelle Neßsand beeinflusst. Der Feinsedimenthaushalt in den Bereichen MaxTrüb und stromauf MaxTrüb kann sich dennoch mittelfristig stabilisieren. Gegebenenfalls besteht auch hier das Risiko einer fortlaufenden Ausräumung des Feinsedimenthaushalts, sofern mittelfristig die Menge an Feinmaterial, die im Bereich stromab MaxTrüb untergebracht wird, die natürliche Jahresnettoeintragsmenge an Feinsediment übersteigt. Die möglichen Auswirkungen bei einer fortlaufenden Ausräumung des Feinsedimenthaushalts werden für den Extremfall der vollständigen Entnahme der gebaggerten Feinsedimente im Zuge des hypothetischen Szenario 3 beschrieben.

**Auswirkungen Szenario 3b:** Für die Bereiche MaxTrüb und stromauf MaxTrüb ist mit zu Szenario 3a vergleichbaren Auswirkungen auf die Kriterien Feinsedimenthaushalt und Kreislaufbaggerungen/Baggermengenentwicklung zu rechnen. Im Unterschied zu Szenario 3a wird bei Unterbringung auf eine Stelle im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet)

- > das Feinmaterial weiträumig mit dem küstenparallelen Reststrom in Richtung Norden transportiert. In den küstennahen Gebieten muss jedoch nicht mit messtechnisch nachweisbaren Ablagerungsmächtigkeiten an Feinmaterial gerechnet werden (abgeleitet aus Ergebnissen des Tonne-E3-Monitorings, BfG 2013a).
- > der im Baggergut enthaltene Sandanteil dem System Tideelbe vollständig entnommen und nicht der großräumigen Morphodynamik im Gebiet der Außenelbe zugeführt.
- > trotz der größeren Transportentfernung kein zusätzlicher Austragseffekt für Feinsedimente gegenüber dem Szenario 3a erreicht.

Vergleichbar zu Szenario 3a muss auch hier nicht mit einer anhaltend erhöhten Trübung am Ort der Unterbringung gerechnet werden. Aufgrund der geringen Feststoffmassen, die im Bereich NOK gebaggert werden, ist das Risiko einer kontinuierlichen Ausräumung des Feinsedimenthaushalts aller Voraussicht nach nicht gegeben.

#### **Szenarien 4a/4b (Baggergut NOK → „stromab MaxTrüb“/ „Nordsee“)**

In den Szenarien 4a und 4b wird die im Szenario 1 als kleinräumig und intensiv beschriebene Kreislaufbaggerung zwischen der Unterbringungsstelle und dem Schleusen- und Vorhafenbereich des NOK bei Brunsbüttel stark abgeschwächt. Weiterhin verdriften Anteile des per Spülleitung in die Tideelbe untergebrachten Baggergutes zurück in den Schleusen- und Hafenbereich. Insgesamt wird in beiden Szenarien die Menge des im Elbeabschnitt vor Brunsbüttel untergebrachten Baggergutes um mehr als die Hälfte reduziert. Das führt zu einer Verbesserung der Trübungsverhältnisse auf den Unterbringungsstellen und es wird zukünftig entsprechend weniger Baggergut aus dem Bereich NOK der im Bereich MaxTrüb beginnen-

den, in Richtung stromauf langgestreckten Kreislaufbaggerung (Szenario 1) zugefügt. Auch dieser Kreislauf hat einen Einfluss auf das Sedimentationsgeschehen in den Bereichen Wedel/Juelssand und Hamburg. Unabhängig der veränderten Unterbringungswege für das Baggergut aus dem Baggerbereich NOK wird es weiterhin die sehr intensiven Kreislaufbaggerungen zwischen der Unterbringungsstelle Neßsand und dem Baggerbereich Hamburg geben.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Baggermengenstatistik für den Baggerbereich NOK derzeit eine konstant hohe Baggermenge von jährlich mehr als 6 Mio. m<sup>3</sup> aufweist, verteilt auf 3,5 Mio. m<sup>3</sup>, die auf der VS 700 untergebracht werden und 2,5 Mio. m<sup>3</sup>, die verspült werden. Die bei Unterhaltungsbaggerungen im Bereich NOK erreichten Laderaumdichten sind jedoch deutlich geringer im Vergleich zu den mittleren Dichten, die in den anderen Baggerbereichen der Tideelbe erzielt werden. Somit werden im Bereich NOK insgesamt nur relativ geringe Sedimentmassen (bezogen auf Einheit Trockenmasse (t TS)) gebaggert und auch untergebracht (für weitere Informationen siehe Anlage 3). Andererseits werden im Bereich NOK Feinsedimente mit dem höchsten Feinkornanteil (< 63 µm von im Mittel 75 bis 80 Gew.-%) gebaggert.

**Auswirkungen Szenario 4a:** Eine gegenüber dem Referenzszenario Szenario 1 gesteigerte Austragsmenge an Feinsedimenten, vor allem im Vergleichsfall eines lang anhaltenden niedrigen Oberwasserabflusses, wird in Szenario 4a erreicht, indem das Baggergut nicht mehr ortsnah, sondern weiter seewärts auf Stellen im Bereich stromab MaxTrüb untergebracht wird. Aufgrund der geringen Laderaumdichte wird die mögliche Steigerung der Austragsmenge an Feinsediment geringer sein verglichen mit den Szenarien 2b, 3a sowie 3b. Obwohl die kleinräumig wirkende und als sehr intensiv eingeschätzte Kreislaufbaggerung in diesem Szenario deutlich abgeschwächt wird, kann mittelfristig nur mit einer relativ geringen Auswirkung auf die Baggermengenentwicklung gerechnet werden. Aufgrund der Lage des Bereiches NOK inmitten des ästuarinen Trübungsmaximums (und entsprechend hohen natürlichen Schwebstoffkonzentrationen) wird weiterhin ein großes Materialdargebot an Schwebstoffen verfügbar sein, das hohe Sedimentationsraten in den strömungsberuhigten Hafen- und Schleusenbereichen bewirkt. Ein abschwächender Effekt auf die Baggermengenentwicklung kann aber in den stromauf und stromab gelegenen Baggerbereichen (Hamburg, Wedel/Juelssand und Osteriff) erwartet werden. Aufgrund der stark schluffigen Zusammensetzung des Baggerguts aus dem Bereich NOK wird dieses vor allem in südöstliche Richtung weiträumig auf die Schleswig-Holsteinischen Watten transportiert und dabei in das vorhandene Feinmaterialinventar eingemischt werden. Messtechnisch nachweisbare Ablagerungsmächtigkeiten, vor allem großräumig und flächenhaft, sind deshalb nicht zu erwarten. Aufgrund der relativ weiten Transportentfernung und damit einer geringen Umlagerungsfrequenz ist mit einer anhaltend erhöhten Trübung am Ort der Unterbringung nicht zu rechnen. Bei Auswahl geeigneter Stellen kann auch die Bildung kleinräumiger Kreislaufbaggerungen ausgeschlossen werden (BAW 2013).

**Auswirkungen Szenario 4b:** Für die Bereiche MaxTrüb und stromauf MaxTrüb ist im Szenario 4b mit vergleichbaren Auswirkungen wie im Szenario 4a auf die Kriterien Feinsedimenthaushalt und Kreislaufbaggerungen/Baggermengenentwicklung zu rechnen. Im Unter-

schied zu Szenario 4a wird bei Unterbringung auf eine Stelle im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet)

- > das Feinmaterial weiträumig mit dem küstenparallelen Reststrom in Richtung Nordost transportiert. In den küstennahen Schutzgebieten muss jedoch nicht mit messtechnisch nachweisbaren Ablagerungsmächtigkeiten an Feinmaterial gerechnet werden (abgeleitet aus Ergebnissen des Tonne-E3-Monitorings, vgl. BfG 2013a).
- > der im Baggergut enthaltene sehr geringe Sandanteil dem System Tideelbe vollständig entnommen und nicht der großräumigen Morphodynamik im Gebiet der Außenelbe zugeführt.
- > trotz der größeren Transportentfernung kein zusätzlicher Austragseffekt für Feinsedimente erreicht.

Vergleichbar zu Szenario 4a muss auch hier nicht mit einer anhaltend erhöhten Trübung am Ort der Unterbringung gerechnet werden.

### **Szenario 5 (Baggergut Osteriff)**

In Szenario 5 werden die im Referenzszenario (Szenario 1) in den Bereichen MaxTrüb und stromauf MaxTrüb wirkenden Kreislaufbaggerungen unverändert bleiben. Durch Unterbringung des gebaggerten Feinmaterials in den Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) wird dieses in Szenario 5 dem System Tideelbe vollständig entnommen und nicht mehr wie im Referenzszenario der großräumigen Morphodynamik im Gebiet der Außenelbe zugeführt. Es ist damit zu rechnen, dass die im Baggergut enthaltenen Feinkornanteile ( $< 63 \mu\text{m}$ ) bei Unterbringung im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) weiträumig mit dem küstenparallelen Reststrom in Richtung Nordost transportiert werden. In den küstennahen Schutzgebieten muss jedoch nicht mit messtechnisch nachweisbaren Ablagerungsmächtigkeiten an Feinmaterial gerechnet werden (abgeleitet aus Ergebnissen des Tonne-E3-Monitorings, vgl. BfG 2013a). Am Ort der Unterbringung muss nicht mit einer anhaltend erhöhten Trübung gerechnet werden. Eine Wirkung auf die Baggermengenentwicklung im Bereich Osteriff ist nicht zu erwarten, auch die betrachtete Unterbringung im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) bedeutet keine zusätzliche Austragsmenge und keine weitere Entlastung des Feinsedimenthaushaltes im Bereich MaxTrüb und stromauf MaxTrüb (im Vergleich zum Referenzszenario).

### **Hypothetisches Szenario 1 („kein Baggern“)**

Unmittelbar nach Einstellung sämtlicher Baggerungen zur Wassertiefenunterhaltung wird es in allen Baggerbereichen zu wachsenden Ablagerungen kommen. Alle im Referenzszenario 1 beschriebenen Sedimentkreisläufe werden damit unterbrochen. Die Trübungsverhältnisse entlang der Tideelbe werden nicht mehr durch die Unterbringung von Feinsedimenten beeinflusst. Die gegenwärtig unterhaltenen und planfestgestellten Wassertiefen werden jedoch innerhalb kurzer Zeit nicht mehr vorliegen. Diese Entwicklung entzieht dem aktiven Feststofftransportgeschehen große Mengen an Feinmaterial, was dann auch die bei der derzeitigen Unterbringungsstrategie existierenden Verlandungstendenzen in einigen Sedimentationsräumen verlangsamen würde. Frische Sedimentablagerungen können aber auch in diesem Szenario jederzeit wieder erodiert und an anderer Stelle im Gewässersystem erneut abgelagert werden. Darüber hinaus kann es z. B. in Seitenbereichen oder Nebenelben zu einer verstärkten Mobilisierung und Umlagerungen von tieferliegenden, nicht frischen Sedimentablage-

rungen kommen. Die heutige Flutstromdominanz des Transportregimes wird sich deutlich abschwächen und es kann insgesamt mit einer Abschwächung der Tidedynamik (z. B. Tidehub) gerechnet werden. Die Eintragsmenge von Sedimenten marinen Ursprungs in die Bereiche MaxTrüb und stromauf MaxTrüb wird zurückgehen, damit wird sich auch das Mischungsverhältnis mariner zu fluvialer Sedimente zu Gunsten der fluvialen Feststoffanteile im Längsverlauf der Tideelbe verändern. Morphologie und Hydrologie stehen bei dieser Entwicklung in einem engen Zusammenhang. Die Bereiche MaxTrüb und stromauf MaxTrüb werden jedoch weiterhin ein Sedimentationsraum für Feinmaterial bleiben.

Eine Rückkehr zum hydromorphologischen Zustand der Tideelbe, wie z. B. von vor 200 Jahren, kann ausgeschlossen werden. Strombauliche Maßnahmen und Deichlinien fixieren weiterhin die potenziell möglichen Entwicklungstendenzen innerhalb bestehender Grenzen. Ebenso ist die frühere Geologie der Gewässersohle im Bereich der Fahrrinne durch die verschiedenen Ausbaggerungen zur Vertiefung derselben irreversibel verändert worden.

### **Hypothetisches Szenario 2 (Unterbringungsstrategie von vor 2005)**

Durch die Umstellung auf die Baggergut- und Sedimentmanagementstrategie, die bis 2005 Grundlage des Handelns von WSV und HPA war (vgl. Beschreibung in Kapitel 5), werden sich im Bereich MaxTrüb bzw. in den Flussabschnitten stromauf und stromab des Baggerbereichs Osteriff kleinräumige Kreislaufbaggerungen bilden mit der Folge von Mehrfachbaggerungen. Diese frühere Strategie war geleitet durch den Grundsatz kurzer Transportwege und damit einer ortsnahen Unterbringung der gebaggerten (Fein-)Sedimente. Die im Referenzszenario durch Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Osteriff in den Bereich stromab MaxTrüb (dort auf VS 738) erreichte Entlastung des Feinsedimenthaushaltes würde in diesem hypothetischen Szenario nun nicht sichergestellt werden können. Im Bereich stromauf MaxTrüb hat diese Strategie - und würde es auch zukünftig tun - den Aufbau und die Intensivierung der Kreislaufbaggerungen vor allem stromauf von Pagensand in Richtung Hamburg bewirkt. In diesem Flussabschnitt zeigt auch der Feinmaterialtransport im Fahrrinnenbereich eine ausgeprägte Flutstromdominanz. Das Feinmaterial aus dem Bereich Wedel/Juelssand sowie der Baggermehrmengen aus der zukünftigen Begegnungsbox vor Wedel wird auf Stellen im Abschnitt stromauf MaxTrüb, etwa ab Elbe-km 660 (BA Pagensand) untergebracht (jährlich etwa 3 Mio. m<sup>3</sup>). Alles Baggergut aus dem Bereich Hamburg wird auf der Stelle Neßsand untergebracht (jährlich etwa 4 Mio. m<sup>3</sup>). In der Summe sind dies jährlich ca. 7 Mio. m<sup>3</sup> an Feinmaterial. Auswirkungen dieser Intensivierung von Kreislaufbaggerungen sind

- > mittelfristig eine starke Anreicherung des Feinsedimenthaushaltes in den Bereich MaxTrüb und stromauf MaxTrüb.
- > die Verstärkung von Sedimentationsprozessen im Fahrrinnenbereich. Mit einer weiteren Erhöhung der Baggermengen über das Referenzniveau von jährlich 7 Mio. m<sup>3</sup> hinaus muss, insbesondere zu Zeiten lang anhaltender Niedrigwasserperioden, beim Oberwasserabfluss gerechnet werden. Bei noch längeren Niedrigwasserphasen ist eine weitere Mengensteigerung, auch über die in den Jahren 2004/2005 aufgetretenen Baggermengen hinaus, möglich. Infolgedessen ist damit zu rechnen, dass bestimmte Baggerschwerpunkte aufgrund der erheblichen Sedimentationsraten kontinuierlich zu baggern wären.

- > eine mittelfristige Verstärkung im IST-Zustand bestehender Verlandungsprozesse in Seiten- und Flachwasserbereichen, z. B. dem Mühlenberger Loch, der südlichen Rinne hinter dem Schwarztonnensand sowie der Pagensander Nebelbe an der Südspitze der Insel (vgl. BfG 2008a). Das Baggergut aus dem Bereich NOK wird weiterhin unverändert zum Referenzszenario und mit denselben Auswirkungen im Bereich MaxTrüb untergebracht.

### **Hypothetisches Szenario 3 (Entnahme aus dem System)**

Ein unmittelbarer Vergleich des hypothetischen Szenarios 3 mit dem Baggergut- und Sedimentmanagement der 1980er Jahre ist nicht zulässig. Damals ist das gesamte Baggergut mit Hilfe von Eimerkettenbaggern der Gewässersohle entnommen, mit Schuten abgefahren und auf Inseln aufgespült worden (vgl. HPA & WSV 2010). Im hypothetischen Szenario 3 soll nur das Feinmaterial aus dem System Tideelbe entnommen werden, d. h. es wird an einem beliebigen Ort untergebracht, von dem es definitiv nicht mehr in das System Tideelbe zurückkehren kann. Die Auswirkungen am Ort der Unterbringung werden bei diesem hypothetischen Szenario nicht behandelt. Das sandige Baggergut wird weiterhin im Gewässer umgelagert. Nach Umsetzung dieser Strategie werden die Trübungsverhältnisse entlang der Tideelbe nicht mehr durch die Unterbringung von Feinsedimenten negativ beeinflusst und bestehende Kreislaufbaggerungen werden sich zeitnah zurückentwickeln, da diese nicht mehr mit neuem Feinmaterial gespeist werden. Es ist anzunehmen, dass die baggertechnisch entnommene Feinmaterialmenge die natürliche Nettoeintragsmenge in das Elbeästuar deutlich übersteigt. Dabei kommt es zu einer fortschreitenden Ausräumung des Feinmaterialhaushaltes und damit auch zu deutlich zurückgehenden Feinmaterialbaggermengen. Für den Bereich stromauf MaxTrüb bedeutet diese Entwicklung ein Sedimentinventar mit ansteigenden Sandanteilen. Die Gewässersohle wird sandiger und zuvor noch schlickige Bereiche der Gewässersohle werden wieder durch Transportkörperstrukturen (Dünen, Riffel) morphologisch geprägt. Auch wird der Feinsandanteil in anfangs schlickigen Sedimenten (z. B. Schlickwatten, Nebelbeben, Seitenbereiche) zunehmen. Abhängig vom Ort der Baggerung kann das Feinmaterial auch stark feinsandig sein und Mittel- und Grobsandanteile zwischen 5 bis 10 Gew.-% aufweisen. Da die gebaggerten Feinmaterialmengen groß sind, bedeutet deren vollständige Entnahme über einen längeren Zeitraum - vor allem für den Bereich des inneren Ästuars - eine nicht zu vernachlässigende Sandmenge, die dem Feststoffhaushalt entnommen wird. Ein neuer, nicht zu prognostizierender Gleichgewichtszustand zwischen Morphologie und Hydrologie wird sich - begleitet von bereichs- und zeitweise verstärkten Erosions- und Sedimentationsprozessen - einstellen.

## **7.2 Sauerstoff**

### **Szenario 2a (Baggergut Hamburg → „MaxTrüb“)**

Die Unterbringung Hamburger Baggergutes, welches eine mittlere Nährstoffbeladung und Sauerstoffzehrung aufweist, erfolgt in den Bereich MaxTrüb, der auch im Sommer einen stabilen Sauerstoffhaushalt aufweist. Das heutzutage auftretende geringe sommerliche Sauerstoffdefizit ist ursächlich bedingt durch die in der Trübungszone natürlicherweise auftretenden hohen Schwebstoffgehalte. Die in der Trübungszone „eingefangenen“ Partikel bzw. deren organischer C-Anteil dient Bakterien als Nahrungsgrundlage und wird von diesen unter Sauerstoffverbrauch umgesetzt. Direkte Auswirkungen einer Unterbringung auf den Sauer-

stoffgehalt, verursacht durch zusätzliche O<sub>2</sub>-Zehrung aufgrund geringer Zunahme der organischen C- und Ammoniumgehalte, können in diesem Elbabschnitt angesichts der geringen Vorbelastung abgepuffert werden. Generell wird in ein natürlicherweise heterotrophes System (die Sauerstoffzehrung überwiegt gegenüber der Sauerstoffproduktion) zusätzliches abbaubares Material eingebracht. Dauerhafte und großräumige Auswirkungen durch eine höhere Trübung und ggf. sohlennahe Aufkonzentration des Schwebstoffs sind möglich und stellen ein ökologisches Risiko auch für Seitenbereiche dar. Aufgrund der bestehenden Trübung und der dadurch verursachten Lichtlimitierung der Algen können zusätzliche Nährstoffe von diesen nicht genutzt werden; es liegt kein Eutrophierungspotenzial vor.

### **Szenario 2b (Baggergut Hamburg → „Nordsee“)**

Eine Unterbringung von jährlich 3,9 Mio. t Baggergut aus dem Bereich Hamburg in den Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) ist mit der bereits erfolgten Baggergutunterbringung nach Tonne E3 prinzipiell vergleichbar, da die Zusammensetzung des Baggergutes vermutlich gleich sein wird. Damit werden limnische Sedimente in die marine Umwelt eingebracht. Der Sauerstoffhaushalt ist in diesem Gebiet stabil und zeigte bei Einzelmessungen in Zusammenhang mit dem Monitoringprogramm an der Tonne 3 keine sohlennahen Defizite. Die in diesem Szenario angesetzte Baggergutmenge ist im Vergleich zur bisher erfolgten Unterbringung zu Tonne E3 um etwa den Faktor vier erhöht. Direkte Auswirkungen werden durch die nicht sofort sedimentierenden Anteile des Baggergutes bewirkt. Diese führen kurzfristig und in unmittelbarer Nähe der Unterbringungsstelle zu geringen Abnahmen der Sauerstoffgehalte beim Unterbringungsverfahren, bei gleichzeitiger Erhöhung der Trübung, des organischen Kohlenstoffgehalts sowie der Ammoniumgehalte. Länger anhaltende Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit sind aufgrund der Verdünnung mit einem großen Wasserkörper nicht zu erwarten. An der Gewässersohle der Unterbringungsstelle findet eine starke Sortierung des Baggergutes hin zu gröberem Material mit geringeren organischen C-Gehalten und Nährstoffgehalten statt. Die überwiegende Masse der feinen Anteile des Baggergutes kommt in einem größeren Umkreis zur Ablagerung oder wird weiträumig verdriftet, so dass eine großräumige Erhöhung der Nährstoffgehalte in den Sedimenten nicht feststellbar ist. Ein Eutrophierungspotenzial (= vermehrtes Algenwachstum durch eingetragene Nährstoffe) besteht, dürfte aber wegen der Verdünnung und der zeitweise deutlich bemerkbaren Beeinflussung der Nährstoffgehalte durch die „Eintragsfahne“ der Tideelbe in der Nordsee kaum nachweisbar sein.

Obwohl mit dem Baggergut dauerhaft Nährstoffe und organisches Material in die Nordsee (Schlickfallgebiet) eingebracht werden, ist aufgrund der weiträumigen Verdriftung der gelösten Stoffe sowie der feinen Anteile des Baggergutes davon auszugehen, dass sowohl der Sauerstoffgehalt als auch die Nährstoffgehalte im Wasser nicht nachweisbar beeinflusst werden. Insgesamt werden die Auswirkungen des Szenarios 2b als gering eingestuft.

### **Szenario 3a (Baggergut Wedel/Juelssand → „stromab MaxTrüb“)**

Zusätzlich zu den 1,9 Mio. m<sup>3</sup>/<sub>a</sub> Baggergut aus dem Bereich Osteriff würden in diesem Szenario weitere 3,3 Mio. m<sup>3</sup>/<sub>a</sub> Baggergut aus dem Baggerabschnitten BA 1 und BA 3 auf Unterbringungsstellen im Bereich stromab MaxTrüb untergebracht werden. Damit würde Baggergut mit geringer Nährstoffbeladung und Sauerstoffzehrungseigenschaften in den

Mündungstrichter der Elbe verbracht. Aufgrund der im Unterbringungsbereich vorherrschenden hohen Dynamik wird es zu einer weiträumigen Verteilung der Schluffanteile in vorwiegend südöstliche Richtung kommen. Der Sauerstoffhaushalt ist aufgrund der Dynamik und der großen Wattflächen stabil und wird kaum beeinflusst werden. Es besteht aufgrund der auch von den Wattflächen beeinflussten Trübung des Wassers ein nur geringes Eutrophierungspotenzial. Kurzfristige Beeinträchtigungen des O<sub>2</sub>-Gehaltes können während der Unterbringung auftreten. Auch eine Erhöhung der Trübung durch die nicht sedimentierenden Anteile des Baggergutes ist zu erwarten. Durch die hohe Dynamik im System werden die Auswirkungen aber nur kurzfristig und in unmittelbarer Umgebung der Unterbringungsstelle ggf. nachweisbar sein.

### **Szenario 3b (Baggergut Wedel/Juelssand → „Nordsee“)**

Eine Unterbringung von jährlich 3,3 Mio. t Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand in den Bereich der Nordsee (Schlickfallgebiet) ist mit der bereits erfolgten Baggergutverbringung von Hamburger Baggergut nach Tonne E3 prinzipiell vergleichbar, wobei die Nährstoffbelastung und Sauerstoffzehrungseigenschaften des Baggergutes aus dem Bereich Wedel/Juelssand geringer sind. Dabei werden limnische Sedimente in die marine Umwelt eingebracht. Die Sedimente an der Unterbringungsstelle selber werden gröber und der organische Kohlenstoffgehalt nimmt ab. Insgesamt treten qualitativ betrachtet die gleichen Auswirkungen wie in Szenario 2b auf. Allerdings sind die Auswirkungen aufgrund der insgesamt etwas geringeren Baggergutmengen und geringeren Beladung des Baggergutes mit Nährstoffen in ihrer Summe leicht abgeschwächt. Die Auswirkungen werden wie für das Szenario 2b als gering eingestuft.

### **Szenario 4a (Baggergut NOK → „stromab MaxTrüb“)**

Zusätzlich zu den 1,9 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus dem Bereich Osteriff würde in diesem Szenario das Baggergut aus den NOK-Vorhäfen auf Stellen im Bereich stromab MaxTrüb untergebracht. Damit würde Baggergut mit höheren Schluffanteilen und damit höheren organischen C- und Nährstoffgehalten in den Mündungstrichter der Elbe verbracht. Aufgrund der im Unterbringungsbereich vorherrschenden hohen Dynamik wird es zu einer weiträumigen Verteilung der Schluffanteile mit der Hauptrichtung Südost kommen. Eine Sedimentation in angrenzenden Wattgebieten ist zu vermuten. Der Sauerstoffhaushalt ist aufgrund der Dynamik und der großen Wattflächen stabil und dürfte kaum beeinflusst werden. Es besteht ein geringes Eutrophierungspotenzial. Aufgrund der vergleichsweise hohen Schluffanteile des Baggergutes können sehr geringe Beeinträchtigungen der Sauerstoffgehalte beim Verbringen des Baggergutes auftreten. Damit verbunden kann es zu sehr geringen Einträgen von organischem Kohlenstoff und Ammonium sowie einer kurzfristigen Erhöhung der Trübung durch die nicht sedimentierenden Anteile des Baggergutes kommen. Nachteilige Auswirkungen werden aber auch weiterhin durch die hohe Dynamik im System kaum nachweisbar sein.

### **Szenario 4b (Baggergut NOK → „Nordsee“)**

Eine Unterbringung von Baggergut aus den elbseitigen NOK-Vorhäfen ist aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung des Baggergutes nur teilweise mit der bisherigen Baggergutunterbringung an der Tonne E3 vergleichbar. Es werden oligohaline Sedimente aus der Trübungszone in die marine Umwelt eingebracht. Die Sedimente an der Unterbringungs-

stelle selber werden vermutlich trotz des hohen Feinkornanteils des NOK-Baggergutes gröber und an organischem Kohlenstoff ärmer. Die Auswirkungspfade entsprechen denen der Szenarien 2b und 3b. Insgesamt werden die Auswirkungen daher ebenfalls als gering eingestuft.

### **Szenario 5 (Baggergut Osteriff → „Nordsee“)**

Eine Unterbringung von jährlich 1,9 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus dem Bereich Osteriff in den Bereich der Nordsee (Schlickfallgebiet) ist mit der bereits erfolgten Baggergutunterbringung nach Tonne E3 vergleichbar. Dabei werden oligohaline Sedimente in die marine Umwelt eingebracht. Die Sedimente an der Unterbringungsstelle selber werden grobkörniger und ärmer an organischem Kohlenstoff. Insgesamt findet vermutlich eine starke Sortierung des Baggergutes an der Unterbringungsstelle statt. Die geringen Schluffanteile des Baggergutes werden weiträumig verdriftet und damit verdünnt. Aufgrund des großen Wasserkörpers und der Verdünnung treten beim Unterbringungsverfahren des vergleichsweise grobkörnigen Baggergutes nur kurzfristig Trübungs- und Nährstoffhöhungen auf. Insgesamt ist von nur sehr geringen Beeinträchtigungen des Sauerstoffhaushaltes auszugehen. Ein Eutrophierungspotenzial (= vermehrtes Algenwachstum durch eingetragene Nährstoffe) besteht, dürfte aber wegen der sehr geringen Nährstoffbelastung des Baggergutes und der Verdünnung sehr gering ausfallen und zudem aufgrund der Beeinflussung der Nährstoffgehalte durch die „Eintragsfahne“ der Tideelbe kaum nachweisbar sein.

### **Hypothetisches Szenario 1 („kein Baggern“)**

Im hypothetischen Szenario 1 werden die Trübungsverhältnisse entlang der Tideelbe nicht mehr durch die Unterbringung von Feinmaterial beeinflusst. Große Mengen an Feinmaterial werden in den Sedimentationsräumen in den Fahrrinnenbereichen, den heutigen Baggerstellen, längerfristig festgelegt, und eine Konsolidierung und Sedimentgenese finden nun überall „ungestört“ statt. Damit werden sowohl organischer Kohlenstoff als auch Nährstoffe verstärkt im Sediment festgelegt und dort umgesetzt. In Abhängigkeit der Sauerstoffverhältnisse kann die Festlegung dauerhaft sein oder bei sohlennah anaeroben Bedingungen können Nährstoffrücklösungen auftreten. In den oberen Abschnitten der Tideelbe, insbesondere im Hafbereich, sind aufgrund der höheren organischen Belastung der sedimentierenden Schwebstoffe verstärkt anaerobe Bedingungen in den Sedimenten - mit Nährstoffrücklösungen und Methanbildung - zu erwarten. Auch weiter stromab wird die Eintragsmenge von Sedimenten marinen Ursprungs in die Bereiche MaxTrüb und stromauf MaxTrüb zurückgehen, damit wird sich auch das Mischungsverhältnis zu Gunsten der fluviatilen Feststoffanteile im Längsverlauf der Tideelbe verändern; die Sedimente werden vermutlich dann höhere organische Anteile aufweisen.

### **Hypothetisches Szenario 2 (Unterbringungsstrategie von vor 2005)**

Bei der Strategie der möglichst ortsnahen Unterbringung werden im Bereich stromauf MaxTrüb gebaggerte Sedimente bei Neßsand und stromauf km 660 untergebracht, d.h. in den Elbeabschnitt, in dem im Sommer ungünstige Sauerstoffverhältnisse herrschen. Mit diesem Szenario würde im Vergleich zu allen anderen die relativ größte zusätzliche Belastung des Sauerstoffhaushaltes durch die Baggergutunterbringung bewirkt. Weiterhin kann die Aufladung des Elbabschnittes stromauf MaxTrüb mit Feinsedimenten zu einer Verstärkung der

Verlandungsprozesse der Seiten- und Flachwasserbereichen führen, wodurch die positiven ökologischen Funktionen, wie u. a. relativ zum Hauptstrom günstigere Sauerstoffgehalte, gefährdet würden.

### Hypothetisches Szenario 3 (Entnahme aus dem System)

Die Entnahme des gesamten gebaggerten Feinmaterials aus der Tideelbe dürfte stromauf MaxTrüb tendenziell zu einer Abnahme der Trübung führen, wodurch die Primärproduktion in diesem Abschnitt der Tideelbe aufgrund besserer Lichtversorgung des Phytoplanktons ansteigen würde. Ein verstärkter biogener Sauerstoffeintrag und eine geänderte Nahrungsgrundlage für Primärkonsumenten könnte die Folge sein. Auch der Rückgang der feinen, organikreichen Anteile in den Sedimenten wird die Nahrungsgrundlage für die dort lebende Fauna verändern. Insgesamt dürften die Sedimente nicht nur grobkörniger, sondern gleichzeitig auch besser mit Sauerstoff versorgt werden.

## 7.3 Schadstoffe

Im Elbeästuar ist mit schadstoffbelasteten Sedimenten umzugehen, die überwiegend aus der Mittel- und Oberelbe in das Ästuar eingetragen werden. Je größer die Transportentfernung des Baggergutes mit dem Hopperbagger stromabwärts zur Unterbringungsstelle ist, desto größere Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte der umgebenden Sedimente sind zu erwarten. Die Bewertung der Szenarien 2 - 5 berücksichtigt die in Kapitel 6.3.2 verwendeten Kriterien. Die Bewertungsstufen sind in Anhang 1 definiert. Tabelle 6 zeigt eine kurze Übersicht der Ergebnisse der Bewertung der Szenarien 1 - 5.

**Tabelle 6: Zusammenfassende Bewertung der Szenarien zur Unterbringung von Baggergut aus dem Elbeästuar und der hypothetischen Szenarien**

Herkunft Baggergut	Szenarien	Erhöhte Belastung Baggergut gegenüber VS	Ausmaß der Schadstoffanreicherung / Größe des beeinflussten Bereiches	Erhöhung der mobilen Schadstoffmenge an VS	Beschleunigung des Schadstoffeintrags in die Nordsee	resultierende Bewertung
Hamburg	1					
	2a					
	2b					
Wedel	1					
	3a					
	3b					
NOK	1					
	4a					
Osteriff	4b					
	1					
	5					
		Erhöhung der Schadstoffbelastung im System Elbeästuar	Ausmaß der Schadstoffanreicherung / Größe des beeinflussten Bereiches	Erhöhung der mobilen Schadstoffmenge im System Elbeästuar	Beschleunigung des Schadstoffeintrags in die Nordsee	
Hypothetisches Szenario 1				+	+	+
Hypothetisches Szenario 2						
Hypothetisches Szenario 3			+	+	+	+

### Szenario 2

Bei den Szenarien 2a und 2b sind Auswirkungen der Stufen „mittel bis hoch“ bzw. „hoch“ auf die Schadstoffbelastungen der Unterbringungsstelle und in deren Umfeld zu erwarten. Der Transport der Schadstoffe aus dem Bereich Hamburg in die Nordsee wird bei beiden Szenarien deutlich verstärkt und beschleunigt. Die unten aufgeführte Bewertung stellt den

ungünstigsten Fall dar, da die Baggermengen bei Umsetzung der Szenarien 2 mittelfristig wahrscheinlich geringer ausfallen werden als in den Szenarien zugrunde gelegt.

Die mobilen Schadstoffmengen im Bereich der derzeitigen Unterbringungsstelle Neßsand werden dagegen bei den Szenarien 2a und 2b verringert. Auch die Mengen schadstoffbelasteter Sedimente, die sich entlang des Bereiches stromauf MaxTrüb in den Seitenbereichen anreichern sowie stromabwärts im Baggerbereich Wedel/Juelssand ablagern können, werden zurückgehen. Auf die Schadstoffgehalte im Bereich stromauf MaxTrüb wird sich diese Verringerung der Schadstoffmengen wahrscheinlich nur wenig auswirken, solange weiterhin schadstoffbelastete Feststoffe aus dem Binnenbereich in das Elbeästuar gelangen. Ein leichter Rückgang der Schadstoffgehalte im Bereich Wedel/Juelssand ist möglich.

Bei Beschränkung der Unterbringung in den Bereich MaxTrüb bzw. Nordsee (Schlickfallgebiet) auf das geringer mit Schadstoffen belastete Baggergut aus den Westlichen Häfen inklusive Unterelbe, Köhlbrand sowie der Norderelbe Delegationstrecke (siehe Kapitel 6.3.1) sind etwas geringere Auswirkungen auf die Schadstoffbelastung im Bereich der Unterbringungsstellen und deren Umgebung zu erwarten. Sie können zusammenfassend noch als mittel (Szenario 2a) bzw. mittel bis hoch (Szenario 2b) eingestuft werden, vor allem da die Baggermengen mit ca. 2,6 Mio. m<sup>3</sup>/a und damit die mit dem Baggergut transportierten Schadstoffmengen geringer ausfallen als bei Unterbringung des gesamten Hamburger Baggergutes.

#### **Szenario 2a (Baggergut Hamburg → „MaxTrüb“)**

Durch die zusätzliche Unterbringung des gesamten Hamburger Baggergutes in den Bereich MaxTrüb (z. B. VSB 686/690) werden die mobilen Schadstoffmengen im Bereich der Unterbringungsstelle deutlich größer als bei Szenario 1 und sind als hoch einzustufen. Zudem übersteigen die Gehalte einiger Schadstoffe im Baggergut aus dem Bereich Hamburg (über die Baggermengen gewichtete mittlere Belastung) das 3-fache der Gehalte im Unterbringungsbereich; für p,p'-DDT liegt der Wert im Baggergut fast beim 6-fachen der lokalen Belastung der nahe der Unterbringungsstelle VSB 686/690 gelegenen DMS Brunsbüttel. Da große Teile des feinkörnigen, schadstoffbelasteten Materials < 63 µm verdriften, wird bei mittelfristiger Nutzung eine Erhöhung der Schadstoffgehalte an der Unterbringungsstelle und deren Umgebung in MaxTrüb sowie in den angrenzenden Seitenbereichen nachweisbar sein und die Auswirkung als mittel stark bis hoch eingestuft. Bei hohen Oberwasserabflüssen ist außerdem durch Verdriftung mit einer Erhöhung der Schadstoffbelastung im Baggerbereich NOK und abgeschwächt im Baggerbereich Osteriff zu rechnen. Bei niedrigen Oberwasserabflüssen wird dagegen eher die Anreicherung schadstoffbelasteter Feinanteile < 63 µm in stromauf der Unterbringungsstelle gelegenen Seitenbereichen verstärkt. Durch die große Distanz von über 40 km, die das hoch mit Schadstoffen belastete Baggergut mit dem Hopperbagger zurücklegt, wird der seewärts gerichtete Schadstofftransport gegenüber Szenario 1 beschleunigt und verstärkt. Die Intensität der Kreislaufbaggerung fällt im Bereich der VSB 686/690 gegenüber Szenario 1 geringer aus. Damit wird ein größerer Teil der mit dem Hamburger Baggergut bewegten großen Schadstoffmengen in Richtung See transportiert. Der Schadstoffaustrag in Richtung Nordsee ist als hoch anzusehen.

### **Szenario 2b (Baggergut Hamburg → „Nordsee“)**

Die Gehalte einiger Schadstoffe (Cadmium, HCB, die Verbindungen der DDX-Gruppe und TBT) sind im Mittel im Baggergut aus dem gesamten Bereich Hamburg um mehr als das 6-fache, für einzelne Schadstoffe sogar mehr als das 10-fache bis zum 70-fachen bei TBT und damit stark gegenüber der im Bereich einer Unterbringungsstelle im Schlickfallgebiet der Deutschen Bucht vorliegenden Belastung (BfG 2005) erhöht. Während ein Großteil der schadstoffbelasteten Feinanteile  $< 63 \mu\text{m}$  des untergebrachten Baggergutes verdriften wird, werden sich geringe Mengen des Feinmaterials mit den daran gebundenen elbetypischen Schadstoffen auf der Unterbringungsstelle anreichern. Die an die Feinanteile  $< 63 \mu\text{m}$  gebundenen Schadstoffe, die gegenüber der Umgebung stark erhöhte Gehalte aufweisen, werden vermutlich wie bei der Unterbringungsstelle Tonne E3 in Schlickeinlagerungen im abgelagerten Sand vorliegen (BfG 2008b). Die Ergebnisse der bisher vorliegenden Untersuchungen lassen eine hohe Lagestabilität dieser abgelagerten Schichten erwarten (BfG 2013a).

Die mobilen Schadstoffmengen im Bereich der Unterbringungsstelle werden stark erhöht. Langfristig ist eine Erhöhung der Schadstoffgehalte im Nahbereich der Unterbringungsstelle möglich (Einstufung: mittlere Erhöhung). Eine Erhöhung in der weiteren Umgebung der Unterbringungsstelle wird aufgrund der weiträumigen Verdriftung der schadstoffbelasteten Feinanteile  $< 63 \mu\text{m}$  nicht nachweisbar und damit gering sein. Bisherige Untersuchungen weisen darauf hin, dass die belasteten Feinanteile aus dem bei der Unterbringungsstelle Tonne E3 umgelagerten Baggergut die Küstenwatten in nicht nachweisbaren Mengen erreichen werden (BfG 2013a).

Der Schadstoffeintrag in die Nordsee wird stark beschleunigt und verstärkt, da die gesamten im Hamburger Baggergut enthaltenen großen Schadstoffmengen mit dem Hopperbagger in die Deutsche Bucht transportiert werden. Für einige Stoffe betragen die mit den 4 Mio.  $\text{m}^3/\text{a}$  Hamburger Baggergutes transportierten Schadstoffmengen mehr als 50 % der jährlich in das Elbeästuar eingetragenen partikulär gebundenen Schadstofffracht (ARGE Elbe 2009). Auch bei der Unterbringung der ca. 2,6 Mio.  $\text{m}^3/\text{a}$  Baggergut aus den Westlichen Häfen einschließlich Unterelbe und Köhlbrand sowie der Norderelbe Delegationsstrecke werden die Schadstofffrachten bei mehr als 25 % und z. T. immer noch bei mehr als 50 % der Eingangsfrachten ins Ästuar liegen.

### **Szenario 3**

Bei den Szenarien 3 ist eine geringe Erhöhung der Schadstoffbelastung im Bereich der Unterbringungsstellen gegenüber der derzeitigen Situation zu erwarten. Der Schadstoffeintrag in die Deutsche Bucht wird in beiden Fällen deutlich gegenüber der derzeitigen Unterbringungsstrategie beschleunigt und verstärkt. Es erfolgt eine Anreicherung schadstoffbelasteter Feinsedimente in seewärts gelegene, bisher geringe vorbelastete strömungsberuhigte Bereiche.

Die mobilen Schadstoffmengen an der derzeitigen Unterbringungsstelle im Bereich MaxTrüb (VSB 686/690) werden dagegen bei beiden Szenarien gegenüber Szenario 1 verringert. Entsprechend werden die Mengen schadstoffbelasteter Feinsedimente, die in den nahe der Unterbringungsstelle gelegenen Seitenbereichen sedimentieren bzw. in die Baggerbereiche

NOK oder Osteriff gelangen, abnehmen. Der Einfluss auf die Schadstoffgehalte in diesen Bereichen wird damit etwas geringer ausfallen.

### **Szenario 3a (Baggergut Wedel/Juelssand → „stromab MaxTrüb“)**

Die Schadstoffgehalte im Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand sind mäßig gegenüber der Belastung im Unterbringungsbereich stromab MaxTrüb erhöht. Für einige Schadstoffe liegen sie um mehr als das 3-fache, für TBT sogar um das 20-fache über der regionalen Belastung im Bereich stromab MaxTrüb. Die mobilen Schadstoffmengen an der Unterbringungsstelle werden durch das Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand erhöht (mittlere Erhöhung). Sie entsprechen für einige Stoffe mehr als 25 % des Wertes, der als Eingangsfracht in das Ästuar angegeben wird (ARGE Elbe 2009). Mit den Feinsedimentanteilen < 63 µm aus dem umgelagerten Baggergut verdriften größere Mengen Schadstoffe weiträumig vor allem in südöstliche Richtung auf die schleswig-holsteinischen Watten. Eine mittlere Erhöhung der Schadstoffbelastung im Nahfeld einer Unterbringungsstelle im Bereich stromab MaxTrüb ist möglich und auch im weiteren Umfeld nicht auszuschließen. In den küstennahen Watten wird die Erhöhung jedoch messtechnisch aufgrund der weiträumigen Verteilung wahrscheinlich nicht nachweisbar sein. Der Schadstofftransport in Richtung See wird im Vergleich zum strömungsbedingten Transport und auch gegenüber Szenario 1 deutlich verstärkt und beschleunigt, da der mit dem Hopperbagger überbrückte Transportweg mit etwa 90 km sehr groß sein wird (siehe Kapitel 6.3.2). Zudem wird der Austrag feststoffgebundener Schadstoffe mit den feinkörnigen Sedimenten aus dem Ästuar bei allen Abflusssituationen größer als bei der heutigen Unterbringungsstrategie sein, da nur vernachlässigbar geringe Anteile der untergebrachten Feinsedimente zurück in die Bereiche MaxTrüb und stromauf MaxTrüb transportiert werden.

### **Szenario 3b (Baggergut Wedel/Juelssand → „Nordsee“)**

Wenn auch in geringerem Maße als beim Hamburger Baggergut, sind die Gehalte weniger Schadstoffe im Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand (HCB, p,p'-DDD und TBT) gegenüber der Situation auf einer Unterbringungsstelle in der Nordsee (Schlickfallgebiet) um mehr als das 6-fache, für TBT sogar um das 50-fache und damit stark erhöht. Durch die Unterbringung des Baggergutes wird die mobile Schadstoffmenge gegenüber Szenario 1 erhöht (mittlere Erhöhung), jedoch geringer als bei der Unterbringung von Hamburger Baggergut in diesen Bereich (Szenario 2b). Die Schadstoffmenge im Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand ist auch geringer als die mit dem Material aus den Westlichen Häfen inklusive Unterelbe und Köhlbrand sowie der Norderelbe Delegationsstrecke verbundene Schadstofffracht. Wie bei Szenario 2b beschrieben, erfolgt eine Anreicherung kleinerer Mengen schadstoffbelasteter feinkörniger Sedimente < 63 µm auf der Unterbringungsstelle, während der größere Anteil der schadstoffbelasteten Feinanteile großräumig verdriften wird. Langfristig ist eine Erhöhung der Schadstoffbelastung in der näheren Umgebung der Unterbringungsstelle möglich. In der weiteren Umgebung der Unterbringungsstelle sowie in den küstennahen Watten wird die Erhöhung jedoch nicht nachweisbar sein. Der Schadstoffeintrag in die Deutsche Bucht wird aufgrund des langen Transportweges mit dem Hopperbagger und der großen Schadstoffmengen stark beschleunigt und verstärkt. Die großen Schadstoffmengen, die mit dem Baggergut bewegt werden, gelangen direkt in die Meeresumwelt. Sie

können für einige Stoffe mehr als 25 % der Eingangsfracht in das Ästuar (ARGE Elbe 2009) ausmachen.

#### **Szenario 4**

Bei Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich NOK nach stromab MaxTrüb oder in die Nordsee (Schlickfallgebiet) sind die Auswirkungen als mittel einzustufen und damit etwas ungünstiger im Vergleich zu Szenario 1.

Aufgrund der hohen Schwebstoffkonzentrationen im Bereich MaxTrüb werden die mobilen Schadstoffmengen im Bereich der VS 700 und im Baggerbereich des NOK bei beiden Szenarien trotz der Entfernung von Feinsedimenten aus dem System wenig beeinflusst. Auch die Schadstoffgehalte in Feststoffen im Bereich MaxTrüb werden sich nicht wesentlich ändern. Der Schadstoffaustrag in Richtung See wird in geringerem Maße als bei den Szenarien 2 und 3 gegenüber der gegenwärtigen Unterhaltungsstrategie beschleunigt und verstärkt.

#### **Szenario 4a (Baggergut NOK → „stromab MaxTrüb“)**

Das Baggergut ist nur gering höher belastet als die Sedimente im Unterbringungsbereich stromab MaxTrüb. Die Schadstoffgehalte im Baggergut überschreiten das 3-fache der Belastung an den Unterbringungsstellen nicht oder nur geringfügig. Es ist daher auch im Bereich der Baggergutunterbringung sowie in den Wattbereichen, in die schadstoffbelastete Feinanteile verdriften, nur von einer geringen Erhöhung der Schadstoffgehalte auszugehen, die wahrscheinlich nicht nachweisbar sein wird.

Die mobilen Schadstoffmengen an Unterbringungsstellen stromab MaxTrüb werden deutlich erhöht. Obwohl die Feststoffdichte des Baggergutes aus dem Schleusenbereich NOK gering ist, bedeutet der hohe Feinkornanteil < 63 µm nicht zu vernachlässigende Schadstoffmengen. Ausgehend von 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a Baggergut, die derzeit zur Unterbringungsstelle VS 700 gebracht werden, liegen die mit dem Baggergut transportierten Schadstoffmengen für die meisten Stoffe niedriger als die Schadstoffmengen im Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand. Bei Betrachtung der gesamten 6 Mio. m<sup>3</sup>/a Baggergut, die im Baggerbereich Brunsbüttel (Unterbringung auf VS 700 und Spülleitung) anfallen, liegen die Mengen an Schwermetallen in einer ähnlichen Höhe wie im Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juels-sand, für organische Schadstoffe jedoch weiterhin darunter. Außerdem ist eine mittlere Beschleunigung und Verstärkung des Schadstofftransportes gegenüber der Unterbringung im Bereich MaxTrüb zu erwarten. Der Stromauftransport der schadstoffbelasteten Feinanteile zurück zum Baggerbereich NOK ist deutlich geringer als bei Szenario 1.

#### **Szenario 4b (Baggergut NOK → „Nordsee“)**

Für einige Schadstoffe liegen die Gehalte im Baggergut mehr als dreimal so hoch wie die regionale Belastung im Unterbringungsbereich Nordsee (Schlickfallgebiet), die TBT-Gehalte erreichen etwa das 6-fache. Die auf der Unterbringungsstelle verbleibenden geringen Mengen an Feinsedimenten < 63 µm werden zwar gegenüber der umgebenden Belastung eine erhöhte Schadstoffbelastung aufweisen, jedoch in einem geringeren Maße als bei den Szenarien 2b und 3b (mittlere Erhöhung). Die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich NOK führt zu einer mittleren Erhöhung der mobilen Schadstoffmengen der Unterbringungsstelle. In der

Umgebung der Unterbringungsstelle ist aufgrund der weiträumigen und starken Verdriftung der Feinanteile des Baggergutes nur von einer geringen, nicht nachweisbaren Erhöhung der Schadstoffgehalte auszugehen. Würden die gesamten 6 Mio. m<sup>3</sup>/a Baggergut aus dem Bereich NOK in den Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) verbracht, würde die Erhöhung der Belastung in den Schlickeinlagerungen an der Unterbringungsstelle wie bei den 3,5 Mio. m<sup>3</sup> weiterhin gering ausfallen. Die Verdriftung in die Umgebung der Unterbringungsstelle könnte jedoch zu etwas höheren Belastungen und einer mittleren Auswirkung auf die Schadstoffgehalte führen. Die Beschleunigung des Schadstofftransportes ist als hoch eingestuft, die Verstärkung jedoch nur als mittel.

### **Szenario 5 (Baggergut Osteriff → „Nordsee“)**

Von allen Szenarien sind bei Szenario 5 die geringsten nachteiligen Auswirkungen auf die Schadstoffbelastung an Unterbringungsstellen in der Nordsee (Schlickfallgebiet) zu erwarten. Im Bereich stromab MaxTrüb ist durch Szenario 5 keine nachweisbare Verbesserung der dort vorliegenden Schadstoffbelastung zu erwarten.

Nur die Belastung mit TBT-Verbindungen erreicht etwa das 6-fache der Gehalte, die im Schlickfallgebiet der Deutschen Bucht nachgewiesen wurden (BfG 2005). Von den übrigen untersuchten elbetypischen Schadstoffen sind die Gehalte von Quecksilber, den Hexachlorcyclohexanen und p,p'-DDD noch mäßig gegenüber der Belastung an der Unterbringungsstelle erhöht. Entsprechend werden die mobilen Schadstoffmengen in diesem Bereich sowie dessen Umgebung nur gering erhöht und ein Einfluss auf die Schadstoffbelastung von Küstenwatten ist auszuschließen (BfG 2013a). Der Schadstoffaustrag in die Deutsche Bucht wird durch den Transport des Baggergutes mit dem Hopperbagger nur gering beschleunigt und erhöht. Die mit dem Baggergut aus dem Bereich Osteriff verbundenen Schadstoffmengen sind wegen der nur geringen Mengen schadstoffbelasteter Feinanteile < 63 µm relativ gering und liegen für die meisten Stoffe unter 25 % des feststoffgebundenen Schadstoffeintrags in das Elbeästuar (ARGE Elbe 2009).

### **Hypothetisches Szenario 1**

Durch die Verschiebung der Mischungsverhältnisse mariner/fluviabler Sedimente zugunsten der fluvialen Anteile, die aus der Abschwächung der Flutstromdominanz folgt, wird sich der Schadstoffgradient (vgl. Kapitel 6.3.1) in Richtung See verschieben. Damit wird sich die Schadstoffbelastung der Feststoffe im gesamten Ästuar sehr gering bis gering erhöhen. Im Bereich stromauf MaxTrüb ist eine deutlich nachweisbare Zunahme der Schadstoffgehalte zu erwarten, während die Zunahme stromab MaxTrüb, wo auch weiterhin der marine Anteil überwiegen wird, wahrscheinlich nur wenig über die natürlichen Variationen hinausgehen wird. Die beobachteten Veränderungen der Schadstoffgehalte aus der Zeit vor der Fahrrinnenanpassung 1999/2000, also bei einer Fahrrinne geringerer Tiefe, im Vergleich zu den Gehalten in der Zeit nach 2000 (siehe Kapitel 6.3.1) bestätigen diese Annahme. In den Bereichen MaxTrüb und stromab MaxTrüb steht der Zunahme der Schadstoffgehalte infolge des verringerten Flutstroms eine Entlastung der Schadstoffbelastung gegenüber Szenario 1 entgegen, da keine mit höheren Schadstoffgehalten belasteten Sedimente mehr in diesem Bereich untergebracht werden. Insgesamt ist in diesen Bereichen von keiner wesentlichen Änderung der Schadstoffbelastung auszugehen.

Aufgrund der zunächst erfolgenden Ablagerungen werden dem System mit den Feststoffen auch die mobilen feststoffgebundenen Schadstoffe entzogen. Auch durch Baggerung und Baggergutunterbringung werden keine Schadstoffe mehr mobilisiert. Daher ist gegenüber Szenario 1 trotz der erwarteten höheren Schadstoffgehalte in Feststoffen zunächst eine Abnahme der mobilen Schadstoffmengen in der Wasserphase, die für den Weitertransport mit der Strömung und Verdriftung in Seitenbereiche zur Verfügung stehen, anzunehmen. Auch mittelfristig werden die mobilen Schadstoffmengen nicht ansteigen.

Wegen der geringeren Tendenz zur Verlandung werden sich die Schadstoffgehalte in den Seitenbereichen wenig ändern. Kommt es zu Ablagerungen im Bereich stromauf MaxTrüb, so werden die frischen Ablagerungen wieder zunehmende Schadstoffgehalte aufweisen, die als gering bis sehr gering eingeschätzt werden. Sedimentablagerungen in Seitenbereichen von MaxTrüb und stromab MaxTrüb werden die Schadstoffgehalte dagegen wenig beeinflussen. Eine mögliche Erosion von Seitenbereichen (siehe Kapitel 6.3.1) kann Schadstoffe freisetzen und das System beeinträchtigen, falls ältere, stark schadstoffbelastete Ablagerungen erodiert werden. In diesem Hypothetischen Szenario 1 muss jedoch nicht von einem erhöhten Erosionsrisiko ausgegangen werden.

Durch die zunächst erfolgende verstärkte Sedimentation ist vorübergehend von einer deutlichen Verringerung der Mengen der in Richtung See transportierten feststoffgebundenen Schadstoffe auszugehen. Wenn sich ein neues Gleichgewicht eingestellt hat, wird der Transport in Richtung Nordsee jedoch wieder erfolgen. Im Vergleich zu Szenario 1 wird der feststoffgebundene Schadstofftransport generell verlangsamt, da der Transport von Sedimenten mit dem Hopperbagger über große Entfernungen entfällt. Die geringere Vermischung der fluvialen Sedimente mit gering belasteten Sedimenten führt zwar zu einer Zunahme der Schadstoffgehalte, die mittelfristig transportierten Schadstoffmengen ändern sich durch diesen Durchmischungsprozess dagegen aber nicht oder nur in geringem Maße. Aufgrund der mittelfristig zu erwartenden langsamen Abnahme der Einträge aus dem Binnenbereich (siehe Kapitel 6.3.3) werden die im Ästuar transportierten Schadstoffmengen aber zunehmen und die Erhöhung der Schadstoffgehalte wird geringer ausfallen, als sie nur durch die veränderten Feststofftransporte zu erwarten ist.

### **Hypothetisches Szenario 2 (Unterbringungsstrategie von vor 2005)**

Generell sind bei der Unterbringung von Baggergut im Nahbereich der Baggerstellen die Unterschiede der Schadstoffbelastung zwischen Bagger- und Unterbringungsbereich gering. Damit ist die Beeinträchtigung der Sedimentbelastung im Bereich der Unterbringungsstellen geringer als bei Szenario 1. Bei Pagensand ist aber eine geringe Erhöhung der Schadstoffgehalte durch Unterbringung des Baggergutes aus dem Bereich Wedel/Juelssand wegen der höheren Schadstoffgehalte im Baggergut nicht ausgeschlossen. Vor allem der Bereich MaxTrüb einschließlich der Seitenbereiche wird entlastet, wenn hier kein Baggergut mehr aus dem Bereich Wedel/Juelssand untergebracht wird. Auch die mögliche Beeinträchtigung der Sedimentqualität im Baggerbereich NOK durch die bei Szenario 1 erfolgende Verdriftung des im VSB 686/690 umgelagerten Materials in diesen Bereich entfällt.

Die Verstärkung der Verlandungsprozesse wird zu einer Erhöhung der sich in Seitenbereichen entlang des Elbeästuars ablagernden Schadstoffmengen führen. Die Schadstoffgehalte in den Seitenbereichen werden sich jedoch wenig verändern, da die schadstoffbelasteten Feststoffe in ähnlichen Bereichen wie bei einem strömungsbedingten Transport sedimentieren.

Durch die Intensivierung der Kreislaufbaggerung werden sich die mobilen Schadstoffmengen im Elbeästuar deutlich (Stufe mittel) erhöhen. Insbesondere im Bereich stromauf MaxTrüb, in dem eine relativ hohe Schadstoffbelastung vorherrscht, und im Bereich MaxTrüb gelangen große Schadstoffmengen in die Wasserphase. Im Bereich stromab MaxTrüb fällt diese Mobilisierung aufgrund der geringen Anteile schadstoffbelasteter Fraktionen gering aus. Ein Teil der durch diese Unterhaltungsstrategie mobilisierten Schadstoffmengen kann mit der Strömung weiter seewärts transportiert werden. Der Schadstofftransport in Richtung Nordsee wird aber gegenüber Szenario 1 überwiegend verringert, da belastetes Baggergut nicht über weite Strecken transportiert wird.

### **Hypothetisches Szenario 3 (Entnahme aus dem System)**

Obwohl künftig weiterhin ein Schadstoffeintrag aus der Binnenelbe, der sich mittelfristig nur langsam verringern wird (Kapitel 6.3.3), in das Elbeästuar erfolgen wird, ist hier bei einer Entnahme feinkörnigen, schadstoffbelasteten Baggergutes aus dem System mit einer Verbesserung der Schadstoffsituation zu rechnen. Die Schadstoffgehalte in Sedimenten bzw. Schwebstoffen werden geringer, da mit der Entfernung des Baggergutes aus dem System auch ein Teil der aus der Binnenelbe eingetragenen Schadstoffmengen entfernt werden. Auch eventuelle Ablagerungen von Feinsedimenten und den daran gebundenen Schadstoffen in Seitenbereichen werden geringer ausfallen. Die mobilen Schadstoffmengen im Gewässer gehen zurück und damit auch die Menge der in Richtung Nordsee transportierten Schadstoffe. Vor allem für das Baggergut aus den Bereichen Hamburg und Wedel/Juelssand wird sich eine Verbesserung gegenüber Szenario 1 bemerkbar machen, während die Entlastung bei der Entfernung von Baggergut aus den weiter seewärts gelegenen Bereichen geringer ausfällt.

## **7.4 Ökotoxikologie**

Grundsätzlich gilt, dass im Baggergut aus den Bereichen Hamburg und Wedel/Juelssand höhere ökotoxikologische Belastungspotenziale festgestellt wurden. In Richtung Nordsee nimmt die ökotoxikologische Belastung deutlich ab, so dass bereits etwa ab dem Bereich bei Stade keine markanten toxikologischen Hemmeffekte gegenüber den eingesetzten Biotestsystemen auftraten. Größere ökotoxikologische Auswirkungen bei Baggergutunterbringungen sind dann anzunehmen, wenn größere Belastungsunterschiede zwischen Baggergut und potenzieller Unterbringungsstelle vorliegen. Ebenso haben die Nutzungsdauer einer Unterbringungsstelle und die Gesamtmenge des umgelagerten Baggergutes Einfluss auf die anzunehmenden ökotoxikologischen Auswirkungen. Durch hohe Sedimentdynamiken und hohe Strömungsverhältnisse kann es zu einer groß- oder kleinräumigen Verdriftung und Verdünnung der belasteten Feinsedimentfraktionen kommen. Dies hat eine Verringerung der nachweisbaren ökotoxikologischen Auswirkungen zur Folge, allerdings ist hiermit keine Änderung der ins System eingetragenen Frachten verbunden. So kann insbesondere eine Unterbringung von höher mit Schadstoffen belastetem Baggergut aus den Bereichen Hamburg und Wedel/Juelssand Auswirkungen auf die betrachteten Wirkpfade haben. Neben

einer möglichen Erhöhung der ökotoxikologischen Sedimentbelastung im Bereich der Unterbringungsstellen sind bei einer Unterbringung in der Nordsee auch die potenziellen Schadstoffanreicherungen in Biota zu berücksichtigen, wie sie z. B. für Wellhornschnecken bei der Baggergutunterbringung von Tonne E3 in die Nordsee festgestellt wurden. Die potenziellen Auswirkungen bezüglich Anreicherung in und zu Wirkeffekten auf Biota sind bei den Szenarienbetrachtungen nur für eine Umlagerung in das Schlickfallgebiet in der Nordsee zu berücksichtigen, Näheres hierzu findet sich in Kapitel 6.4.2. In Tabelle 6 sind die Bewertungen für die jeweils betrachteten Szenarien zusammenfassend dargestellt.

### **Szenario 2a (Baggergut Hamburg → „MaxTrüb“)**

Das Baggergut aus dem Bereich der Delegationsstrecke des Hamburger Hafens ist ökotoxikologisch deutlich höher belastet als die Sedimente im Bereich der Unterbringungsstelle VSB 689/690. Direkte Auswirkung auf die Sedimentqualität und das Belastungspotenzial werden aufgrund der in diesem Bereich vorhandenen hohen Dynamiken und den damit verbundenen Verdriftungen und Verdünnungseffekten wahrscheinlich nicht unmittelbar nachweisbar sein. Generell wäre aus ökotoxikologischer Sicht eine Umlagerung dieser höher belasteten Sedimente in Bereiche mit ebenfalls höherer Belastung anzustreben.

Bei langfristiger Umlagerung von Baggermaterial der Delegationsstrecke in den Bereich MaxTrüb bei Unterbringungsstellen VSB 686/690 kann eine Erhöhung der ökotoxikologischen Sedimentbelastungen im Bereich der Umlagerungsstelle nicht ausgeschlossen werden.

### **Szenario 2b (Baggergut Hamburg → „Nordsee“)**

Eine Unterbringung von jährlich fast 4 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus dem Bereich der Delegationsstrecke des Hamburger Hafens auf eine unbelastete Stelle im Bereich der Nordsee wäre mit der bereits erfolgten Baggergutunterbringung nach Tonne E3 vergleichbar. Allerdings ist die hier angestrebte Baggergutmenge im Vergleich zur erfolgten HPA-Umlagerung zu Tonne E3 um den Faktor vier erhöht. Für dieses Szenario sind die anzunehmenden Auswirkungen dementsprechend größer. Im Unterbringungsbereich ist eine Verschlechterung der Sedimentqualität zu erwarten. Aufgrund der hohen Sedimentdynamiken und der starken Strömungsverhältnisse in der Nordsee ist eine Verdriftung und eine entsprechende Verdünnung der belasteten Feinsedimentfraktionen anzunehmen. In Abhängigkeit von Mengen und Dauer der Maßnahme wäre eine Erhöhung der Sedimentbelastung im Nahbereich der Unterbringungsstelle nicht auszuschließen.

Eine Bioakkumulation von Schadstoffen in ortstreuen Organismen (sessile Organismen und Organismen mit kleinem Habitat und geringer Mobilität wie z. B. Muscheln oder Schnecken) des Unterbringungsbereiches ist möglich. Bei Tonne E3 wurden wiederholt auf der Unterbringungsstelle signifikante Erhöhungen einzelner Schadstoffe im Weichgewebe der Wellhornschnecke *Buccinum undatum* festgestellt. Bei Erhöhung der Schadstofffracht, die mit der hier angenommenen Erhöhung des Baggergutvolumens einhergeht, sind entsprechende Effekte auch im Nahbereich der Unterbringungsstelle möglich. Nach Beendigung der Baggergutunterbringung gingen die Konzentrationen der meisten bioakkumulierten Schadstoffe zurück und waren damit zeitlich begrenzt, bei regelmäßiger Unterbringung würde allerdings auch die Schadstoffanreicherung in den Organismen andauern. Überregionale Auswirkungen

sind für die Schadstoffanreicherung in Organismen mit kleinem Habitat eher nicht anzunehmen, dies ist auf die enormen Relationsunterschiede von Unterbringungsbereich und Nordsee und dem entsprechenden Verdünnungseffekt zurückzuführen. Die Untersuchungen im Bereich von Unterbringungsstelle Tonne E3 zeigten nach Unterbringung von insgesamt 6,5 Mio. m<sup>3</sup> (über mehrere Jahre) keine signifikante Schadstoffakkumulation in Leber und Muskelfleisch der Kliesche. Bei regelmäßiger Unterbringung von ca. 4 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut ist eine nachweisbare erhöhte Schadstoffanreicherung für Organismen mit größerem Habitat (Organismen mit hoher Mobilität und einem großem Nahrungsgebiet/Jagdbereich wie z. B. Fische oder Vögel) z. B. über die Nahrungskette (Biomagnifikation) jedoch aufgrund Menge und Dauer dieses Szenarios nicht auszuschließen.

Negative Auswirkungen durch eine Baggergutunterbringung auf die im Nahbereich vorhandene Biozönose durch Aufnahme von Schadstoffen können ebenfalls nicht ausgeschlossen werden. Während und nach der Unterbringung von ca. 6,5 Mio. m<sup>3</sup> HPA-Baggergut zur Tonne E3 über den Zeitraum 2005 - 2010 wurde zwar keine nachteilige Veränderung des Impossexphänomens der Wellhornschnecke im Vergleich zu Referenzgebieten festgestellt, allerdings können bei langfristiger Unterbringung von jährlich 3,9 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut Effekte auf das Impossexverhalten oder Effekte auf andere Vitalitätsindikatoren der Organismen nicht ausgeschlossen werden. Überregionale Auswirkungen (Bereich Nordsee) sind nicht abzuleiten, dies ist auf die enormen Relationsunterschiede von Unterbringungsbereich und Nordsee und auf die entsprechenden Verdünnungseffekte zurückzuführen.

Wird das Baggergut aus der Delegationsstrecke des Hamburger Hafens auf eine Unterbringungsstelle im Schlickfallgebiet der Nordsee verbracht, ist unter Berücksichtigung der angestrebten Unterbringungsmengen im Nahfeld eine Verschlechterung der ökotoxikologischen Sedimentqualität möglich, zudem ist eine Akkumulation von Schadstoffen in Biota des Umlagerungsbereiches zu erwarten, Auswirkungen auf die Biozönose sind ebenfalls nicht auszuschließen.

### **Szenario 3a (Baggergut Wedel/Juelssand → „stromab MaxTrüb“)**

Zusätzlich zu den 1,9 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus dem Bereich Osteriff, das als unproblematisch belastet einzustufen ist, würden in diesem Szenario weitere 3,6 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus den Baggerabschnitten BA 1 und BA 3 in den Bereich der Umlagerungsstelle verbracht werden. Insbesondere das Material aus dem Bereich des Sedimentfangs bei Wedel weist eine höhere ökotoxikologische Belastung auf als das Sediment an VS 738. Eine Verschlechterung der Sedimentqualität direkt auf der Umlagerungsstelle VS 738 ist möglich. Diese wird aber wahrscheinlich aufgrund der im Unterbringungsbereich vorherrschenden hohen dynamischen Verhältnisse nicht messbar sein, da das Baggergutmaterial und insbesondere die belastete Feinsedimentfraktion großräumig verdriften wird.

Eine geringe Erhöhung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials der Sedimente direkt auf der Unterbringungsstelle durch die Umlagerung von Baggergut aus den Bereichen Wedel und Juelssand in den Bereich „stromab MaxTrüb“ zur VS 738 ist möglich, wird wahrscheinlich jedoch nicht messbar sein.

### Szenario 3b (Baggergut Wedel/Juelssand → „Nordsee“)

In Bezug auf die anzunehmenden Auswirkungen ist Szenario 3b mit Szenario 2b vergleichbar, aufgrund der geringeren Belastung des Baggergutes der Bereiche Wedel und Juelssand sind die anzunehmenden Auswirkungen jedoch deutlich geringer. Das im Szenario 3b in die Nordsee verbrachte Material weist dennoch eine höhere ökotoxikologische Belastung auf als das Material an einer potenziellen Unterbringungsstelle im Schlickfallgebiet der Nordsee; dies gilt insbesondere für das Baggergut aus dem Bereich des Sedimentfangs bei Wedel. Eine Verschlechterung der Sedimentqualität lokal auf der potenziellen Unterbringungsstelle ist daher möglich. Diese wird jedoch aufgrund der im Unterbringungsbereich vorherrschenden hohen Dynamiken und Strömungsverhältnisse und den damit verbundenen Verdriftungs- und Verdünnungseffekten im Nahbereich der Umlagerungsstelle nicht mehr nachweisbar sein. Eine Akkumulation von Schadstoffen in sessilen und ortstreuen Organismen mit kleinem Habitat (sessile Organismen oder Organismen mit geringer Mobilität wie z. B. Muscheln oder Schnecken) des Unterbringungsbereiches ist möglich. Bei der Unterbringung von HPA-Baggergut wurde nachgewiesen, dass es bei einer Unterbringung von höher mit Schadstoffen belastetem Baggergut aus der Delegationsstrecke HH zu einer lokal begrenzten Schadstoffanreicherung im Weichgewebe der Wellhornschnecke *Buccinum undatum* kam. Aufgrund der geringeren Belastung des hier betrachteten Baggergutes ist anzunehmen, dass eine mögliche Anreicherung in Biota jedoch entsprechend geringer ausfällt. Nach Beendigung der Unterbringung des HPA-Baggergutes in den Bereich bei Tonne E3 gingen die Konzentrationen der meisten erhöht akkumulierten Schadstoffe wieder zurück. Die Wirkung auf die Biozönose war hier somit reversibel und zeitlich begrenzt. Bei einer langfristigen Unterbringung in diesen Bereich ist eine andauernde Belastung der potenziell betroffenen Organismen auf der Verbringungsstelle und im Nahbereich nicht auszuschließen. Ein Rückgang wäre nach Einstellung der Verbringung langfristig anzunehmen. Überregionale Auswirkungen sind eher nicht anzunehmen, dies ist auf die enormen Relationsunterschiede von Unterbringungsbereich und Nordsee und den entsprechenden Verdünnungseffekt zurückzuführen.

Die Untersuchungen im Bereich von Unterbringungsstelle Tonne E3 zeigten nach Unterbringung von 6,5 Mio. m<sup>3</sup> keine signifikante Schadstoffakkumulation in Leber und Muskelfleisch der Kliesche. Bei regelmäßiger Unterbringung von 3,3 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus dem Baggerabschnitt Wedel und Juelssand ist eine nachweisbare erhöhte Schadstoffanreicherung in Biota mit größerem Habitat (Organismen mit hoher Mobilität und einem großem Nahrungsgebiet/Jagdbereich wie z. B. Fische oder Vögel) nicht gänzlich auszuschließen. Es ist hierbei zu beachten, dass die Belastung des Baggerguts aus Wedel und Juelssand etwas geringer ist als die Belastung des Baggerguts der Delegationsstrecke HH. Überregionale Effekte sind für diesen Aspekt nicht anzunehmen. Nach Unterbringung von ca. 6,5 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus der Delegationsstrecke in den Bereich bei Tonne E3 über den Zeitraum 2005 bis 2010 wurde eine Veränderung des Impossexphänomen der Wellhornschnecke im Vergleich zu Referenzgebieten nicht festgestellt. Bei langfristiger Unterbringung von jährlich 3,3 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus den Baggerabschnitten Wedel und Juelssand können lokal begrenzte adverse Effekte auf das Impossexverhalten oder Effekte auf andere Vitalitätsindikatoren der Arten jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Für eine Umlagerungsstelle im Schlickfallgebiet der Nordsee wäre bei Umlagerung des Baggergutes aus den Baggerabschnitten Wedel (BA 1) und Juellssand (BA 3) eine Verschlechterung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials der Sedimente und Akkumulation von Schadstoffen in Biota des lokalen Unterbringungsbereiches möglich, überregionale Auswirkungen sind eher nicht anzunehmen.

#### **Szenario 4a (Baggergut NOK → „stromab MaxTrüb“)**

Die Sedimente aus dem Vorhafenbereich des Nord-Ostsee-Kanals sind ökotoxikologisch fast durchgehend unbelastet (vorrangig Toxizitätsklasse 0). Die festgestellten sehr geringen/geringen Belastungen in lediglich zwei Eluatn der Sedimentproben können durch die Ammoniumbelastungen der Testgüter induziert sein. Eine Verschlechterung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials der Sedimente an und um die Unterbringungsstelle VS 738 durch die zusätzlich umzulagernden 3,6 Mio. m<sup>3</sup> ökotoxikologisch unbedenklich belastetem Baggergutes aus dem Vorhafenbereich des NOKs ist nicht zu erwarten. Es ist keine Erhöhung des ökotoxikologischen Potenzials der Sedimente im Bereich der Unterbringungsstelle zu erwarten.

#### **Szenario 4b (Baggergut NOK → „Nordsee“)**

Eine ökotoxikologische Belastung der Sedimente aus dem Vorhafenbereich des Nord-Ostsee-Kanals ist wie unter 4a erwähnt fast durchgehend nicht nachweisbar (Toxizitätsklasse 0). Die festgestellten sehr geringen und geringen Belastungen in lediglich zwei Eluatn der Sedimentproben können durch die Ammoniumbelastungen der Testgüter induziert sein. Durch eine Umlagerung von 3,6 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus dem Vorhafenbereich des Nord-Ostsee-Kanals auf eine Unterbringungsstelle im Schlickfallgebiet der Nordsee ist eine ökotoxikologische Beeinträchtigung der Unterbringungsstelle und des umgebenden Bereiches nicht indiziert. Es ist keine Erhöhung des ökotoxikologischen Potenzials der Sedimente im Bereich der Unterbringungsstelle zu erwarten.

#### **Szenario 5 (Baggergut Osteriff → „Nordsee“)**

Das Sediment aus dem Bereich bei Osteriff ist aus ökotoxikologischer Sicht unproblematisch belastet, größtenteils sind toxikologische Belastungen nicht nachweisbar. Bei einer Unterbringung von 1,9 Mio. m<sup>3</sup> des Materials auf eine Unterbringungsstelle im Schlickfallgebiet der Nordsee sind keine nachteiligen Veränderungen der ökotoxikologischen Belastungen an und um die Unterbringungsstelle anzunehmen. Es ist keine Erhöhung des ökotoxikologischen Potenzials der Sedimente im Bereich der Unterbringungsstelle zu erwarten.

#### **Hypothetisches Szenario 1 („kein Baggern“)**

Bei einer Einstellung sämtlicher Baggermaßnahmen in der Tideelbe zur Erhaltung der Wassertiefen würde es zu einer vermehrten Anreicherung bzw. zu einem vermehrten natürlichen Rückhalt der belasteten Sedimentpartikel im oberen Bereich der Tideelbe kommen. Der anthropogen durch Baggergutumlagerungen beschleunigte Stromabtransport belasteter Sedimente - insbesondere aus den Bereichen der Delegationsstrecke und Wedel - würde verringert werden, was eine potenzielle Verbesserung für die ökotoxikologisch nicht oder gering belasteten Bereiche ab Lühesand bedeuten würde. Verstärkt würde ein solcher Effekt durch die zusätzlich vorhandenen Sedimentationsräume, zumindest solange bis diese ausge-

schöpft sind. Danach würde sich die Tideelbe auf einem „systembedingten“ Zustand einpendeln. Im Delegationsbereich selbst würde die absolute Schadstoffmenge wahrscheinlich zunächst ansteigen - die Schadstoffgehalte im Sediment jedoch nicht, eine ökotoxikologische Verbesserung bzw. Verschlechterung der Sedimentqualität wäre hierdurch nicht zu erwarten.

### **Hypothetisches Szenario 2 (Unterbringungsstrategie von vor 2005)**

Die Umstellung der Baggerstrategie auf die Vorgehensweise von vor 2005 bedeutet durch die ortsnahe Umlagerung vor allem einen kleinräumigeren Transport der belasteten Sedimente aus den oberen Tideelbebereichen (Delegationsstrecke und Wedel) in Richtung Nordsee. Da (s. auch Kapitel 6.4.2) geringfügige Unterschiede in der ökotoxikologischen Belastung der Bereiche festzustellen sind, kann eine geringe Erhöhung des Belastungspotenzials möglich sein, jedoch besteht aufgrund der räumlichen Nähe von Baggerbereich und Umlagerungsstelle ohnehin ein natürlicher Transport der belasteten Sedimente durch die vorhandene Sedimentdynamik. Da auch die Sedimente des Bereiches Wedel/Juelssand im Vergleich zur vorgesehenen Umlagerungsstelle im Bereich bei Pagensand ein leicht höheres ökotoxikologisches Belastungspotenzial aufweisen, ist eine geringfügige Verschlechterung für den Bereich bei Pagensand anzunehmen. In allen anderen Bereichen sind keine Auswirkungen durch eine Strategie entsprechend dem hypothetischen Szenario 2 zu erwarten.

### **Hypothetisches Szenario 3 (Entnahme aus dem System)**

Unabhängig von der praktischen Umsetzbarkeit des hypothetischen Szenarios 3 und der Frage zum potenziellen Ablagerungsort für die belasteten Sedimente an Land, wäre bei einer Vorgehensweise nach Hypothese 3 in keinem Bereich eine Verschlechterung des Belastungspotenzials der Sedimente anzunehmen. Die Entnahme der belasteten Sedimente, die im Bereich der oberen Tideelbe bei Wedel und der Delegationsstrecke über Baggermaßnahmen aus dem System entnommen würden, würde theoretisch sogar zu einer Verbesserung der Belastungssituation in diesem Bereich führen. Denn über den geschaffenen Sedimentationsraum für Feinmaterial und den Tidal-Pumping-Effekt ist eine Verringerung der Sedimentbelastungen denkbar.

### **Zusammenfassung**

Aus ökotoxikologischer Sicht sollte höher belastetes Material aus dem inneren Bereich der Tideelbe möglichst weit stromauf umgelagert werden. Die geringsten ökotoxikologischen Auswirkungen bei der Unterbringung des Baggergutes aus den Bereichen Wedel/Juelssand und Hamburg sind somit bei einer möglichst ortsnahen Unterbringung im Bereich stromauf MaxTrüb zu erwarten, die größten Auswirkungen bei einer Unterbringung in die ökotoxikologisch nicht belasteten Bereiche stromab MaxTrüb und Nordsee (Schlickfallgebiet). Obwohl für die genannten Baggerbereiche die gleichen Grundsätze gelten, ist jedoch der vorhandene Unterschied in der ökotoxikologischen Sedimentbelastung der Bereiche zu berücksichtigen, so dass diese Aussagen für das Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand abgeschwächt werden können. Sedimente mit besonders hohen Belastungen (Toxizitätsklasse  $\geq 5$ ) sollten nicht innerhalb des Gewässers umgelagert werden. Beim ökotoxikologisch unbelasteten Baggergut aus den Bereichen NOK und Osteriff sind keine bedeutenden Auswirkungen anzunehmen, womit es aus ökotoxikologischer Sicht uneingeschränkt umgelagert werden

kann. Bei einer theoretischen Umsetzung der drei hypothetischen Szenarien wären für alle Szenarien keine bzw. nur geringe negative ökotoxikologische Auswirkungen abzunehmen.

## 7.5 Makrozoobenthos

Viele benthische Wirbellosen-Gemeinschaften im Küsten- und Ästuarbereich weisen insgesamt ein relativ hohes Regenerationspotenzial auf. Nach Störungen, wie sie auch eine Baggergutunterbringung darstellt, sind Regenerationszeiten von Zönosen zwischen wenigen Wochen und mehreren Jahren dokumentiert (z. B. Essink 1993, Newell et al. 1998). Bei einer dauerhaften Veränderung der Sedimentzusammensetzung ist allerdings mit einer entsprechend veränderten Benthosfauna zu rechnen. Eine ständige Unterbringung von Sedimenten auf Umlagerungsflächen verhindert natürlich die Regeneration der Benthosfauna.

Die Beurteilung der Auswirkungen der Feinsedimentbewirtschaftung auf die Benthosfauna der Tideelbe muss das potenzielle Regenerationspotenzial der Organismen und damit ihre Empfindlichkeit gegenüber Störungen in Betracht ziehen. Im inneren Bereich der Tideelbe (stromauf der maximalen Trübungszone) leben heute hauptsächlich Oligochaeten, die mit ihrer hohen Reproduktionsrate am ehesten in der Lage sind, Störungen auf Populationsebene zu verkraften. Prinzipiell ist diese Benthosgemeinschaft am ehesten geeignet, diese Störungen zu verkraften, so dass Feinmaterial möglichst weit stromauf (oberhalb der Trübungszone) untergebracht werden sollte. Dementsprechend ist die Fortführung der gegenwärtig angewandten Unterbringungsstrategie für das Makrozoobenthos die zu bevorzugende Strategie, da hierbei höchstens mit sehr geringen Effekten auf die Benthosfauna zu rechnen ist. Weiter stromab (MaxTrüb, Nordsee) kommt es bei Sedimentumlagerungen auf den Unterbringungsflächen für gewöhnlich zu geringen Effekten, die nicht über die Unterbringungsflächen hinausgehen. Lediglich an der Unterbringungsfläche E3 könnte bei einer weiteren Nutzung für 10 Jahre eventuell mit mittleren Effekten zu rechnen sein.

Die Auswirkungen von Schadstoffen auf die Makrozoobenthosfauna sind nur sehr schwer einzuschätzen, da sich, selbst wenn Wirkungen auf Populationsebenen auftreten, diese in der hohen natürlichen Variabilität der Fauna nicht sofort sichtbar werden oder schon seit langem etabliert sind. In der Tideelbe fehlen heute z. B. einige Gastropoden (*Theodoxus fluviatilis* und *Lymnaea stagnalis*), die Ende des 19. Jahrhunderts zum Arteninventar der Tideelbe gehörten (Petermeier et al. 1996). Heute besteht das Benthos der inneren Tideelbe zur Hauptsache aus Oligochaeten, die als eher resistent gegenüber chemischer Sedimentverschmutzung gelten. Dieser Verlust von Arten der Benthosfauna in der Tideelbe kann mit der chemischen Belastung der Sedimente zusammenhängen; daneben können aber noch andere Faktoren, wie z. B. die Veränderung der Morphologie und der Wasserqualität, einen möglichen Einfluss auf die im Vergleich zum 19. Jahrhundert veränderte Faunenzusammensetzung haben. Für die Umlagerung von schadstoffhaltigem Sediment bedeutet dies, dass im näheren Umfeld der Umlagerungsflächen, aber auch langfristig in weiter entfernten Gebieten, ein potenzielles Risiko besteht, dass sich die Benthosfauna aufgrund schadstoffbedingter Wirkungen verändert. Für Tributylzinn (TBT) z. B. haben Untersuchungen der ARGE Elbe (1999) Hinweise auf die toxische Wirkung auf Artebene ergeben. Da TBT bei einigen Organismen die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen kann, sind Wirkungen auf Populationsebene nicht grundsätzlich auszuschließen. In Bezug auf die Unterbringung von

schadstoffhaltigen Sedimenten ergibt sich unter Berücksichtigung der Lebensgemeinschaften in der Tideelbe, der Nordsee und der Wattengebiete, dass solche Sedimente möglichst nahe am Baggerort verbracht werden sollten, da der Unterschied zwischen der chemischen Belastung der Sedimente geringer ist und die dort rezent vorkommende Benthosgemeinschaft schon an diese Belastungen angepasst ist. Das heißt, Material aus dem Hamburger Hafen und Wedel sollte möglichst im inneren Bereich der Tideelbe verbracht werden. Hier ist der Unterschied zwischen den Belastungen der Sedimente am Ursprungsort und am Unterbringungsort am geringsten, wodurch sich das Risiko einer schadstoffbedingten Veränderung der Artengemeinschaften klein halten lässt. Bei Unterbringung schadstoffhaltiger Sedimente weiter stromab in Bereiche, wo sie in die Wattgebiete verdriftet werden können, oder bei der direkten Unterbringung in dem Schlickfallgebiet der Nordsee, sollte man unter benthosökologischen Gesichtspunkten ebenfalls die rezente Kontamination der Sedimente mit Schadstoffen beachten. So sind die Sedimente der Wattgebiete stärker chemisch belastet als das Schlickfallgebiet. Insofern ist im Schlickfallgebiet der Nordsee das potenzielle Risiko einer Veränderung der Benthosfauna aufgrund von Schadstoffen höher als in den Wattgebieten.

#### **Szenario 2a (Baggergut Hamburg → „MaxTrüb“)**

Die Unterbringung nach MaxTrüb entlastet die Benthosfauna im Bereich stromauf MaxTrüb, allerdings ist dieser Bereich durch vorwiegend störungsunempfindliche Benthosarten charakterisiert, die sich von umlagerungsbedingten Störungen eher erholen. In diesem Bereich kommt es aber zu einer dauerhaften Erhöhung der sohnahen Schwebstoffgehalte und einer verstärkten Belastung der Benthosfauna, was sich negativ auswirken kann. In der Summe wird dieses Szenario hinsichtlich seiner Auswirkungen auf die Benthosfauna mit „gering“ eingestuft.

#### **Szenario 2b (Baggergut Hamburg → „Nordsee“)**

Wird das gesamte Hamburger Baggergut in das Schlickfallgebiet der Nordsee umgelagert, entfallen sämtliche negativen Auswirkungen auf die Benthosfauna in der Tideelbe, vor allem im Bereich stromauf MaxTrüb. Allerdings führt dies zu einer Beeinträchtigung auf der Umlagerungsfläche im Bereich des Schlickfallgebiets. Würde diese Umlagerung weiter betrieben, besteht allerdings das Risiko, dass auch Bereiche im Umfeld um die Umlagerungsfläche beeinträchtigt werden. Vor Beginn der Umlagerung an der Tonne E3 lebten hier unter anderem auch viele Arten, die auf der Roten Liste vermerkt sind und seltener im Bereich der Deutschen Nordsee anzutreffen sind. Die Auswirkungen auf Benthosfauna werden daher insgesamt als „mittel“ eingestuft.

#### **Szenario 3a/b (Baggergut Wedel/Juelssand → „stromab MaxTrüb“/„Nordsee“)**

Die Unterbringung nach stromab MaxTrüb entlastet die Benthosfauna im Bereich stromauf MaxTrüb. Allerdings ist der Bereich stromauf MaxTrüb durch eher störungsunempfindliche Benthosarten charakterisiert, die sich von umlagerungsbedingten Störungen eher erholen und somit relativ wenig durch die Umlagerungsaktivitäten gestört werden. Stromab MaxTrüb leben allerdings mehr Arten, die eine höhere Sensitivität gegenüber umlagerungsbedingten Effekten zeigen. Die Auswirkungen auf die Benthosfauna werden für die beiden Szenarien 3a und 3b mit „gering“ eingeschätzt.

### **Szenario 4a/b (Baggergut NOK → „stromab MaxTrüb“/„Nordsee“)**

Hinsichtlich einer Unterbringung von Baggergut aus den elbseitigen Vorhäfen des NOK in den Bereich stromab MaxTrüb oder in das Schlickfallgebiet der Nordsee gelten analog die für die Szenarien 3a und 3b getroffenen Einschätzungen. Beide Szenarien (4a, b) haben voraussichtlich nur „geringe“ Auswirkungen.

### **Szenario 5 (Baggergut Osteriff → „Nordsee“)**

Die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Osteriff in das Schlickfallgebiet der Nordsee würde an der Unterbringungsstelle E3 zu den gleichen Beeinträchtigungen wie unter Szenario 2b führen, allerdings ist in der Tideelbe im Bereich stromab MaxTrüb mit einer Verbesserung zu rechnen. Die Auswirkungen gemäß Szenario 5 werden daher insgesamt mit „gering“ eingestuft.

### **Hypothetisches Szenario 1 („kein Baggern“)**

Bei einer Einstellung der Unterhaltungsbaggerungen und anschließenden Auflandungen in der Fahrrinne (sowie ggf. Erosionen in einigen Nebeneiben) sind positive Effekte für die Benthosfauna in der Tideelbe zu erwarten. Einige Benthosarten werden sich daher wahrscheinlich positiv entwickeln und es könnte sich auf lange Sicht eine ästuartypische Benthoslebensgemeinschaft einstellen. Die Auswirkungen dieses Szenarios sind als deutlich positiv einzuschätzen.

### **Hypothetisches Szenario 2 (Unterbringungsstrategie von vor 2005)**

Eine ortsnahe Umlagerung allen Baggergutes bedeutet für die Benthosfauna zwar immer noch, dass sie an den entsprechenden Umlagerungsstellen überdeckt werden kann, aber dies kann auch durch den natürlichen Sedimenttransport geschehen. Die Gefahr von Bestands- einbrüchen besteht hierbei nicht, so dass das Risiko für das Makrozoobenthos eher als gering einzuschätzen ist.

### **Hypothetisches Szenario 3 (Entnahme aus dem System)**

Bei vollständiger Entnahme des gebaggerten Feinmaterials und einer Ablagerung an Land entfallen natürlich sämtliche umlagerungsbedingten Auswirkungen auf das Zoobenthos an den Umlagerungsstellen. In diesem Fall ist kurz- bis mittelfristig mit einer leichten Verbesserung für die Benthosfauna zu rechnen, die aber erst nach einem längeren Zeitraum sichtbar werden würde. Ob dieses Szenario auf lange Sicht einen positiven Einfluss auf die Benthosfauna hat, ist derzeit schwer einzuschätzen, es ist aber davon auszugehen, dass die Veränderung der Sedimentzusammensetzung in Richtung sandigerer Sedimente eine deutliche Veränderung der Benthosfauna zur Folge hat. Die auf lange Sicht zu erwartende Benthosbesiedlung würde sich von der natürlichen Benthosfauna eines Ästuars wie der Tideelbe unterscheiden, was zu einer insgesamt negativen Bewertung führt.

## **7.6 Fische**

### **Szenario 2**

Das Hamburger Baggergut, dessen Unterbringung Gegenstand der Betrachtung von Szenario 2 ist, trägt derzeit sehr stark zu Kreislaufbaggerungen und den damit verbundenen negativen Auswirkungen auf die fischökologisch wertvollsten und sensibelsten Bereiche stromauf

MaxTrüb bei. Die Art der Umlagerung des Hamburger Baggerguts ist somit der entscheidende Faktor bei der Entwicklung einer fischverträglichen Sedimentmanagementstrategie.

### **Szenario 2a (Baggergut Hamburg → „MaxTrüb“)**

Die Unterbringung nach MaxTrüb entlastet die fischökologisch wertvollen Bereiche stromauf MaxTrüb (u. a. Laichplätze von Finte und Stint; Engstelle des Wanderkorridors diadromer Arten wie dem Lachs). Durch die Abschwächung vorhandener Kreislaufbaggerungen kommt es zu weniger Störungen und abnehmenden indirekten Effekten erhöhter Schwebstoffgehalte und zunehmender Verlandungen (z. B. weniger belasteter Sauerstoffhaushalt und dadurch weniger Einschränkungen für Fischwachstum, Wanderungen und Reproduktion).

Ökologische  
Auswirkungen  
der Umlagerung  
von Feinmaterial

Endbericht

BfG-1763

Andererseits kann es im Bereich von MaxTrüb zu dauerhaften Erhöhungen der sohnahen Schwebstoffgehalte kommen, welche sich negativ auf sohnah vorkommende Fische (insbesondere Flundern) und deren Nahrungstiere auswirken kann. Bei geringen Oberwasserabflüssen setzt zudem wieder ein Stromauftransport in die fischökologisch wertvollen Bereiche stromauf MaxTrüb ein.

In der Summe wird dieses Szenario hinsichtlich seiner Auswirkungen auf Fische mit „gering“ eingestuft.

### **Szenario 2b (Baggergut Hamburg → „Nordsee“)**

Wird das gesamte Hamburger Baggergut in das Schlickfallgebiet der Nordsee umgelagert, entfallen sämtliche negativen Auswirkungen in der Tideelbe bzw. werden diese aufgrund abnehmender Unterhaltungstätigkeit zunehmend geringer ausfallen. Im Schlickfallgebiet ist nur mit sehr geringen Auswirkungen auf Fische zu rechnen, wie die fischbiologischen Untersuchungen 2005 - 2011 von Umlagerungen zur Tonne E3 gezeigt haben (BioConsult 2012b, BfG 2013a). Dort ist zudem zu berücksichtigen, dass im Gegensatz zur Tideelbe keine räumlich eng begrenzten und für das Vorkommen gefährdeter und nicht gefährdeter Arten essenziellen Habitate vorhanden sind. Das heißt, die Fischbestände im Schlickfallgebiet sind sehr großräumig verbreitet und nicht auf bestimmte Teilgebiete (wie die Umlagerungsstelle E3) zur Vermehrung oder Nahrungssuche zwingend angewiesen. Die Auswirkungen auf Fische werden mit „sehr gering/keine“ eingestuft. Unter Berücksichtigung der positiven Effekte für die fischökologisch sensiblen Bereiche der Tideelbe wird dieses Szenario aus fischökologischer Sicht als Verbesserung gegenüber dem Ist-Zustand eingeschätzt.

### **Szenario 3a/b (Baggergut Wedel/Juelssand → „stromab MaxTrüb“/„Nordsee“)**

Das Baggergut aus dem Bereich Wedel und Juelssand hat bislang nicht unerheblich zu Kreislaufbaggerungen beigetragen, wodurch die Fischbestände insbesondere mittel- und langfristig durch zunehmende Schwebstoffkonzentrationen und Verlandungstendenzen sowie deren negative Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt stromauf MaxTrüb beeinträchtigt werden können. Bei einer Unterbringung nach stromab MaxTrüb oder in das Schlickfallgebiet entfallen diese Beeinträchtigungen. Die in Küstengewässern (stromab MaxTrüb) und Küstenmeer (Schlickfallgebiet) vorkommenden Fische sind weiträumiger verbreitet und durch Umlagerungen weniger gefährdet. Die fischökologischen Auswirkungen werden für die beiden Szenarien 3a und 3b mit „sehr gering/keine“ eingeschätzt. Im Küstengewässer ist

der Anteil am Boden lebender juveniler und kleiner Fische (Plattfische, Grundeln, Steinpocker etc.), die dieses Gebiet auch als „Kinderstube“ nutzen, allerdings u. U. höher als im Schlickfallgebiet; ebenso die (potenzielle) Bedeutung als Nahrungsgebiet für die gefährdete Art Nordseeschnäpel und evtl. den Stör. Daher wird innerhalb der Wertstufe „sehr gering/keine“ das Szenario 3b aus fischökologischer Sicht geringfügig besser bewertet als Szenario 3a.

#### **Szenario 4a/b (Baggergut NOK → „stromab MaxTrüb“/„Nordsee“)**

Das Baggergut aus den elbseitigen Vorhäfen des NOK hat ebenfalls (wie auch das Baggergut aus Hamburg und dem Bereich Wedel & Juelssand) zur Aufrechterhaltung von Kreislaufbaggerungen beigetragen. Hinsichtlich einer Unterbringung in den Bereich stromab MaxTrüb oder in das Schlickfallgebiet der Nordsee gelten analog die für die Szenarien 3a und 3b getroffenen Einschätzungen. Beide Szenarien (4a, b) haben voraussichtlich sehr geringe/keine Auswirkungen, wobei Szenario 4b aus fischökologischer Sicht noch etwas besser bewertet wird als Szenario 4a.

#### **Szenario 5 (Baggergut Osteriff → „Nordsee“)**

Die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Osteriff in das Schlickfallgebiet der Nordsee bedeutet eine sehr geringe Verbesserung gegenüber der derzeitigen Umlagerung in den Bereich stromab MaxTrüb, der eine etwas höhere Bedeutung als „Kinderstube“ und Lebensraum gefährdeter Arten hat als das Schlickfallgebiet. Szenario 5 wird somit hinsichtlich der Auswirkungen mit „sehr gering/keine“ eingestuft.

#### **Hypothetisches Szenario 1 („kein Baggern“)**

Bei einer Einstellung der Unterhaltungsbaggerungen und anschließenden Auflandungen in der Fahrrinne (sowie ggf. Erosionen in einigen Nebnelben) sind positive Effekte für den Sauerstoffhaushalt und u. U. auch für verschiedene planktische und benthische Fischnährtiere zu erwarten. Einige ästuartypische Fischbestände werden sich daher positiv entwickeln. Für diadrome Arten wird die Durchwanderbarkeit der Tideelbe aufgrund der positiven Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt verbessert. Die Auswirkungen sind „sehr gering/keine“ bzw. deutlich positiv einzuschätzen.

#### **Hypothetisches Szenario 2 (Unterbringungsstrategie von vor 2005)**

Bei ortsnahe Umlagerung allen Baggergutes besteht mittel- bis langfristig das Risiko weiter erheblich zunehmender, den Sauerstoffhaushalt belastender Schwebstoffkonzentrationen und Verlandungstendenzen der Nebnelben. Die Gefahr von Bestandseinbrüchen der im Bereich stromauf reproduzierenden Arten (Finte, Stint) sowie der diesen Bereich als Wanderkorridor nutzenden diadromen Arten wäre deutlich erhöht. Die Auswirkungen auf Fische werden als „mittel bis hoch“ eingeschätzt.

#### **Hypothetisches Szenario 3 (Entnahme aus dem System)**

Bei vollständiger Entnahme des gebaggerten Feinmaterials entfallen sämtliche Auswirkungen an Umlagerungsstellen und im System (z. B. Überdeckung von Tieren, Kreislaufbaggerungen mit der Folge zunehmender Schwebstoffkonzentrationen, Verlandungstendenzen, Belastungen des Sauerstoffhaushaltes). Eine „Ausräumung“ mit der Folge zunehmender Erosion und

zunehmender Sandanteile an der Gewässersohle wirkt sich z. T. positiv auf Fische aus (z. B. wenn Nebenelben und Flachwasserbereiche gestärkt werden), z. T. aber auch negativ (z. B. wenn nahrungsreiche Schlickflächen zunehmend versanden). Ob diese Entwicklungen in der Summe positiv oder negativ auf ästuartypische und gefährdete Arten wirken, ist derzeit nicht sicher einzuschätzen.

## 7.7 Vegetation

Das Risiko einer potenziellen Auswirkung auf Seegras(wiesen) kann für die hier vorliegende Szenarienanalyse ausgeschlossen werden, da der Grad der Wirkung (Änderung im Feinsedimenthaushalt, der Trübung und Schadstoffanreicherung), bezogen auf die Entfernung der rezenten Seegrasvorkommen (vgl. Kapitel 6.7.1), zu gering bis messtechnisch nicht nachweisbar ist.

Im Folgenden wird beschrieben, ob im Falle des jeweilig betrachteten Szenarios das Risiko einer Auswirkung für den Schierlings-Wasserfenchel gegeben ist. Konkrete Aussagen zum Ausmaß (möglicher) Auswirkungen auf die Bestände, Einzelvorkommen oder gar die künftige Populationsentwicklung sind jedoch nicht möglich (vgl. Anhang 1). Die Bewertung beschränkt sich demnach auf die Angabe des Risikos einer Auswirkung.

### **Szenario 2a (Baggergut Hamburg → „MaxTrüb“)**

Mit Bezug auf die prognostizierten gewässermorphologischen Auswirkungen kann das Risiko einer negativen Auswirkung auf den Schierlings-Wasserfenchel im Vergleich zum Referenzzustand weiterhin nicht ausgeschlossen werden. Obwohl die sedimentationsverstärkende Wirkung mittelfristig in Szenario 2a in den Bereichen Wedel/Juelssand und Hamburg geringer als im Referenzszenario ausfallen wird, was positiv zu werten ist, sind dennoch zeitweise verstärkte Sedimentationsraten in für den Schierlings-Wasserfenchel relevanten Bereichen bei einer Unterbringung zu Zeiten niedrigen Oberwassers zu erwarten. Insbesondere in den im Transportstreckenbereich liegenden Seiten- und Flachwasserbereichen sowie in den Nebenelben kann es dann zu einer Anreicherung des Feinsedimenthaushaltes und einer Verstärkung der Sedimentationsraten kommen. Verschiebungen in der Vegetationszonierung (Konkurrenzvorteil für z. B. Schilf), Reproduktionseinbußen durch unterbundenen oder verzögertes Keimverhalten bei höher sedimentüberdeckten Samen oder eine Entwicklungshemmnis von sedimentüberdeckten Blattrosetten sind dann als negative Folgen für den Schierlings-Wasserfenchel nicht auszuschließen.

Eine zeitweise Verstärkung des Sedimentationsgeschehens in Seiten- und Flachwasserbereichen sowie Nebenelben (bei niedrigem Q) und der Retentionseffekt entlang der Seitenbereiche in der Transportstrecke können aber auch im positiven Sinne bewirken, dass im Baggergut enthaltene Samen an geeignete Stellen im Verbreitungs- und Reproduktionsgebiet gelangen und dort zur Keimung kommen.

### **Szenario 2b (Baggergut Hamburg → „Nordsee“)**

Das Baggergut aus dem Bereich Hamburg wird mit der Unterbringung im Bereich der Nordsee dauerhaft aus dem System Tideelbe entnommen. Somit besteht das Risiko einer fortlaufenden Ausräumung von Feinmaterial (jedoch deutlich abgeschwächt als im hypo-

thetischen Szenario 3), so dass es in für den Schierlings-Wasserfenchel relevanten Bereichen teilweise verstärkt zu Erosionstendenzen kommen kann. Das Risiko einer negativen Auswirkung besteht insofern, als dass dadurch potenzielle Standorte, aktuelle Einzelvorkommen oder Bestände verloren gehen können. Zudem kann eine mittelfristige Vergrößerung des Substrates zu mehr Sandanteilen hin eine Verschlechterung der Standortbedingungen für die Art bedingen, die bevorzugt auf schlickigem Substrat siedelt.

Andererseits können verstärkt auftretende Erosions- und Sedimentationstendenzen im positiven Sinne bewirken, dass im Elbsediment festgelegte Samen hierdurch in das System gelangen, an geeigneten Stellen keimen und neue Einzelvorkommen oder gar Bestände bilden.

### **Szenarien 3a/3b (Baggergut Wedel/Juelssand → „stromab MaxTrüb“/ “Nordsee”)**

Die durch die Szenarien 3a und 3b vorgegebenen Maßnahmen bergen ebenso wie in Szenario 2b beschrieben, das Risiko einer fortlaufenden Ausräumung des Feinmaterials aus dem System Tideelbe. Vegetationskundlich relevante Folgen daraus sind verstärkt auftretende Erosionstendenzen und eine mittelfristige Vergrößerung des Substrates in für den Schierlings-Wasserfenchel relevanten Bereichen. Die Risiken von negativ wie auch positiv zu wertenden Auswirkungen gelten hier wie in Szenario 2b beschrieben.

### **Szenarien 4a/4b**

Für die Szenarien 4a/4b ist eine Erhöhung des Risikos einer negativen Auswirkung auf den Schierlings-Wasserfenchel im Vergleich zum Referenzszenario auszuschließen. Es ist positiv zu werten, dass ein abschwächender Effekt auf die Baggermengenentwicklung insbesondere in den stromauf gelegenen Baggerbereichen (Hamburg, Wedel/Juelssand) erwartet werden kann.

### **Szenario 5 (Baggergut Osteriff → „Nordsee“)**

Ein erhöhtes Risiko einer negativen Auswirkung auf den Schierlings-Wasserfenchel im Vergleich zum Referenzszenario kann für Szenario 5 ausgeschlossen werden.

### **Hypothetisches Szenario 1 („kein Baggern“)**

Aus gewässermorphologischer Sicht wird in Folge der vollständigen Einstellung der Baggerungen eine hydromorphologische Entwicklung hin zu einer verbesserten Durchströmung der Nebelbecken und Flachwasserzonen erwartet. Es kann daher zu einer verstärkten Mobilisierung und Umlagerung von älteren Sedimenten kommen. Negative Auswirkungen für den Schierlings-Wasserfenchel könnten ggf. aus der erhöhten Durchströmung und einer erhöhten Erosionstendenz im Uferbereich resultieren. Verluste aktueller und potenzieller Standorte von Einzelvorkommen oder Beständen können dann nicht ausgeschlossen werden.

Wachsende Ablagerungen an den bekannten Sedimentationsschwerpunkten, aber auch ein verändertes Tideregime (Abschwächung der Tidedynamik) können weiterhin Verschiebungen der Vegetationszonen zur Folge haben. So kann ein verstärktes Vordringen von Tideröhrichten in den Sedimentationsbereichen zu einer Verdrängung aktueller Schierlings-Wasserfenchelvorkommen führen.

Einzelverluste aktueller Vorkommen können auch dadurch nicht ausgeschlossen werden, dass die im ersten Jahr gebildeten Blattrosetten durch Feinsediment überlagert werden könnten und im darauffolgenden Jahr nicht zur Blüte gelangen. Ebenso könnten im Elbsediment ruhende Samen überlagert werden, so dass sie bis zu den nächsten Stör- oder Erosionsereignissen dauerhaft festgelegt sind und nicht zur Keimung gelangen.

Gleichzeitig können jedoch auch positive Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden. So können durch die verstärkte Mobilisierung älterer Sedimente auch darin festgelegte Samen freigelegt werden, die mit dem Wasserstrom transportiert werden und an geeigneter Stelle zum Keimen gelangen können.

### **Hypothetisches Szenario 2 (Unterbringungsstrategie von vor 2005)**

Die gewässermorphologisch prognostizierten Auswirkungen würden den für den Schierlings-Wasserfenchel sensitivsten Raum (stromauf MaxTrüb) betreffen. Die Risiken einer Auswirkung werden in möglichen Verlusten aktueller und potenzieller Standorte durch eine prognostizierte Verstärkung der Verlandungsprozesse in Seiten- und Flachwasserbereichen gesehen. Die Verluste könnten dadurch hervorgerufen werden, dass es zu Verschiebungen im Vegetationsgefüge kommt und die Konkurrenz durch Tideröhrichte zunimmt. Einzelverluste aktueller Vorkommen können auch dadurch nicht ausgeschlossen werden, dass die im ersten Jahr gebildeten Blattrosetten durch Feinsediment überlagert werden könnten und im darauffolgenden Jahr nicht zur Blüte gelangen. Ebenso könnten im Elbsediment ruhende Samen überlagert werden, so dass sie bis zu nächsten Stör- oder Erosionsereignissen dauerhaft festgelegt sind und nicht zur Keimung gelangen.

Es ist umgekehrt - im positiven Sinne - aber auch nicht auszuschließen, dass neue potenzielle Standorte durch die verstärkte Sedimentation von Feinsedimenten (Schlick) in anderen Bereichen entstehen.

### **Hypothetisches Szenario 3 (Entnahme aus dem System)**

Gewässermorphologisch wird eine fortschreitende Ausräumung des Feinmaterials aus dem System Tideelbe prognostiziert. Folgen für den Schierlings-Wasserfenchel können aus einem sich ändernden Sedimentinventar mit ansteigenden Feinsandanteilen in anfangs schlackigen Sedimenten (z. B. Schlickwatten, Nebelben, Seitenbereiche) resultieren, da die Art auf diese schlackigen Standorte angewiesen ist und nur dort siedeln kann. Es muss weiterhin angenommen werden, dass die im schlackigen Elbsediment in Form einer Samenbank konservierten Samen mit dem vollständigen Austrag des Sediments dauerhaft dem System Tideelbe verloren gehen.

Durch die künftige Ausräumung verstärkt angekurbelte Erosionsprozesse könnten im Sediment festgelegte Samen zwar freilegen, eine Keimung in anderen Bereichen könnte aber aufgrund der abnehmenden Schlacksedimentationsbereiche größtenteils verhindert werden. Die beschriebenen möglichen Auswirkungen könnten in der Summe dazu führen, dass der Rückgang der Art künftig weiter verstärkt wird oder gar die Art in ihrem Verbreitungsgebiet nicht mehr zu siedeln vermag.

## 7.8 Rechtliche Aspekte

Nachfolgend werden die prognostizierten Auswirkungen der Baggergutunterbringungen im Rahmen der rechtlichen Aspekte betrachtet.

### **Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL)**

Bei der Unterbringung von Baggergut stromauf MaxTrüb sind Auswirkungen auf Erhaltungsziele nicht sicher auszuschließen, da sich in diesem Bereich bedeutende Habitate von prioritären/gefährdeten Arten befinden und mögliche nachteilige Auswirkungen auf die Lebensraumqualität und Arten beschrieben sind. Die Unterbringungsstellen befinden sich meist innerhalb von Natura 2000-Gebieten. Mögliche Auswirkungen auf Erhaltungsziele können weiter seewärts abnehmen, und die Baggergut-Unterbringungsstellen ab Elbe-km 731 liegen meist außerhalb von Schutzgebieten. Ausgenommen die Unterbringungsstelle Tonne E3, welche im IBA-Gebiet Östliche Deutsche Bucht (mit Helgoland) DE 291 liegt. Sofern eine erhebliche Beeinträchtigung auf Erhaltungsziele nicht sicher ausgeschlossen werden kann, ist zunächst eine detailliertere Betrachtung der Auswirkungen auf die Erhaltungsziele vorzunehmen und zu prüfen, ob geschützte Tierarten betroffen sind. Wenn sich erhebliche Beeinträchtigungen nicht vermeiden lassen, ist die Unterhaltungsmaßnahme wie ein Projekt im Sinne des § 34 BNatSchG zu behandeln und dementsprechend ist eine FFH-Verträglichkeitsprüfung durchzuführen (BMVBS 2012).

### **Artenschutz**

Die im Rahmen der vorliegenden Systemstudie zu betrachtenden Szenarien zur verkehrlichen Unterhaltung im Elbe-Ästuar umfassen die Baggerung und Unterbringung von Sediment zur Erhaltung der verkehrlichen Nutzung. Für die artenschutzrechtliche Betrachtung sind die prognostizierten Auswirkungen auf Betroffenheiten von besonders geschützten Arten, die durch Überschüttung, Schadstoffeffekte (Bioakkumulation), Nahrungsverfügbarkeit und Lebensraumverlust (Fortpflanzungs- und Ruhestätten) resultieren, maßgeblich.

Prinzipiell können besonders geschützte Arten infolge der Sedimentunterbringung aufgrund der Schädigung von aktuell oder regelmäßig genutzten Fortpflanzungs- und Ruhestätten sowie durch Individuenverluste betroffen sein. Von einer Verletzung des Störungsverbot ist nicht auszugehen, da Auswirkungen auf Populationsebene nicht zu erwarten sind (s. BNatSchG § 42 Abs. 1 Nr. 2).

Im Rahmen der geplanten Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe wurde im Fachbeitrag Artenschutz eine „Untersuchung zur speziellen artenschutzrechtlichen Prüfung (UsaP)“ vorgelegt, in der geprüft wird, ob durch das geplante Vorhaben die artenschutzrechtlichen Verbotstatbestände des § 44 (1) BNatSchG (= § 42 (1) BNatSchG 2007) erfüllt werden (IBL 2008). Für die Planänderung III wurde diese Untersuchung durch einen Fachbeitrag Artenschutz ergänzt (IBL 2010a), der u. a. die im März 2010 in Kraft getretene Novelle des BNatSchG berücksichtigt.

Kenntnisse über Vorkommen von Arten im Wirkraum des Vorhabens basieren auf Daten der Planfeststellungsunterlagen und Planänderungsunterlagen (WSD Nord 2012 - <http://www.portaltideelbe.de/Projekte/FRA20XX/Antragsunterlagen138356/index.html>).

Neben den Auswirkungen verschiedener Baumaßnahmen sind in IBL (2010b) auch die Wirkungen der ausbaubedingten Unterhaltungsbaggerungen und Unterbringungsmaßnahmen in der Tideelbe hinsichtlich des Artenschutzes betrachtet worden. Für das geplante Projekt Fahrrinnenanpassung wurden für die Artenschutzprüfung neben verschiedenen europäischen Vogelarten die FFH-Arten Stör, Nordseeschnäpel, Schweinswal, Fledermäuse und Schierlings-Wasserfenchel untersucht. Zur Konfliktminimierung sind verschiedene Maßnahmen wie z. B. Bauzeitenrestriktionen vorgesehen, um artenschutzrechtliche Verbotstatbestände zu vermeiden. Gemäß Planfeststellungsbeschluss kommt es mit Verwirklichung der planfestgestellten Maßnahmen für die betroffenen Tier- und Pflanzenarten bezüglich des Bestandes, vorhabensbedingter Beeinträchtigungen und Erhaltungszustand nicht zu einem Verstoß gegen die Zugriffsverbote des § 44 Abs. 1 BNatSchG (WSD Nord 2012).

Für die Tideelbe muss für den Aspekt Artenschutz im Rahmen der vorliegenden Systemstudie das zu betrachtende Artenspektrum um die besonders geschützten Arten (BArtSchV Anlage 1) erweitert werden. Dazu würden nach bisherigen Kenntnissen nachgewiesener Arten Rundmäuler (*Petromyzonidae spp.*) zählen. Von den bisher nachgewiesenen Makrozoobenthosarten zählen keine zu den nach BArtSchV geschützten Arten.

Für den Betrachtungsraum „Unterbringungsbereich Nordsee-Schlickfallgebiet“ würden neben verschiedenen Vogelarten u. a. Schweinswal, Großer Tümmler, Meerneunauge, Nordseeschnäpel und Stör in die Betrachtung aufgenommen werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand (Untersuchungen von Rachor & Nehmer 2003) sind für den „Unterbringungsbereich Nordsee (Schlickfallgebiet)“ keine der besonders geschützten Makrozoobenthosarten nachgewiesen.

Mögliche Schiffskollisionen von Meeressäugern mit Hopperbaggern stellen kein signifikant erhöhtes Risiko kollisionsbedingter Verluste von Individuen dar, verglichen mit dem stets gegebenen „Normalen Lebensrisiko“. Mögliche Verletzungen und Individuenverluste von bodenlebenden Fischen bei wiederholtem Baggern und Sedimentunterbringen können zwar selten vorkommen, gehen aber kaum über das normale Lebensrisiko (z. B. Fischernetz) hinaus.

Seevögel nutzen diesen Bereich allenfalls zur Nahrungssuche. Aufgrund der Ausweichmöglichkeiten ist ein Tötungs- oder Verletzungsrisiko für Vögel infolge der Baggergutunterbringung sehr unwahrscheinlich.

Unter der Voraussetzung, dass sensible Zeiten und sensible Bereiche für besonders geschützte Arten weiterhin von der Bagger- und Unterbringungstätigkeit ausgespart bleiben, kann davon ausgegangen werden, dass sich das Tötungs- oder Verletzungsrisiko für alle betrachteten Szenarien (nahezu) nicht ändert, daher muss nicht von einer Verbotsverletzung nach § 44 BNatSchG Abs. 1 ausgegangen werden.

Da es aktuell kein bundesweit gültiges Prüfverfahren im Rahmen der Unterhaltung für den Artenschutz gibt, bleiben etwaige Unsicherheiten/Wissenslücken (z. B. Vorkommen besonders geschützter Arten in der Nordsee) bestehen. Ebenso gibt es aktuell für die Berücksichtigung der sehr zahlreichen besonders geschützten Arten (u. a. alle europäischen Vogelarten)

keine Standards. Es wird daher empfohlen, in Abstimmung mit den zuständigen Institutionen eine fachlich angemessene Lösung zu entwickeln.

### **Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)**

Entsprechend dem Verschlechterungsvermeidungsgebot nach Artikel 1 der WRRL ist zu verhindern, dass sich der Zustand verschlechtert und dass das Erreichen des guten Zustandes/Potenzials behindert wird. Im Sinne von Artikel 4 Abs. 7 bezieht sich das Ziel der Verhinderung einer Verschlechterung des Zustandes auf Übergänge zwischen den Klassen und nicht auf Veränderungen innerhalb der Klasse. Für negative Veränderungen innerhalb einer Klasse brauchen die Mitgliedsstaaten Art. 4 Abs. 7 somit nicht anzuwenden (Europäische Kommission 2009).

Die in vorliegender Systemstudie II beschriebenen Auswirkungen der Unterhaltungsmaßnahmen im Elbeästuar führen in dem prognostizierten Umfang zwar nicht zu einer Verschlechterung des Zustands im Sinne einer Klassenverschlechterung. Jedoch können die Auswirkungen der Unterhaltungsmaßnahmen unter dem Blickwinkel der Status-Quo-Theorie gegen das Verbesserungsgebot und das Verschlechterungsverbot verstoßen. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist aufgrund des geringfügigen Ausmaßes der Auswirkungen durch die Baggergutunterbringung mit einer Behinderung des Erreichens des guten Zustandes/Potenzials nicht zu rechnen. Der Prozess zur Erreichung des guten Zustandes/Potenzials kann jedoch ggf. verzögert werden. Je nach Baggergutunterbringungsstrategie sind Erhöhungen von Schadstoffkonzentrationen in Sedimenten nicht auszuschließen. Es sollte geprüft werden, ob dies zu Konflikten mit der gemäß EU-Richtlinie 2008/105/EG anzustrebenden Verhinderung des Anstiegs der Schadstoffkonzentrationen führt.

### **Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL)**

Bei der Baggergutunterbringung im Küstengewässer bzw. Küstenmeer sind die Auswirkungen hinsichtlich einer möglichen Verschlechterung des Umweltzustandes bzw. einer möglichen Nichterreichung des guten Umweltzustandes zu bewerten (Verschlechterungsverbot) sowie die Vereinbarkeit mit den festgelegten Umweltzielen zu prüfen (Verbesserungsgebot).

Die Vorgaben der §§ 45a ff. WHG waren auch bei dem Vorhaben Fahrrinnenanpassung zu berücksichtigen. Basierend auf den Ergebnissen der Umweltverträglichkeitsprüfung und unter Heranziehung des Fachbeitrages WRRL ist nach Angaben der Planfeststellungsbehörde vorhabensbedingt keine Verschlechterung des Zustandes der Meeresgewässer zu befürchten (WSD Nord 2012, FHH 2012).

Baggergutunterbringungen in die Bereiche stromab MaxTrüb und nach Nordsee (Schlickfallgebiet) können nach den derzeit prognostizierten Auswirkungen zu Konflikten, insbesondere mit dem operativen Maßnahmen-Ziel der MSRL „Schadstoffkonzentrationen in der Meeresumwelt und die daraus resultierenden Verschmutzungswirkungen sind zu reduzieren und auf einen guten Umweltzustand zurückzuführen“, führen. Derzeit liegen noch keine Werte/Vorgaben bzgl. der zu erreichenden Schadstoffkonzentrationen vor. Im Zuge der weiteren Umsetzung der MSRL sollte geprüft werden, ob die Baggergutunterbringung im Küstengewässer/

Küstenmeer und die daraus resultierenden Auswirkungen für die Meeresumwelt zu Konflikten mit den Zielen der MSRL führt.

## 7.9 Zusammenfassende Betrachtung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse je Fachbereich zusammengefasst dargestellt. Die Auswirkungen der unterschiedlichen Szenarien werden von den jeweiligen Fachbereichen unterschiedlich bewertet (vgl. Tabelle 7). Die verwendeten Bewertungsstufen sind in Anhang 1 dargestellt.

### Morphologie

Die szenariobasierte Sensitivitätsanalyse hat gezeigt, dass eine Unterbringungsstrategie auf die Erreichung eines ausgeglichenen Feinsedimenthaushaltes ausgerichtet sein muss, d. h. mittelfristig müssen der Ein- und Austrag von Feinsedimenten unter Berücksichtigung morphologischer Entwicklungen im Gleichgewicht zueinander stehen. Auch muss bei Fortführung der derzeitigen Unterbringungsstrategie (= Szenario 1, siehe Kapitel 6) weiterhin und insbesondere während lang anhaltender niedriger Oberwasserabflüsse in den Baggerbereichen Wedel/Juelssand und Hamburg mit einer starken Anreicherung des Feinsedimenthaushaltes und Intensivierung von Kreislaufbaggerungen gerechnet werden. Die Gefahr temporärer Tiefgangsbeschränkungen für die Schifffahrt, vor allem im Baggerbereich Hamburg (Delegationsstrecke und Hamburger Hafen), aber auch im Bereich Wedel/Juelssand inklusive der zukünftigen Begegnungsbox, wird in den Szenarien 2 bis 4 deutlich geringer eingeschätzt. Das zeigen die in der Tendenz positiven Prognosen für die Auswirkungen auf Feinsedimenthaushalt, Baggermengenentwicklung und Kreislaufbaggerungen. Die im Szenario 5 betrachtete Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Osteriff weiter seewärts im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) zeigt hingegen keinen zusätzlichen Effekt.

Werden bei der Auswahl der Unterbringungswege für Baggergut die Oberwasserabflussverhältnisse berücksichtigt, so kann ein vermehrter Austrag von Feinsedimenten in Richtung Deutsche Bucht/Nordsee stets sichergestellt werden. Im Vergleich zum Szenario 1 bedarf es dazu aber der Unterbringung größerer Baggermengen auf weiter seewärts entfernten Unterbringungsbereichen. Ein vollständiges Durchbrechen sämtlicher Kreislaufbaggerungen ist hingegen nur möglich, wenn gebaggerte Feinsedimente ausschließlich in die Bereiche stromab MaxTrüb und Nordsee (Schlickfallgebiet) untergebracht würden. Konsequenz einer solchen Strategie ist eine fortschreitende Ausräumung des Feinsedimenthaushaltes der Tideelbe. Das bedeutet, ebenso wie eine Anreicherung, einen negativ zu beurteilenden Ungleichgewichtszustand.

Kreislaufbaggerungen wird es daher grundsätzlich auch in einem ausgeglichenen Feinsedimenthaushalt geben. Deren Intensität muss, verglichen zur derzeitigen Unterbringungsstrategie (Szenario 1), jedoch deutlich verringert werden. Auch dieses Ziel kann mittelfristig nur durch Unterbringung größerer Baggermengen auf weiter seewärts gelegene Bereiche, wie in den Szenarien 2 bis 4 beschrieben, erreicht werden.

**Tabelle 7: Bewertung der Auswirkungen und Trends für die Szenarien 2 bis 5 und die hypothetischen Szenarien (1 - 3)**

Szenario	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5	H1	H2	H3
Feinsedi- menthaushalt										
Mengen- entwicklung										
Kreislaufbag- gerungen										
Trübungs- verhältnisse										
Schadstoffe								+		+
Ökotoxiko- logie										(+)
Sauerstoff								+		(+)
MZB										
Fische	(+)	+	(+)	+	(+)	+	(+)	+		(+)
Vegetation	(+)	(+)	(+)	(+)	+	+		(+)	(+)	
<b>Legende</b>										
	sehr gering/keine	<b>Feinsedimenthaushalt *</b>		<b>Mengenentwicklung</b>						
	gering		stabilisierend		starke Abnahme					
	mittel		etwas stabilisierend		Abnahme					
	mittel bis hoch		destabilisierend		Zunahme					
	hoch	+ positive Auswirkungen, (+) positive Teilaspekte können möglich sein, aber unsicher ob in der Summe positiv								
	Risiko vorhanden	* Bei Unterbringung der Gesamtbaggermenge Risiko der Destabilisierung des Feinsedimenthaushalts im Bereich MaxTrüb und stromauf MaxTrüb								
	kein/geringes Risiko									
<b>Szenario 2:</b> Szenarien zur Unterbringung für Baggergut Bereich Hamburg					2a) alles nach „MaxTrüb“ 2b) alles nach „Nordsee (Schlickfallgebiet)“					
<b>Szenario 3:</b> Szenarien zur Unterbringung für Baggergut Bereich Wedel & Juellssand					3a) alles nach „stromab MaxTrüb“ 3b) alles nach „Nordsee (Schlickfallgebiet)“					
<b>Szenario 4:</b> Szenarien zur Unterbringung für Baggergut Bereich NOK					4a) alles nach „stromab MaxTrüb“ 4b) alles nach „Nordsee (Schlickfallgebiet)“					
<b>Szenario 5:</b> Szenarien zur Unterbringung für Baggergut Bereich Osteriff					5) alles nach „Nordsee (Schlickfallgebiet)“					
<b>Hypothetisches Szenario 1 (H1):</b> „kein Baggern“					Einstellung sämtlicher Baggerungen zur Unterhaltung der Wassertiefe					
<b>Hypothetisches Szenario 2 (H2):</b> Unterbringungsstrategie von vor 2005					Baggergut BA Wedel/Juellssand nach „stromauf MaxTrüb“					
<b>Hypothetisches Szenario 3 (H3):</b> Unterbringung „Entnahme aus System“					Das gesamte gebaggerte Feinmaterial wird dem System entnommen.					

In erster Konsequenz bedeutet das gegenüber dem Referenzszenario 1 ein erhöhtes Transportaufkommen, welches jedoch mittelfristig, aufgrund von zurückgehenden Baggermengen, wieder deutlich sinken kann.

Insgesamt bestätigen die hypothetischen Szenarien die zuvor aus den Szenarien 2 - 5 gezogenen Schlussfolgerungen bzw. erweitern diese. Die im hypothetischen Szenario 3 beschriebene Entwicklung eines kontinuierlichen Ausräumens des Feinsedimenthaushaltes zeigt, dass der Austrag von Feinsedimenten auch negativ beurteilt werden muss, sofern dieser mengenmäßig nicht begrenzt wird. Bereits in den Szenarien 2b und 3b wird auf das mögliche Risiko einer fortlaufenden Ausräumung des Feinsedimenthaushaltes hingewiesen. Das hypothetische Szenario 2 bestätigt die morphologische Wirksamkeit der seit 2005 durchgeführten WSV- und HPA-Maßnahmen. Denn für dieses hypothetische Szenario haben sich, im Vergleich zu allen anderen Szenarien, die mit Abstand schlechtesten Prognosen für die Auswirkungen auf Feinsedimenthaushalt, Baggermengenentwicklung und Kreislaufbaggerungen sowie Trübung ergeben. Mit der Einstellung sämtlicher Baggerungen zur Unterhaltung der Wassertiefen werden innerhalb kurzer Zeit erhebliche und vor allem dauerhafte Tiefengangsbeschränkungen für die Schifffahrt zu erwarten sein. Damit stellt das hypothetische Szenario 1 keine Handlungsalternative dar.

### **Sauerstoff**

Die Beurteilung der Auswirkungen der Feinsedimentbewirtschaftung auf den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe ist heutzutage durch die Vorbelastung des Sauerstoffhaushaltes mit den im Sommer im Hamburger Bereich auftretenden Defiziten geprägt. Bei einer vergleichenden Betrachtung der Unterbringungsszenarien zeigt sich, dass bei Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg in den ökologisch bedeutsamen, aber auch sensiblen Abschnitt der limnischen Tideelbe (stromauf MaxTrüb) mittlere Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt zu erwarten sind. Eine weiter stromab gerichtete Unterbringung von Baggergut in die Trübungszone (MaxTrüb) oder den anschließenden Bereich des Mündungstrichters der Tideelbe (stromab MaxTrüb) hat geringe bis sehr geringe Auswirkungen und ist daher zu empfehlen. Diese Abschnitte weisen eine hohe Dynamik und einen stabilen Sauerstoffhaushalt auf, so dass durch die Unterbringungen bewirkte Beeinträchtigungen abgepuffert werden können. Eine dauerhafte Unterbringung von Baggergut aus dem limnischen Abschnitt der Tideelbe in die Nordsee wird zwar in ihren Auswirkungen als gering eingestuft, ist aber mit einem permanenten, wenn auch sehr geringen Nährstoffeintrag mit möglichen Eutrophierungsfolgen und lokalen nachhaltigen Veränderungen am Ort der Unterbringung verbunden.

Die Einstellung der Baggerung im Szenario Hypo 1 mit daraus resultierenden weitreichenden Veränderungen bezüglich der Hydrodynamik der Tideelbe dürfte vielfältige positive und negative Reaktionen beim Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie dem Phytoplankton hervorrufen. Die Gesamtwirkung auf den Sauerstoffhaushalt dieser teilweise auch gegenläufigen Reaktionen kann nicht zuverlässig abgeschätzt werden.

Bei einer Umstellung auf die Strategie von vor 2005 (Hypo 2) finden die vermehrten Unterbringungen in jenem Elbeabschnitt statt, in dem im Sommer ungünstige Sauerstoffverhältnisse herrschen. Mit diesem Szenario würde im Vergleich zu allen anderen die relativ größte

zusätzliche Belastung des Sauerstoffhaushaltes durch die Baggergutumlagerungen bewirkt. Weiterhin kann die Aufladung des Elbabschnittes stromauf MaxTrüb mit Feinsedimenten zu einer Verstärkung der Verlandungsprozesse der Seiten- und Flachwasserbereiche führen, wodurch die positiven ökologischen Funktionen, wie u. a. relativ zum Hauptstrom günstigere Sauerstoffgehalte, gefährdet würden.

Im Szenario Hypo 3 führt die Entnahme des feinkörnigen Baggerguts zu einer Verbesserung für das Phytoplankton und den Sauerstoffhaushalt. Die negativen Auswirkungen der dann noch stattfindenden Baggergutunterbringungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sollten abnehmen, da das weiterhin umzulagernde, grobkörnige Baggergut deutlich geringere organische Gehalte und Ammoniumgehalte aufweisen würde.

### **Schadstoffe**

Wegen der in Richtung See abnehmenden Gehalte einiger Schadstoffe übersteigt die Schadstoffbelastung im Baggergut die der anstehenden Sedimente im Bereich der Unterbringungsstellen umso stärker, je größer die Entfernung stromab zwischen Bagger- und Unterbringungsbereich ist. Je höher die Schadstoffgehalte und die in dem Baggergut enthaltenen Gesamtschadstofffrachten sind, desto größere Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte im Unterbringungsbereich sind zu erwarten. Außerdem nimmt die Verstärkung des Schadstoffeintrags in die Nordsee mit zunehmender Entfernung, die das Baggergut im Hopperbagger transportiert wird, zu.

Im Hinblick auf das Ziel, die Verschlechterung der Schadstoffbelastung im Elbeästuar und in der Nordsee möglichst gering zu halten, führen die Szenarien 2 - 5 zu größeren Auswirkungen auf die Belastungssituation als die derzeitige Unterbringungsstrategie. Die Auswirkungen der aktuellen Strategie werden als gering (Baggerbereiche NOK und Osteriff) bis mittel (Baggerbereiche Hamburg und Wedel/Juelssand) eingeschätzt. Bei den Szenarien 2 bis 5 mit weiter seewärts gelegenen Unterbringungsbereichen im Vergleich zu Szenario 1 fallen die Unterschiede in der Belastung des Baggergutes und der Sedimente im Unterbringungsbereich sowie die Verstärkung des Transports der feststoffgebundenen Schadstoffe in Richtung See höher aus.

Geringe Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte im Bereich der Unterbringungsstelle sind für die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Osteriff in die Nordsee (Schlickfallgebiet) (Szenario 5) aufgrund des relativ geringen Abstands zwischen Bagger- und Unterbringungsbereich und der geringen Schadstoffgehalte und -frachten zu erwarten. Bei Unterbringung von Baggergut aus dem NOK nach stromab MaxTrüb (Szenario 4a) oder in die Nordsee (Schlickfallgebiet) (Szenario 4b) sind die Auswirkungen zusammenfassend als „mittel“ einzustufen. Die Auswirkungen hinsichtlich der Schadstoffbelastung werden auch für die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand nach stromab MaxTrüb (Szenario 3a) als „mittel“ eingeschätzt, wobei sie in der Tendenz stärker als bei den Szenarien 4 sind.

Mittlere bis hohe Auswirkungen hat die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Wedel in die Nordsee (Schlickfallgebiet) und aus dem Bereich Hamburg in den Bereich

MaxTrüb. Hier werden sehr große Schadstoffmengen mobilisiert, die sich im Unterbringungsbereich anreichern können und der Schadstofftransport in Richtung See wird stark erhöht. Am höchsten werden die Auswirkungen auf die Schadstoffbelastung bei der Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg in die Nordsee (Schlickfallgebiet) eingestuft, bei der große Mengen Schadstoffe direkt in das Meer eingebracht werden (Szenario 2b). Wird aus dem Bereich Hamburg nur Baggergut aus den Gebieten Westliche Häfen mit Unterelbe und Köhlbrand sowie Norderelbe Delegationsstrecke in MaxTrüb oder der Nordsee (Schlickfallgebiet) untergebracht, fallen die Auswirkungen auf die Schadstoffbelastung aufgrund der geringeren Schadstoffgehalte als in den übrigen Hafengebieten und aufgrund der geringeren Schadstofffracht geringer aus und lassen sich noch den Stufen „mittel“ bzw. „mittel bis hoch“ zuordnen.

Bei Einstellung der Baggerungen (Hypothetisches Szenario 1) ist aufgrund des abnehmenden marinen Einflusses mit einer geringen Erhöhung der Schadstoffgehalte in den Sedimenten des Ästuars zu rechnen. Als positiv ist zu werten, dass durch die zunächst erfolgende verstärkte Sedimentation Schadstoffmengen dem Transport in Richtung See entzogen werden. Der Schadstofftransport in Richtung See wird gegenüber der heutigen Situation verlangsamt, die Eintragsmengen in die Nordsee werden sich aber mittelfristig wenig ändern. Werden belastete Feinsedimente aus dem Ästuar entfernt (Hypothetisches Szenario 3), ist von einer Verbesserung der Schadstoffbelastungen der Sedimente im Gewässer und den Seitenbereichen auszugehen. Auch der Schadstofftransport in Richtung See wird sich verringern. Eine Rückkehr zur Sedimentmanagementstrategie (Hypothetisches Szenario 2), die bis 2005 Grundlage des Handelns der WSV und von HPA war, wird eine Verbesserung der Sedimentbelastung gegenüber der aktuellen Strategie bedeuten. Durch die geringe Entfernung der Baggerbereiche zu den Unterbringungsstellen sind die Unterschiede der Schadstoffbelastung gering und die Beschleunigung des Schadstofftransportes in Richtung See fällt ebenfalls gering aus.

Abschließend ist zu sagen, dass, um eine Verschlechterung der Schadstoffbelastung der Sedimente möglichst gering zu halten, die Entnahme des schadstoffbelasteten feinkörnigen Baggergutes aus den Baggerbereichen Hamburg und Wedel aus dem Gewässer (Szenario 3) die zu bevorzugende Option wäre, die jedoch für den Sedimenthaushalt als negativ anzusehen ist. Eine Entfernung der am stärksten belasteten Feinsedimente würde bereits zu einer Entlastung des Systems im Hinblick auf die Schadstoffsituation führen. Für eine Unterbringung im Gewässer sollte zunächst das am geringsten mit Schadstoffen belastete Baggergut aus den Baggerbereichen Osteriff und NOK vorgesehen und die Szenarien 5, 4a und 4b in der aufgeführten Reihenfolge in Betracht gezogen werden. Für Baggergut aus den Bereichen Hamburg und Wedel ist eine möglichst ortsnahe Unterbringung im Gewässer vorzuziehen. Hinsichtlich der Schadstoffbelastung wären das hypothetische Szenario 2 und die aktuelle Unterbringungsstrategie für eine aquatische Unterbringung die beste Lösung. Soll Baggergut aus diesen Bereichen weiter seewärts untergebracht werden, sollten die Szenarien für die Umstellung der Unterbringungsstrategie in folgender Reihenfolge geprüft werden: 2a, 2b, 3a, 3b. Wird eine Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg in die Bereiche MaxTrüb und stromab MaxTrüb vorgesehen, sollte sie sich auf Baggergut aus den am geringsten belasteten Bereichen beschränken.

## Ökotoxikologie

Aus ökotoxikologischer Sicht sollte höher belastetes Material aus dem inneren Bereich der Tideelbe möglichst weit stromauf umgelagert werden. Die geringsten ökotoxikologischen Auswirkungen bei der Unterbringung des Baggergutes aus den Bereichen Wedel/Juelssand und Hamburg sind somit bei einer möglichst ortsnahen Unterbringung im Bereich stromauf MaxTrüb zu erwarten, die größten Auswirkungen bei einer Unterbringung in die ökotoxikologisch nicht belasteten Bereiche stromab MaxTrüb und Nordsee (Schlickfallgebiet). Obwohl für die genannten Baggerbereiche die gleichen Grundsätze gelten, ist jedoch der vorhandene Unterschied in der ökotoxikologischen Sedimentbelastung der Bereiche zu berücksichtigen, so dass diese Aussagen für das Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand abgeschwächt werden können. Sedimente im Bereich Hamburg mit besonders hohen Belastungen (Toxizitätsklasse  $\geq 5$ ) sollten nicht innerhalb des Gewässers umgelagert werden. Beim ökotoxikologisch unbelasteten Baggergut aus den Bereichen NOK und Osteriff sind keine bedeutenden Auswirkungen anzunehmen, womit es aus ökotoxikologischer Sicht uneingeschränkt umgelagert werden kann. Nach ökotoxikologischen Gesichtspunkten ist daher auch das höher belastete Feinmaterial aus den Bereichen Wedel/Juelssand möglichst ortsnah unterzubringen. Eine Fortführung der derzeitigen Unterbringungsstrategie ist damit aus ökotoxikologischen Aspekten die zu bevorzugende Strategie.

## Makrozoobenthos

In Bezug auf die Benthosfauna sollte Baggergut möglichst ortsnah untergebracht werden, um mögliche ökotoxikologische Auswirkungen auf die Tiere gering zu halten. Das bedeutet, Baggergut aus dem Bereich stromauf MaxTrüb sollte auch in diesem Bereich verbracht werden. Bezüglich der Empfindlichkeit der Benthosfauna gegenüber Sedimentüberdeckung sind die im Bereich stromauf MaxTrüb dominierenden Oligochaeten als typische Vertreter des Sandlückensystems und aufgrund ihrer geringen Größe und ihrer hohen Reproduktionsleistung wesentlich toleranter gegenüber Übersättigungen und zu einer schnellen Wiederbesiedelung überschütteter Flächen in der Lage. Material aus dem Hamburger Hafen und Wedel sollte somit möglichst im inneren Bereich der Tideelbe verbracht werden. Hier ist der Unterschied zwischen den Belastungen der Sedimente am Ursprungsort und am Unterbringungsort am geringsten, wodurch sich das Risiko einer schadstoffbedingten Veränderung der Artengemeinschaften klein halten lässt. Die Verbringung nach stromab MaxTrüb würde zwar die Benthosfauna im Bereich stromauf MaxTrüb entlasten, was zu einer geringen Verbesserung der Situation für die Arten führen würde, stromab MaxTrüb leben allerdings mehr Arten, die eine höhere Sensitivität gegenüber umlagerungsbedingten Effekten zeigen. Bei der Verbringung von Baggergut in das Schlickfallgebiet der Nordsee führt dies zu einer Beeinträchtigung auf der Umlagerungsfläche im Bereich des Schlickfallgebiets.

Derzeit sind die Auswirkungen in der Tideelbe an den Umlagerungsstellen für die Benthosarten gering. Diese Auswirkungen ließen sich weiter minimieren, indem bei der Auswahl der Umlagerungsstellen möglichst Bereiche mit größeren Korngrößen gewählt würden. Während der Verbringung wird feines Material weiter verdriftet, während die gröberen Bestandteile sich im Bereich der Umlagerungsstellen anreichern. Die Veränderung der Sedimentzusammensetzung auf den Umlagerungsstellen hat eine direkte Auswirkung auf die Zusammensetzung der Benthosfauna und führt zu deren Veränderung. Wenn diese Sedimentveränderung

bei der Auswahl von Umlagerungsstellen berücksichtigt wird, lassen sich die Auswirkungen auf die Benthosfauna verringern.

### **Fische**

Für die Fischfauna wird seewärts von abnehmenden Beeinträchtigungen durch Unterbringungen ausgegangen, d.h. mit mittleren Auswirkungen ist im Bereich stromauf MaxTrüb, mit geringen Auswirkungen im Bereich von MaxTrüb und mit sehr geringen Auswirkungen stromab MaxTrüb zu rechnen.

Die für Fische sensibelsten Bereiche stromauf MaxTrüb, die für viele ästuartypische und gefährdete Fischarten als Reproduktionsgebiet, Jungfischhabitat und Wanderkorridor dienen, sind im Rahmen eines Sedimentmanagements so weit wie möglich vor zusätzlichen (auch geringen) Beeinträchtigungen des Sauerstoffhaushaltes, die auf unterbringungsbedingt erhöhte Schwebstoffkonzentrationen zurückgehen, sowie vor Störungen durch häufiges Baggern und Umlagern zu schützen. Favorisiert wird eine Unterbringung in möglichst weit seewärtigen Bereichen, die u. a. aufgrund der großräumig vorhandenen Ausweichmöglichkeiten als weniger sensibel für Fische eingestuft werden. Bei Unterbringung in diesen seewärtigen Bereichen sind dort sehr geringe zusätzliche Anreicherungen von Schadstoffen in Fischen und Neunaugen möglich, die einzelne Individuen beeinträchtigen, sich aber aller Voraussicht nach nicht auf Bestandsebene auswirken.

Ferner werden ggf. noch zu entwickelnde und an die jeweiligen Oberwasserabflüsse anzupassende Unterbringungsstrategien favorisiert, die mittel- bis langfristig zur Erhaltung eines dynamischen Gleichgewichts zwischen Tief- und Flachwasserzonen sowie Wattflächen, insbesondere im Bereich stromauf des Trübungsmaximums, beitragen. Ein durch seewärtige Unterbringung bedingter Nettosedimentaustag kann kurz- bis mittelfristig die Stabilisierung und Vergrößerung fischökologisch wertvoller Flachwasserzonen begünstigen. Langfristig sollte ein ausgeglichener Sedimenthaushalt stromauf des Trübungsmaximums angestrebt werden.

### **Vegetation**

Die Möglichkeit einer potenziellen Auswirkung auf Seegras(wiesen) kann für die hier vorliegende Szenarienanalyse ausgeschlossen werden, da der Grad der Wirkung, bezogen auf die Entfernung der rezenten Seegrasvorkommen, zu gering bis messtechnisch nicht nachweisbar ist.

Für den Schierlings-Wasserfenchel ist der Bereich stromauf MaxTrüb als Verbreitungs- und Reproduktionsgebiet von zentraler Bedeutung. Für die Pionierart sind solche Maßnahmen von Bedeutung, die durch Erosion oder Sedimentation weitgehend vegetationsfreie Flächen entstehen lassen, auf denen die Art für einige Jahre dem Konkurrenzdruck der Röhrichtarten entgehen kann. Sie ist somit auf eine gewisse Dynamik angewiesen. Andererseits können durch bestimmte Maßnahmen verstärkte Erosions- bzw. Sedimentationsprozesse auch Risiken einer negativen Auswirkung auf den Schierlings-Wasserfenchel bergen. So können durch erhöhte Erosionstendenzen aktuelle Schierlings-Wasserfenchel-Vorkommen zerstört werden.

Auch Sedimentationsprozesse könnten im negativen Sinne zu einer Überdeckung aktueller Vorkommen, Samen oder Jungstadien führen.

Ein Handeln nach den Szenarien 1, 2a, 2b, 3a, 3b, aber auch nach den hypothetischen Szenarien 1 und 2 birgt somit Risiken für negative Auswirkungen. Andererseits können aus dem jeweiligen Handeln auch positive - die Art lokal fördernde - Effekte nicht ausgeschlossen werden. Generell muss das Risiko einer negativen Auswirkung bei der Entscheidungsfindung zu einer neuen Sedimentmanagementstrategie stärker gewichtet werden als mögliche positive Effekte („worst-case“-Betrachtung). Mit diesem Hintergrund sollte aus vegetationskundlicher Sicht von einer Unterhaltungsstrategie abgesehen werden, von der im für den Schierlings-Wasserfenchel sensitivsten Raum verstärkte Tendenzen von Sedimentations- (Ablagerung von verdriftendem Material bei einer konzentrierten Unterbringung in MaxTrüb und stromauf MaxTrüb - vgl. Szenarien 1, 2a, aber auch hypothetische Szenarien 1 und 2) oder gegenläufig Erosionsprozessen (langfristige Ausräumung des Feinsedimentes - vgl. hypothetisches Szenario 3) ausgehen. Dies gilt abgeschwächt auch für die Szenarien 2b, 3a und 3b.

Weiterhin muss mit der Unterhaltungsstrategie aus vegetationskundlicher Sicht vermieden werden, dass sich durch das Handeln eine mittelfristige Änderung des Sedimentinventars (mögliche Versandung schlickiger Standorte) im Bereich stromauf MaxTrüb - vgl. hypothetisches Szenario 3 - ergibt. Dies kann dann nicht ausgeschlossen werden, wenn fortwährend große Mengen an Feinmaterial gebaggert und durch Unterbringung in die Bereiche stromab MaxTrüb und Nordsee (Schlickfallgebiet) dauerhaft aus der Tideelbe ausgeräumt werden. Dies gilt abgeschwächt auch für die Szenarien 2b, 3a und 3b.

Es gilt somit, dass es für die aufgezeigten Szenarien kein risikofreies Handeln gibt und dass es künftig Ziel sein muss, die Risiken von möglichen negativen Auswirkungen aus einem neuen Handeln heraus möglichst zu minimieren. Im Gesamtkontext aller Faktoren, die die Art in den letzten Jahrhunderten beeinträchtigt haben, kann die Unterhaltung jedoch nur als Teilaspekt gesehen werden (Kapitel 9.3.5).

### **Rechtliche Aspekte**

#### *Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL)*

Der Betrachtungsraum ist nahezu flächendeckend mit Natura 2000-Gebieten ausgewiesen und die Unterbringungsstellen für Baggergut liegen meist innerhalb von Natura 2000-Gebieten. Da sich im Bereich stromauf MaxTrüb bedeutende Habitats von prioritären/gefährdeten Arten befinden und nachteilige Auswirkungen der Baggergutunterbringung auf die Lebensraumqualität und Arten beschrieben sind, können Auswirkungen auf die Schutz- und Erhaltungsziele von Natura 2000-Gebieten bei der Unterbringung von Baggergut in diesen Bereichen nicht sicher ausgeschlossen werden. Da ab Elbe-km 731 die Unterbringungsstellen meist außerhalb von Schutzgebieten liegen (außer Tonne E3), können die Auswirkungen auf die Erhaltungsziele weiter seewärts abnehmen. Sollten sich trotz detaillierter Betrachtung der Auswirkungen erhebliche Beeinträchtigungen nicht vermeiden lassen, ist die Unterhaltungsmaßnahme wie ein Projekt im Sinne des § 34 BNatSchG zu behandeln und eine FFH-Verträglichkeitsprüfung durchzuführen.

### *Artenschutz*

Prinzipiell können besonders geschützte Arten durch Auswirkungen der Baggergutunterbringung wie Überschüttung, Schadstoffeffekte (Bioakkumulation), Nahrungsverfügbarkeit und Lebensraumverlust betroffen sein. Ausgehend davon, dass sensible Zeiten und sensible Bereiche für besonders geschützte Arten weiterhin von der Bagger- und Unterhaltungstätigkeit ausgespart bleiben, wird sich das Tötungs- oder Verletzungsrisiko für die betrachteten Szenarien (nahezu) nicht ändern. Somit ist nicht von einer Verbotverletzung nach § 44 BNatSchG Abs. 1 auszugehen. Aufgrund der Wissenslücken und Unsicherheiten ist es empfehlenswert, sich mit den zuständigen Institutionen abzustimmen.

### *Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)*

Die prognostizierten Auswirkungen der Baggergutunterbringung im Elbeästuar führen in dem beschriebenen Ausmaß zwar nicht zu einer Verschlechterung des Zustands im Sinne einer Klassenverschlechterung, jedoch können die Unterhaltungsmaßnahmen unter dem Blickwinkel der Status-Quo-Theorie gegen das Verbesserungsgebot und das Verschlechterungsverbot verstoßen. Aufgrund des geringfügigen Ausmaßes der Auswirkungen ist nicht mit einer Behinderung des guten Zustands/Potenzials zu rechnen, jedoch kann der Prozess zur Erreichung des guten Zustands/Potenzials ggf. verzögert werden. Je nach Baggergutunterbringungsstrategie sind Erhöhungen von Schadstoffkonzentrationen in Sedimenten nicht auszuschließen. Daher ist zu prüfen, ob dies zu Konflikten mit der EU-Richtlinie 2008/105/EG führt.

### *Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL)*

Unterbringungen von Baggergut in die Bereiche stromab MaxTrüb und nach Nordsee (Schlickfallgebiet) können zu Konflikten mit den Zielen der MSRL führen. Betroffen davon ist insbesondere das Maßnahmen-Ziel „Schadstoffkonzentrationen in der Meeresumwelt und die daraus resultierenden Verschmutzungswirkungen sind zu reduzieren und auf einen guten Umweltzustand zurückzuführen“. Da derzeit noch keine Vorgaben bzgl. Schadstoffkonzentrationen und Schadstoffeffekten vorliegen, sollte im Zuge der weiteren Umsetzung der MSRL geprüft werden, ob die Baggergutunterbringung im Küstengewässer/Küstenmeer zu Konflikten mit den Zielen der MSRL führt.

## 8 Empfehlungen für die Unterbringung von Feinsedimenten

Bei der gegenwärtigen Unterhaltungsstrategie (Szenario 1) kommt es beim Auftreten **lang anhaltender niedriger Oberwasserabflüsse** zu einer starken Anreicherung des Feinsedimenthaushaltes und Intensivierung der Kreislaufbaggerung. Um diesen sich selbst verstärkenden Prozess abzuschwächen ist es erforderlich, Optimierungsmaßnahmen für das Sedimentmanagement durchzuführen, die der Anreicherungstendenz des Feinsedimenthaushaltes **fortlaufend** entgegen wirken.

In diesem Kapitel werden die Ziele (8.1) und der Strategievorschlag (8.3) für ein flexibles und adaptives Sedimentmanagement vorgestellt. Dabei werden Unterhaltungsoptionen aus morphologischer Sicht beschrieben. Diese werden anschließend hinsichtlich der verschiedenen Umweltaspekte bewertet. Die wesentlichen Punkte werden in Kapitel 8.5 (Fazit) zusammengefasst.

### 8.1 Ziele

Die im Folgenden formulierten Ziele orientieren sich sowohl an den herausgearbeiteten Defiziten (Entfernung vom Leitbild) als auch an den entsprechenden Verbesserungsmaßnahmen und den dadurch erreichbaren Zuständen (= Zielen). Grundlage der Bewertungen ist das Leitbild, das im Kapitel 3 beschrieben ist.

#### Ziele für den Feinsedimenthaushalt

##### **I Ein möglichst naturnaher/ausgeglichener Feinsedimenthaushalt**

Dies ist ein grundsätzliches Ziel und als solches bei den folgenden Überlegungen berücksichtigt.

##### **II Reduzierung der Kreislaufbaggerung**

Dies kann durch ein flexibles und adaptives Sediment- und Baggergutmanagement unterstützt werden mit dem Ziel, Baggergut möglichst nur einmal „anzufassen“ und Kreislaufbaggerung möglichst weitgehend zu reduzieren.

##### **III Schaffen von morphologisch aktiven Bereichen im (inneren) Ästuar**

Morphologisch aktive Bereiche, die dauerhaft von Sedimentation und Erosion geprägt werden, sind typisch für Ästuarareale. Ein ausreichender Sedimentationsraum außerhalb der Fahrrinne fördert einen ausgeglichenen Sedimenthaushalt. Die hierfür erforderlichen Maßnahmen gehen aber weit über die Aktivitäten eines Baggergutmanagements hinaus, da aufwändige Renaturierungsmaßnahmen durchzuführen wären.

## Ziele für ökologische Randbedingungen

### IV Reduktion des Schadstoffeintrags von oberstrom (WRRL-BWP)

Die Reduzierung der Schadstoffbelastung aus der Mittelelbe ist Aufgabe der wasserwirtschaftlichen Bewirtschaftungspläne. Der Erfolg dieser Maßnahmen hat erhebliche Auswirkungen auf das Sediment- und Baggergutmanagement der Tideelbe und dessen Optimierung.

### V Reduktion des erhöhten Eintrags und Stromauftransportes von Feinsedimenten marinen Materials bereits im Mündungsbereich

Dies kann sowohl durch ein entsprechendes Baggergutmanagement als auch durch strombauliche Maßnahmen erreicht werden.

### VI Entnahme von belasteten Feinsedimenten aus dem Gewässer

Besonders hoch belastete Sedimente können dem Gewässer entnommen und in die Hamburger Anlagen zur Landentsorgung (METHA) verbracht werden. Aufgrund der begrenzten Kapazitäten und der Kosten kann dies nur für einen Teil der zu baggernden Sedimente erfolgen. Grundsätzlich sollte nach dem Prinzip verfahren werden, dass Sedimente als Teil des Gewässersystems in diesem verbleiben; Sanierungen sollten möglichst quellnah erfolgen.

### VII Ausbreitung von Schadstoffen vermeiden

Mit Schadstoffen belastetes Material sollte nicht in Bereiche umgelagert werden, die durch geringere Belastungen charakterisiert sind.

### VIII Reduktion des Eintrags an organischem Material (Algen und Detritus)

Der Eintrag großer Mengen organischen Materials aus der Mittelelbe über das Tidewehr in die Tideelbe beeinflusst die sedimentierenden Mengen und insbesondere die Qualität des Baggergutes. Eine Reduktion würde zwar nur zu einer sehr geringen Reduzierung der Baggermengen, aber zu einer deutlichen Reduzierung der organischen und Nährstoffanteile der zu baggernden Sedimente insbesondere im Bereich Hamburg führen.

### IX Minimierung der Störung der Fauna

Eine Reduzierung der Häufigkeit und Umfang von nautisch erforderlichen Baggeraktivitäten verbessert die Lebensbedingungen für die Fauna in ökologisch sensiblen Zeiten bzw. für sensible Arten.

## 8.2 Grundsätze

Gegenwärtig wird Baggergut stets abhängig vom Ort der Baggerung auf einer fest zugewiesenen Stelle untergebracht. Die szenariobasierte Sensitivitätsanalyse (Kapitel 7) zeigt, dass mit Blick auf die in Kapitel 8.1 unter I und II genannten Ziele eine Verbesserung nur erreicht werden kann, wenn der Bereich für die Unterbringung des Baggergutes abhängig von den maßgeblichen Randbedingungen festgelegt wird. Bestimmte Randbedingungen werden damit zu Faktoren, die das flexible Baggergut- und Sedimentmanagement beeinflussen. Entscheidende Randbedingungen aus morphologischer Sicht sind die Feinsedimentmenge, um die das

Elbeästuar für eine Stabilisierung des Feinsedimenthaushaltes fortlaufend entlastet werden muss, und der Oberwasserabfluss. Entsprechend werden in der Auswirkungsprognose die beiden hydrologischen Fälle eines lang anhaltend hohen (Fall A) und niedrigen Oberwasserabflusses (Fall B) betrachtet. Weitere für ein Baggergutmanagement zu betrachtende Randbedingungen (Sauerstoffgehalte, Laichzeiten/Fischwanderungen, und die Schadstoffbelastung des Baggergutes) resultieren aus der Bewertung der prognostizierten ökologischen Auswirkungen.

Das flexible Baggergutmanagement soll durch einen adaptiven Teil ergänzt werden, der eine Modifikation des Managements bei neuen Erkenntnissen (u. a. Monitoring) vorsieht.

### 8.2.1 Austragsmenge

Die nachfolgend beschriebene Strategie soll einen gezielten Austrag von Feinsedimentmengen aus der Tideelbe fortwährend sicherstellen, um damit den Feinsedimenthaushalt in den Bereichen MaxTrüb und stromauf MaxTrüb zu stabilisieren und in einen ausgeglicheneren Zustand zu überführen. Nur so können die Feinsedimentmengen, die im Zuge der Unterhaltung untergebracht werden müssen, mittelfristig „konstant“ gehalten bzw. gesenkt werden.

Der Zustand eines ausgeglichenen Feinsedimenthaushaltes kann aus einem ungefähren Gleichgewicht zwischen der ein- und ausgetragenen Feinsedimentmenge unter Berücksichtigung morphologisch bedingter Änderungen der Ästuar-Topographie (Ablagerung und Erosion von Feinsedimenten) abgeleitet werden. Ein solches Gleichgewicht stellt zugleich sicher, dass es mittelfristig weder zu einer starken Anreicherung noch zu einer fortschreitenden Ausräumung von Feinsedimenten kommt. Die Feinmaterialbewirtschaftung muss daher mittels der Bilanzierung des Feststoffhaushaltes Ober- und Untergrenzen für die notwendigen Austragsmengen definieren. Die Bilanzierung des Feststoffhaushaltes der Tideelbe ist jedoch mit hohen Unsicherheiten behaftet. Eine zukünftige Festlegung von Ober- und Untergrenzen kann daher nur iterativ an fortlaufend verbesserten Erfahrungswerten erfolgen.

Mit Blick auf die Baggermengenentwicklung im Bereich Hamburg seit 2002 ist eine stabilisierende Wirkung der Baggergutunterbringung bei Tonne E3 anzunehmen. Im Zuge einer Unterbringung von 1 - 2 Mio. m<sup>3</sup>/a bei Tonne E3 in der Nordsee gingen die Baggermengen im Bereich Hamburg von einem kurzzeitig sehr hohen Niveau (ca. 8 Mio. m<sup>3</sup>/a in 2004 und 2005) deutlich zurück und blieben in den Folgejahren 2006 bis 2009 stabil bei ca. 4 bis 5,5 Mio. m<sup>3</sup>/a (BfG 2013a). Nach der vorläufig letzten Unterbringung bei Tonne E3 im Februar 2010 haben fast durchgängig hohe Oberwasserabflüsse in den Jahren 2010 und 2011 sehr geringe Baggermengen im Bereich Hamburg begünstigt, die bei Neßsand untergebracht wurden. Im Spätsommer/Herbst 2012 kam es bei niedrigen Oberwasserabflüssen dagegen erneut zu einem starken Anstieg der Baggermengen in den Bereichen Wedel/Juelssand und Hamburg. Demnach scheint die seit 2006 umgesetzte Unterbringung aller Feinsedimente aus dem Bereich Wedel/Juelssand in den Bereich MaxTrüb (Unterbringungsstellenbereich 686/690 vor St. Margarethen) alleine für eine dauerhafte Stabilisierung des Feinsedimenthaushaltes nicht ausreichend zu sein; ein zusätzlicher Austrag von Feinmaterial in der Größenordnung von zunächst etwa 1 Mio. m<sup>3</sup>/a bzw. 0,5 Mio. t TS/a - abgeleitet aus den im

Zeitraum 2005 bis Anfang 2010 auf der Stelle Tonne E3 untergebrachten Baggermengen - sollte daher aus morphologischer Sicht sichergestellt werden. Das bedeutet, dass zusätzliches Baggergut auf Stellen weiter stromabwärts als bisher unterzubringen ist.

Bei Unterbringung von Baggergut auf der Stelle Tonne E3 bzw. im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) werden die darin enthaltenen Feinsedimente vollständig und unabhängig vom Oberwasserabfluss aus dem Sedimenthaushalt der Tideelbe entnommen. Insbesondere in Zeiten mit niedrigen Oberwasserabflüssen bei einem starken Stromauftransport der Feinsedimente wird der Entnahme von Sedimenten aus dem System Tideelbe, wie sie durch die Unterbringung der Sedimente bei Tonne E3 erfolgte, eine hohe Wirksamkeit zur Verhinderung einer fortschreitenden Anreicherung von Feinsedimenten und Intensivierung der Kreislaufbaggerung im Bereich Hamburg zugeschrieben (vgl. BfG 2013a). Eine morphologisch vergleichbare Wirkung kann auch durch Unterbringung des Baggergutes im Bereich stromab MaxTrüb erreicht werden. Eine vergleichbare Entlastungswirkung kann mittelfristig auf keiner Unterbringungsstelle in den Bereichen MaxTrüb und stromauf MaxTrüb erreicht werden. Weitere Hinweise zu morphologisch geeigneten Stellen in diesem Bereich können BAW (2013) entnommen werden.

Es ist ein begleitendes Monitoring notwendig, das die Entwicklung des Feinsedimenthaushaltes und der Baggermengen - insbesondere auch die Entwicklung der Baggermengen im Bereich der zukünftigen Begegnungsbox vor Wedel - erfasst. Damit wird die Erfahrungsgrundlage für eine Überprüfung der Baggergut- und Sedimentmanagementstrategie erweitert. Zudem sind die durch das Baggergut- und Sedimentmanagement tatsächlich erreichten Austragsmengen zu erfassen, da diese Mengen je nach Unterbringungsstelle und Oberwasserabfluss nicht mit dem Laderaumvolumen bzw. der darin enthaltenen Trockenmasse Baggergut gleichgesetzt werden kann. Dazu ist eine Weiterentwicklung bestehender Monitoringinstrumente und -konzepte erforderlich.

## 8.2.2 Oberwasserabhängige Unterbringung

Eine definierte Austragsmenge bei Unterbringung im Ästuar kann nur unter Berücksichtigung des Oberwasserabflusses erreicht werden. Dieser weist einen Jahresgang und deutliche Schwankungen auf, was zu unterschiedlichen Randbedingungen für die Unterbringung von Baggergut führt. Es bedarf also stets einer oberwasserabhängigen und damit flexiblen Zuweisung der Unterbringungsstelle.

Im **Zeitraum Winter/Frühjahr** wird bei den im Allgemeinen hohen Oberwasserabflüssen ein Transport von Feinsedimenten in Richtung See begünstigt. Eine Entlastung des Feinsedimenthaushaltes kann jetzt besonders gut auch bei Unterbringung von Baggergut in dem weniger seewärts gelegenen Bereich MaxTrüb erreicht werden. Vorrangige Aufgabe für diesen Zeitraum ist daher die Sicherstellung einer mittelfristig zu erreichenden Austragsmenge an Feinsedimenten (siehe Kapitel 8.2.1).

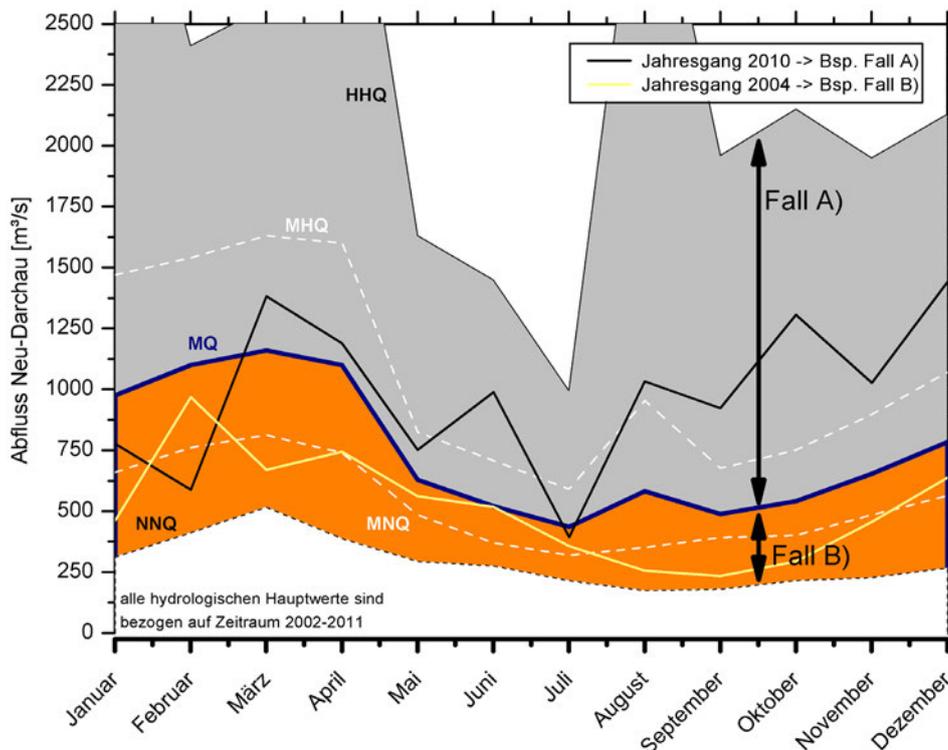
Der **Zeitraum Sommer/Herbst** ist hydrologisch durch einen im Allgemeinen eher niedrigen Oberwasserabfluss und hohe Sedimentationsraten geprägt. Hält dieser Zustand länger an, kann es durch verstärkten Stromauftransport der Feinsedimente und dadurch intensivierte

Kreislaufbaggerung zu einer kritischen Situation für die Wassertiefenunterhaltung in den Baggerbereichen Wedel/Juelssand und Hamburg kommen. Vorrangige Aufgabe in diesem Zeitraum ist daher die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt. Gleichzeitig soll eine Zunahme der Mengen durch Kreislaufbaggerung verhindert werden.

### 8.3 Strategievorschlag

Die zur oberwasserabhängigen Unterbringung der Austragsmenge (Kapitel 8.2.1) beschriebenen morphologischen Grundsätze können durch die im Folgenden beschriebene Strategie umgesetzt werden. Bei Umsetzung dieser flexiblen Strategie ist eine Beachtung von Ober- und Untergrenzen für die Austragsmengen erforderlich. Dazu bedarf es einer ästuarweiten Koordination und Steuerung der Unterbringungsmengen und -orte. Es werden nacheinander für die Baggerbereiche Wedel/Juelssand und Hamburg (1), NOK (2) und Osteriff (3) das empfohlene Handeln bei ganzjährig hohen Oberwasserabflüssen (Fall A) und anschließend bei ganzjährig niedrigen Oberwasserabflüssen (Fall B) beschrieben.

Datengrundlage der Abbildung 46 sind die in Kapitel 6.1.1 in Tabelle 2 gegebenen hydrologischen Kennwerte des Jahresgangs für den Oberwasserabfluss am Pegel Neu Darchau für den Zeitabschnitt 2002 bis 2011. Für die qualitative Unterscheidung der Fälle A und B wird der MQ (mittlere monatliche Abflüsse) verwendet. Zum besseren Verständnis von tatsächlichen Abflusssituationen (Jahresganglinien 2004 und 2010) sind noch die Werte HHQ und MNQ (arithmetisches Mittel der höchsten (HHQ) bzw. niedrigsten (NNQ) Monatswerte in der Zeitreihe) dargestellt.



**Abbildung 46: Fallunterscheidung für die Beschreibung der jeweils empfohlenen Baggergut- und Sedimentmanagementstrategie. Fall A: Hohe Oberwasserabflüsse, Fall B: niedrige Oberwasserabflüsse (Daten: WSA Lauenburg)**

### 8.3.1 Fall A: Hohe Oberwasserabflüsse

Fall A beschreibt einen im Jahresgang lang anhaltend und überdurchschnittlich hohen Oberwasserabfluss, der im Bereich zwischen MQ und HQ liegt. Als ein Beispiel kann hier das Abflussjahr 2010 genannt werden, welches auch in Abbildung 46 dargestellt ist.

Im Fall A sind für das Baggergut- und Sedimentmanagement optimale hydrologische Randbedingungen gegeben, die besonders zu einer Minimierung des erforderlichen Unterhaltungsaufwands beitragen und die Erreichung der morphologischen Ziele optimal unterstützen.

Die in Kapitel 8.1 genannten morphologischen Ziele (ausgeglichener Sedimenthaushalt, Reduktion der Effekte der Kreislaufbaggerung, ...) können erreicht werden, wenn das Baggergut aus den Bereichen Hamburg, Wedel/Juelssand und NOK vorwiegend im Bereich MaxTrüb untergebracht wird. Baggergut aus dem Bereich Osteriff wird weiterhin in stromab MaxTrüb untergebracht. Im Vergleich zur gegenwärtigen Unterbringungsstrategie muss dementsprechend die im Bereich stromauf MaxTrüb untergebrachte Gesamtmenge (d. h. bei Neßsand) reduziert werden, damit die notwendige zusätzliche Austragsmenge von etwa 1 Mio. m<sup>3</sup>/a mittelfristig sichergestellt und zugleich die im Bereich stromauf MaxTrüb wirkende Kreislaufbaggerung reduziert werden kann. Ein solches Vorgehen entspricht den für die Unterbringung von Baggergut bereits in Kapitel 7.2 morphologisch begründeten Handlungsgrundsätzen.

#### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

##### Zeitraum Winter/Frühjahr (vorrangige Aufgabe: Sicherstellung Austragsmenge)

Im Bereich des inneren Ästuars (stromauf Brunsbüttel) wird eine optimale Entlastung des Feinsedimenthaushaltes durch Unterbringung des Baggergutes auf die weiter stromab gelegenen, zu dieser Zeit ebbestromdominierten Stellen im Bereich MaxTrüb erreicht.

Die Entlastung des Feinsedimenthaushaltes wird durch die Einrichtung von Sedimentfängen in Sedimentationsschwerpunkten, wie z. B. dem Baggerbereich Wedel/Juelssand, unterstützt. Eine gezielte Unterhaltung von Sedimentfängen im Winter/Frühling zu Zeiten eines hohen Oberwasserabflusses mit Unterbringung der Feinsedimentmengen in den Bereich MaxTrüb trägt dazu bei, die angestrebte Austragsmenge zu erreichen. Zudem wird dadurch erreicht, dass zu Zeiten niedrigen Oberwasserabflusses weniger Baggergut anfällt. Dazu bedarf es jedoch der Durchführung von Baggerungen über die nautischen Erfordernisse hinaus. Weitergehende Empfehlungen zur Geometrie von Sedimentfängen sowie ihrer Unterhaltungsstrategie sind in BfG (2012a) aufgezeigt.

Bei einer ortsnahen Unterbringung der Baggermengen - z. B. Baggergut aus dem Bereich Hamburg auf die Unterbringungsstelle Neßsand oder auf eine andere Stelle im Bereich stromauf MaxTrüb - wird trotz eines hohen Oberwasserabflusses für den Feinsedimenthaushalt eine deutlich geringere bis gar keine Entlastung erzielt. Es ist damit zu rechnen, dass ein vergleichsweise hoher Anteil der umgelagerten Baggermengen zwar stromabwärts transportiert wird, aber noch im Bereich des inneren Ästuars verbleibt, um bei einem wieder zurückgehenden Oberwasserabfluss erneut in den Stromauftransport zurückzukehren.

Zeitraum Sommer/Herbst (vorrangige Aufgaben: Erhaltung Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt, Kontrolle der Kreislaufbaggerung)

Der Zeitraum Sommer/Herbst mit durchgängig hohen Oberwasserabflüssen - hierbei handelt es sich um eine relativ selten auftretende hydrologische Situation - stellt einen unproblematischen Unterhaltungszustand dar. Die Sedimentationsraten und die stromaufwärts gerichteten Transporte sind gering, so dass nur wenige Baggerungen zur Erhaltung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt erforderlich sind. Aus morphologischer Sicht können in einer solchen Situation die geringen Baggermengen auch ortsnah untergebracht werden. Für die Stelle Neßsand gelten für die Unterbringung von Baggergut Ausschlusszeiten von April bis Oktober. Gegebenenfalls im Bereich Hamburg anfallendes Baggergut muss daher auf weiter seewärts gelegene Stellen untergebracht werden.

*Bereich NOK*

Eine weitere Austragsmenge zur Entlastung des Feinsedimenthaushalts der Tideelbe bei gleichzeitig verbesserter Kontrolle der Kreislaufbaggerung kann auch im Bereich NOK durch ein flexibles und adaptives Baggergut- und Sedimentmanagement erreicht werden. Dazu muss vor allem die Unterbringung von Baggergut weiter seewärts von Brunsbüttel, aber noch im Bereich MaxTrüb geprüft werden, um eine deutliche Verminderung der gegenwärtig ganzjährig auf VS 700 oder per Spülleitung untergebrachten Baggermengen zu erreichen.

Zeitraum Winter/Frühjahr (vorrangige Aufgabe: Sicherstellung Austragsmenge)

Um eine optimale Austragsmenge zu erreichen und gleichzeitig den Anteil der stromauf transportierten Feinsedimentmengen möglichst gering zu halten, sollte im Bereich MaxTrüb das Baggergut vor allem bei höheren Oberwasserabflüssen untergebracht werden, also in der Regel im Zeitraum Winter/Frühjahr. Als ergänzende Maßnahme wird empfohlen, die Möglichkeit der Schaffung von Sedimentationsräumen unterhalb der nautischen Sohle in Anlehnung an das Sedimentfangkonzept und deren Unterhaltung im Zeitraum Winter/Frühjahr zu prüfen.

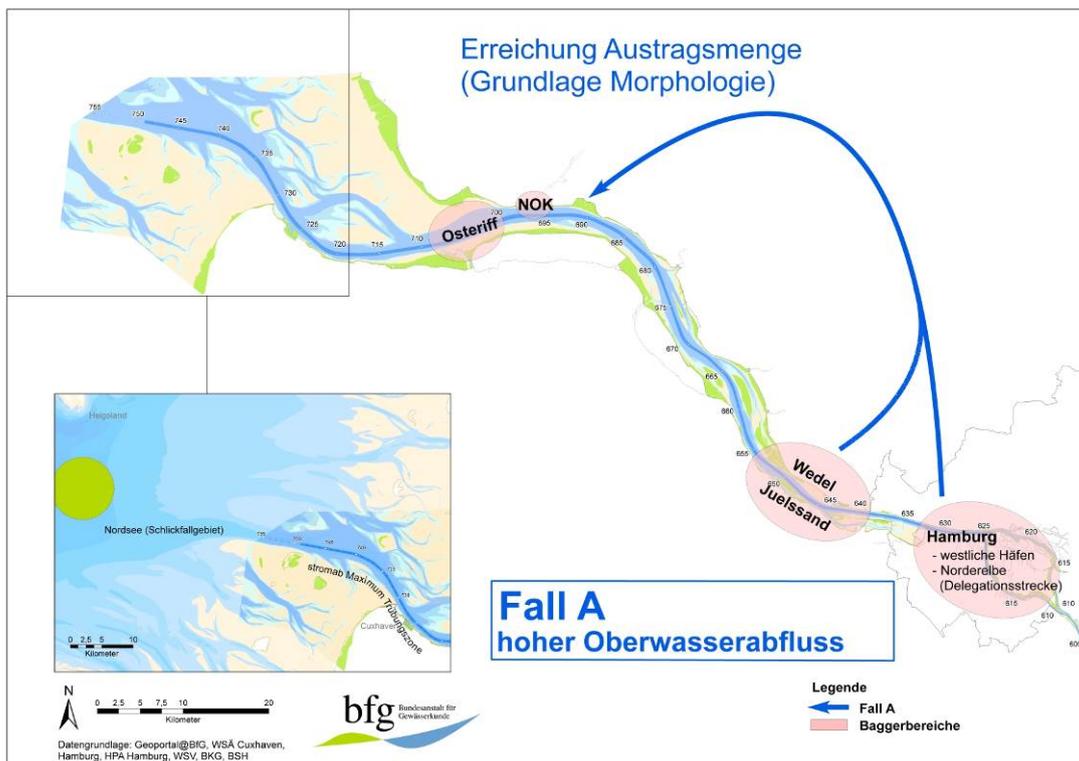
Zeitraum Sommer/Herbst (vorrangige Aufgaben: Erhaltung Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt, Kontrolle der Kreislaufbaggerung)

Das Unterhaltungsbaggergut soll, vergleichbar zum Zeitraum Winter/Frühjahr, im Bereich MaxTrüb untergebracht werden.

*Bereich Osteriff*

ganzjährig, bei hohen und niedrigen Oberwasserabflüssen

Für den Baggerbereich Osteriff wird empfohlen, wie bereits gegenwärtig durchgeführt, das Baggergut weiterhin ganzjährig auf Stellen im Bereich stromab MaxTrüb unterzubringen. Zum Ort und dem tideabhängigen Zeitpunkt der Unterbringung im Bereich stromab MaxTrüb sind die weitergehenden, in BAW (2013) gegebenen Empfehlungen zu beachten. Damit wird oberwasserunabhängig ein Austrag von Feinsedimenten erreicht, die im Bereich der baroklinen Zirkulation zur Ablagerung kommen. Eine gesonderte Unterscheidung der oberwasserabhängigen Fälle A und B ist daher nicht erforderlich.



**Abbildung 47: Unterbringungsbereiche Fall A (hohe Oberwasserabflüsse) - „Westliche Häfen“ beinhaltet Unterelbe und Köhlbrand**

### 8.3.2 Fall B: Niedrige Oberwasserabflüsse

Fall B beschreibt einen im Jahresgang durchgehend niedrigen Oberwasserabfluss, der im Bereich zwischen MQ und NQ liegt. Als ein Beispiel kann hier das Abflussjahr 2004 genannt werden (vgl. Abbildung 46). Im Gegensatz zu Fall A bedeutet ein durchgehend niedriger Oberwasserabfluss maximale Sedimentationsraten in den Baggerbereichen Wedel/Juellssand und Hamburg sowie stark stromaufwärts gerichtete Transportverhältnisse in den Bereichen MaxTrüb und stromauf MaxTrüb. Entsprechend hoch ist der Unterhaltungsaufwand zur Erreichung der notwendigen Austragsmengen und Kontrolle der Kreislaufbaggerung. Somit stellt der Fall B den ungünstigen Fall für das Baggergut- und Sedimentmanagement dar.

Die in Kapitel 8.1 genannten Ziele (ausgeglichener Sedimenthaushalt, Reduktion der Effekte der Kreislaufbaggerung, ...) können nur erreicht werden, wenn zum Abfluss umgekehrt proportional größer werdende Anteile des Baggergutes aus den Bereichen Hamburg, Wedel/Juellssand und NOK in die Bereiche stromab MaxTrüb oder auch im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) untergebracht werden. Baggergut aus dem Bereich Osteriff wird auch im Fall B oberwasserunabhängig in den Bereich stromab MaxTrüb untergebracht. Ein solches Vorgehen entspricht den für die Unterbringung von Baggergut bereits in Kapitel 8.2 morphologisch begründeten Handlungsgrundsätzen.

### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

#### Zeitraum Winter/Frühjahr (vorrangige Aufgabe: Sicherstellung Austragsmenge)

Eine zum Fall A (hohe Oberwasserabflüsse) vergleichbare Austragsmenge von Feinsedimenten kann bei niedrigen Oberwasserabflüssen nur durch Unterbringung von Baggermengen auf weiter seewärts gelegenen Stellen bevorzugt im Bereich stromab MaxTrüb oder auch im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) erreicht werden. Das wird vor allem dann erforderlich sein, wenn im Zeitraum Winter/Frühjahr ein sowohl lang anhaltender als auch außergewöhnlich niedriger Oberwasserabfluss auftritt. Bei Unterbringung von Baggergut im Bereich MaxTrüb würden die enthaltenen Feinsedimentanteile wieder verstärkt in den stromauf gerichteten Rücktransport gehen und ein nur unzureichender Gesamtaustrag an Feinsedimenten erreicht werden (Nicht-Erreichen der gesetzten Untergrenze, s. Kapitel 8.2.1).

#### Sommer/Herbst (vorrangige Aufgaben: Erhaltung Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt, Kontrolle der Kreislaufbaggerung)

Bei niedrigen Oberwasserabflüssen im Zeitraum Sommer/Herbst ist davon auszugehen, dass der überwiegende Anteil des umgelagerten Baggergutes - bei Unterbringung in die Bereiche stromauf MaxTrüb oder MaxTrüb - zurück in den Stromauftransport geht. Eine wirksame Entlastung des Feinsedimenthaushaltes ist damit in dieser Situation und durch Unterbringung von Baggergut in den Bereichen MaxTrüb und stromauf MaxTrüb nicht möglich. Umso wichtiger ist die Kontrolle der Kreislaufbaggerung. Durch Unterbringung von Baggergut auf Stellen, die weiter seewärts innerhalb dieser Bereiche liegen, kann einer übermäßigen Intensivierung, v. a. von kleinräumiger Kreislaufbaggerung mit der Folge stark erhöhter Sedimentationsraten, zumindest zeitweise entgegen gewirkt werden. Je länger die Transportwege des Baggergutes sind, desto eher lagert sich Material kurz- oder langfristig in Seitenbereichen ab und desto mehr verzögert sich ein durch die Strömung veranlasster Rücktransport. Zugleich schaffen Sedimentfänge in diesem Zeitraum einen zusätzlichen Sedimentationsraum unterhalb der nautischen Sohle und können daher den Umfang kurzfristiger und nautisch erforderlicher Unterhaltungsbaggerungen deutlich verringern (vgl. BfG 2012a). Kommt es zu einer starken Intensivierung der Kreislaufbaggerung und der Sedimentation - z. B. bei einem extremen und sehr lang anhaltend niedrigen Oberwasserabfluss - so ist eine Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg in Bereiche stromab MaxTrüb oder ggf. Nordsee (SchFG) in Betracht zu ziehen.

#### *Bereich NOK*

#### Winter/Frühjahr (vorrangige Aufgabe: Sicherstellung Austragsmenge)

Bei niedrigen Oberwasserabflüssen im Zeitraum Winter/Frühjahr sollten die im Bereich NOK gebaggerten und im Bereich MaxTrüb untergebrachten Baggermengen möglichst reduziert werden. Eine Unterbringung des Baggergutes in den Bereich stromab MaxTrüb oder auch Nordsee (Schlickfallgebiet) bewirkt eine zusätzliche Austragsmenge im Vergleich zur Unterbringung im Bereich MaxTrüb.

#### Sommer/Herbst (vorrangige Aufgaben: Erhaltung Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt, Kontrolle der Kreislaufbaggerung)

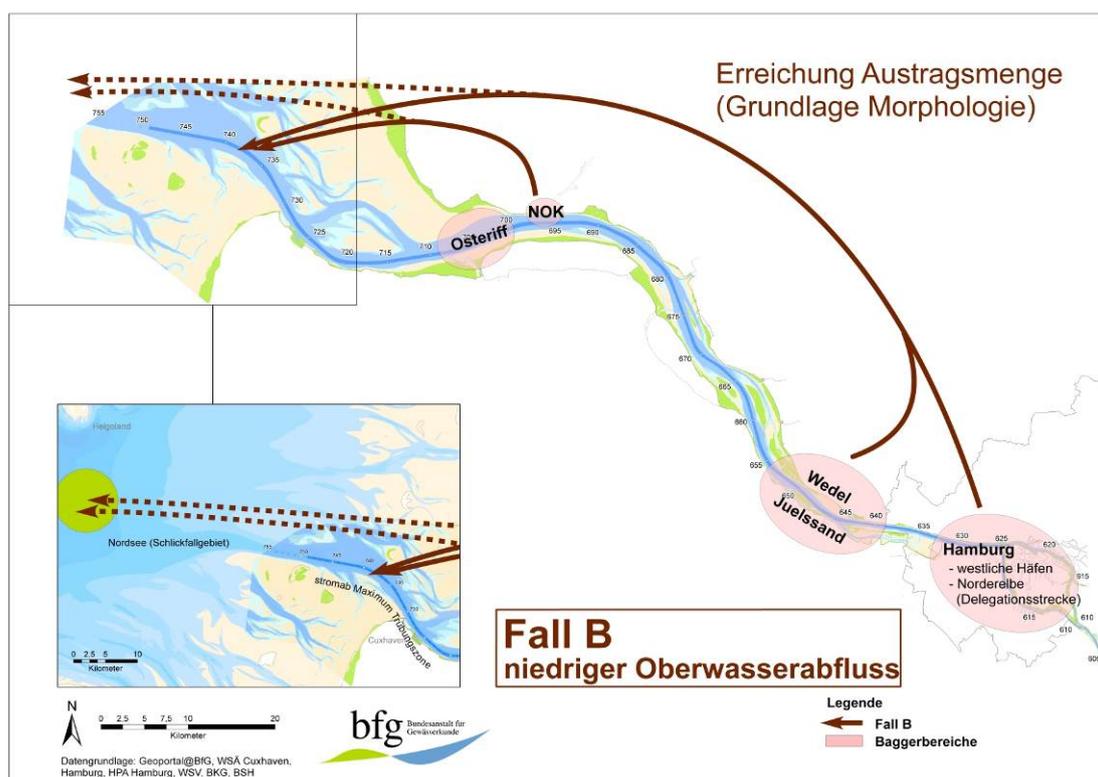
In Phasen lang anhaltend geringer Oberwasserabflüsse sollte das Baggergut nicht im Bereich MaxTrüb, sondern unbedingt im daran anschließenden Bereich stromab MaxTrüb oder im

Bereich Nordsee (SchFG) untergebracht werden. Es wird damit einer weiteren Intensivierung der Kreislaufbaggerung entgegengewirkt.

### Bereich Osteriff

#### ganzjährig, bei hohen und niedrigen Oberwasserabflüssen

Für den Baggerbereich Osteriff wird empfohlen, wie bereits gegenwärtig durchgeführt, das Baggergut weiterhin ganzjährig auf Stellen im Bereich stromab MaxTrüb unterzubringen. Damit wird oberwasserunabhängig ein Austrag von Feinsedimenten erreicht. Eine gesonderte Unterscheidung der oberwasserabhängigen Fälle A und B ist daher nicht erforderlich.



**Abbildung 48: Unterbringungsbereiche Fall B (niedrige Oberwasserabflüsse) - „Westliche Häfen“ beinhaltet Unterelbe und Köhlbrand**

## 8.4 Auswirkungsprognose und Bewertung

Zentraler Bestandteil des Auftrages an die BfG ist die Prognose und Bewertung der aus der zu erarbeitenden Empfehlung resultierenden ökologischen Auswirkungen. Aus dieser Bewertung kann eine Einschränkung bei den aus morphologischer Sicht vorgeschlagenen Unterbringungsoptionen folgen. Die Auswirkungsprognose orientiert sich an den bereits im vorangegangenen Text angesprochenen Fällen A und B eines im Jahresverlauf lang anhaltend hohen bzw. niedrigen Oberwasserabflusses. Eine fachübergreifende Zusammenfassung ist in der Tabelle 8 nach Baggergutherkunft und Unterbringungsbereich differenziert aufgezeigt und umfasst die Bewertung des Szenarios 1 sowie die jeweils zusätzliche Austragsmenge von 1 Mio. m<sup>3</sup>/a. Die Erläuterung erfolgt in den Kapiteln 8.4.1 sowie 8.4.2.

**Tabelle 8: Bewertung der prognostizierten ökologischen Auswirkungen bei Unterbringung des Baggerguts gemäß dem Strategievorschlag.**

\*\*Baggergut nur aus den Bereichen Westliche Häfen, Unterelbe, Köhlbrand und Norderelbe Delegationsstrecke (siehe Text)

Baggergut aus dem Bereich	Unterbringung in Bereich ...	Trübungs- verhältnisse	Schadstoffe	Ökotoxikologie	Sauerstoff	Makrozoobenthos	Fische	Vegetation
		Hamburg**	MaxTrüb	mittel	mittel	sehr gering/keine	gering	gering
	stromab MaxTrüb	gering	hoch	sehr gering/keine	gering	gering	gering	*
	Nordsee (SchFG)	gering	hoch	sehr gering/keine	gering	gering	gering	*
Wedel/ Juelssand	MaxTrüb	mittel	mittel	sehr gering/keine	gering	gering	gering	*
	stromab MaxTrüb	gering	mittel	sehr gering/keine	gering	gering	gering	*
	Nordsee (SchFG)	gering	mittel	sehr gering/keine	gering	gering	gering	*
NOK	MaxTrüb	mittel	mittel	sehr gering/keine	gering	gering	gering	*
	stromab MaxTrüb	gering	mittel	sehr gering/keine	gering	gering	gering	*
	Nordsee (SchFG)	gering	mittel	sehr gering/keine	gering	gering	gering	*
Osteriff	stromab MaxTrüb	gering	mittel	sehr gering/keine	gering	gering	gering	*

**Legende**

	sehr gering/keine
	sehr gering/keine - gering
	gering
	gering - mittel
	mittel
	mittel - hoch
	hoch

**8.4.1 Fall A: Hohe Oberwasserabflüsse**

**Sauerstoff**

*Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

Bei relativ zum MQ höheren Oberwasserabflüssen sind in den Sommermonaten weniger stark ausgeprägte Sauerstoffdefizite in der Tideelbe zu erwarten. Die vorgeschlagenen, gegenüber dem Szenario 1 meist elbabwärts in den Bereich MaxTrüb verschobenen Unterbringungen von Baggergut werden Entlastungen des Sauerstoffhaushaltes in den Bereichen stromauf MaxTrüb und Hamburg bewirken. Die Vereinbarung zwischen HPA und BSU zu Ausschlusszeiten der Baggergutunterbringung nach Neßsand wird eingehalten (HPA & BSU 2012). Dazu ist es erforderlich, im Zeitraum Sommer/Herbst kein Baggergut auf der Stelle Neßsand unterzubringen. Es wird darüber hinaus empfohlen, auch die im Sommer eventuell anfallenden Baggermengen mindestens in den Bereich MaxTrüb unterzubringen, und so den Sauerstoffhaushalt im gesamten Bereich stromauf MaxTrüb zu entlasten.

Die Unterbringung des Baggergutes aus Sedimentationsräumen, wie z. B. dem Sedimentfang bei Wedel sollten, wie bereits in Kapitel 8.2.2 beschrieben, im Winter/Frühjahr erfolgen, da dies unkritische Zeiträume für den Sauerstoffhaushalt sind. Für den Fall A werden die Auswirkungen der Baggerungen in Sedimentfängen auf den Sauerstoffhaushalt im Bereich Wedel/Juelssand und Hamburg als sehr gering angesehen. Zwar bewirkt die erhöhte Mächtigkeit der Sedimente im Bereich der Sedimentfänge eine gering erhöhte Sauerstoffzehrung, aber aufgrund der hohen Oberwasserabflüsse erfolgt diese bei relativ günstigen Sauerstoffbedingungen. Mittel- bis langfristig ist darüber hinaus von abnehmenden Verlandungstendenzen der Hahnöfer Nebelbe auszugehen, deren Flachwasserbereiche den Sauerstoffhaushalt in diesem Elbabschnitt stützen (siehe Kapitel 3).

#### *Bereich NOK und Bereich Osteriff*

Die gegenüber dem Szenario 1 zunehmenden Unterbringungen im Bereich MaxTrüb und ggf. stromab MaxTrüb, ebenso wie die beabsichtigte Unterbringung des im Bereich NOK anfallenden Baggergutes in den Bereich stromab MaxTrüb, erfolgen in Elbabschnitte mit einem stabilen Sauerstoffhaushalt, der die durch die Unterbringung auftretenden Sauerstoffzehrungen abpuffern kann. Es sollte aber bei einer stark erhöhten zusätzlichen Unterbringung von Baggergut in den Bereich MaxTrüb das mögliche Auftreten sohnaher Sauerstoffdefizite beobachtet werden. Die für den Fall A vorgeschlagenen Umlagerungsstrategien werden für den Aspekt Sauerstoffhaushalt insgesamt positiv bewertet.

### **Schadstoffe**

Im Hinblick auf die Höhe der Schadstoffgehalte im Bereich der Unterbringung sind keine saisonalen Einflüsse zu erwarten. Um einen Überblick der bei Transport und Unterbringung auf eine weiter seewärts gelegene Stelle bewegten Schadstoffmengen zu bekommen, wurden für die Schadstoffe Frachtberechnungen aus den jeweiligen Baggerbereichen durchgeführt und für die Unterbringungsgebiete bewertet. Eine Bewertung des Baggergutes nach GÜBAK würde für alle Baggerbereiche, ausgenommen Osteriff, aufgrund der Belastung mit den Verbindungen der DDX-Gruppe und HCB eine Einstufung in Fall 3 ergeben, mit höheren Konzentrationsüberschreitungen des Richtwertes 2 des Baggergutes aus dem Bereich Hamburg und niedrigen Überschreitungen des Richtwertes 2 von Baggergut aus den Bereichen Wedel/Juelssand und NOK.

#### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

Bei Unterbringung von Baggergut aus dem Baggerbereichen Wedel/Juelssand in die Bereiche MaxTrüb und stromab MaxTrüb ist mit mittleren negativen Auswirkungen zu rechnen. Die Schadstoffgehalte auf der Unterbringungsstelle und dessen Nahfeld (Seitenbereiche in MaxTrüb und Watten stromab MaxTrüb) können sich gering erhöhen. Durch den Transport der gebaggerten Feinsedimente mit dem Hopperbagger erfolgt eine mittlere Beschleunigung des Schadstofftransports in Richtung See und die mit dem Baggergut in die Unterbringungsstelle eingebrachte Schadstoffmenge wird vorübergehend erhöht. Mit dem Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand wird im Vergleich zum Baggergut aus dem NOK bei den elberelevanten Schadstoffen das 3- bis 4-fache an Schadstoffmenge bewegt, im Fall des TBT sogar das bis zu 16-fache.

Wird Baggergut aus dem Bereich Hamburg im Bereich MaxTrüb untergebracht, ist mit geringfügig stärkeren Auswirkungen zu rechnen. Das Baggergut aus dem Bereich Hamburg ist höher als Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand mit Schadstoffen belastet, wobei die Belastung des Baggergutes aus den Teilgebieten Westliche Häfen, Unterelbe, Köhlbrand und Norderelbe/Delegationsstrecke nur leicht höher als die des Baggergutes aus dem Bereich Wedel/Juelssand ist. Die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg in den Bereich MaxTrüb oder weiter seewärts sollte sich daher auf die Westlichen Häfen, Unterelbe, Köhlbrand und die Norderelbe/Delegationsstrecke beschränken. Auch die Frachtbetrachtung aus den beiden Teilbereichen des Bereiches Hamburg ergibt nur eine wenig höhere Schadstofffracht, verglichen mit dem Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand. Durch eine Unterbringung des Baggergutes in MaxTrüb oder weiter seewärts erfolgt eine starke Beschleunigung des Schadstofftransports in Richtung Nordsee.

Hamburger Baggergut mit erhöhten Schadstoffgehalten aus allen Teilgebieten, ausgenommen die Teilgebiete Westliche Häfen, Norderelbe Delegationsstrecke und der Harburger Süderelbe, sollte weiterhin bevorzugt im Bereich stromauf MaxTrüb untergebracht werden. Hier ist mit geringen negativen Auswirkungen der Baggergutunterbringung zu rechnen. Bei Baggergut aus dem Teilgebiet Harburger Süderelbe, das nur einen geringen Anteil an den Hamburger Gesamtmengen ausmacht, sollte eine Entsorgung an Land überlegt werden.

Bewegen sich die Oberwasserabflüsse eher im Bereich MQ, sollte hinsichtlich der Schadstoffbelastung bevorzugt das Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand in den Bereichen stromab MaxTrüb untergebracht werden, während das Hamburger Baggergut aus den Teilgebieten Westlichen Häfen, Unterelbe, Köhlbrand und der Norderelbe Delegationsstrecke aufgrund der vergleichsweise höheren Schadstoffbelastung weniger weit seewärts im Bereich MaxTrüb untergebracht werden sollte.

#### *Bereich NOK*

Die Unterbringung des im Bereich NOK anfallenden Baggergutes in MaxTrüb oder stromab MaxTrüb wird nur geringe bis mittlere negative Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte zeigen. Mit dem Baggergut werden leicht höhere Mengen an Schadstoffen bewegt als mit dem Baggergut aus dem Bereich Osteriff. Vor allem für die Unterbringung im Bereich stromab MaxTrüb ist es dem Baggergut aus den Baggerbereichen Wedel/Juelssand und Hamburg vorzuziehen.

#### *Bereich Osteriff*

Aus Sicht der Schadstoffe ist die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Osteriff in den Bereich stromab MaxTrüb, wie derzeit schon praktiziert, weiterzuverfolgen. Hier sind nur geringe Auswirkungen auf die Schadstoffbelastung in den Sedimenten auf und im Nahfeld der Unterbringungsstelle zu erwarten. Elberelevante Schadstoffe wie die Verbindungen der DDX-Gruppe, das HCB und das TBT sind nur in geringen Mengen im Baggergut vorhanden.

Zur Entlastung des Feinsedimenthaushaltes ist für den Aspekt Schadstoffe daher zu empfehlen, weiterhin das Baggergut aus dem Bereich Osteriff stromab MaxTrüb unterzubringen und

zur Entlastung des Feinmaterialhaushaltes zusätzlich Feinsedimente aus dem NOK stromab MaxTrüb unterzubringen.

### Ökotoxikologie

Für den Fachaspekt Ökotoxikologie werden, ebenso wie beim Aspekt Schadstoffe, keine saisonal differenzierten Vorgaben zur Unterbringung für das Unterhaltungsbaggergut der Tideelbe gemacht. Unabhängig von den hier für die Baggerbereiche zusammengetragenen Untersuchungsergebnissen der letzten Jahre sind bei einer Baggergutunterbringung die in den Handlungsanweisungen (HABAB-/GÜBAK-WSV) aufgeführten Anforderungen und Empfehlungen zu berücksichtigen.

#### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

Da es sich im Bereich Hamburg um das Baggergut mit den höchsten Belastungen der Tideelbe handelt, sind bei Unterbringung in den ökotoxikologisch sehr gering belasteten Bereichen MaxTrüb und stromab MaxTrüb mittlere Auswirkungen anzunehmen. Hier wäre eine Erhöhung der ökotoxikologischen Sedimentbelastung im Nahbereich der Unterbringungsstelle möglich. Die angenommenen Auswirkungen auf das Gesamtsystem sind jedoch geringer; durch die vorhandenen Sedimentdynamiken und Verdünnungseffekte wird eine großräumige Verschlechterung in diesem Bereich der Tideelbe wahrscheinlich nicht direkt nachweisbar sein.

Entsprechend der für die Ökotoxikologie in Kapitel 6.4.1 und Kapitel 7.4 angeführten Argumentation entspricht die Unterbringung des höher belasteten Baggergutes aus dem inneren Bereich der Tideelbe auf weiter seewärts gelegene Stellen nicht der aus ökotoxikologischer Sicht anzustrebenden Vorgehensweise. Sollte dennoch eine Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg erforderlich werden, ist vorrangig das Material aus den Hamburger Teilgebieten Westliche Häfen, Unterelbe, Köhlbrand und der Nordderelbe Delegationsstrecke für die Unterbringung vorzusehen. Bislang weisen diese Feinsedimente ein leicht geringeres ökotoxikologisches Belastungspotenzial auf als das der anderen Teilgebiete. In diesem Fall wäre zudem eine Unterbringung in den Bereich MaxTrüb der Unterbringung in den Bereich stromab MaxTrüb vorzuziehen.

Für das Erreichen eines Feinsedimentaustrages mit Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand sind im Vergleich zum Hamburger Baggergut geringere Auswirkungen anzunehmen, da dieses Baggergut eine geringere ökotoxikologische Belastung aufweist. Die Unterschiede in der Sedimentbelastung von Baggerbereich und dem Bereich der Unterbringung sind hier weniger stark. Insgesamt sind nur geringe Auswirkungen durch die Unterbringung zu erwarten, da eine geringfügige Erhöhung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials der Sedimente im näheren Bereich der Unterbringungsstelle nicht auszuschließen ist. Entsprechend dem Belastungsgradienten und der Entfernung zur Nordsee (beschleunigter Stromabtransport von belasteten Feinsedimenten) wäre eine Unterbringung in den Bereich MaxTrüb einer Unterbringung in den Bereich stromab MaxTrüb ebenfalls vorzuziehen.

Durch die Empfehlung, im Bereich Wedel/Juelssand Sedimentfänge zu unterhalten, sind aus ökotoxikologischer Sicht keine negativen Auswirkungen auf die Bereiche selbst zu erwarten,

da die vorliegenden Untersuchungen der im Sedimentfang Wedel frisch abgelagerten Sedimente nicht auf eine signifikante Erhöhung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials hinweisen (vgl. BfG 2011a, BfG 2012a und Schäfer et al. 2012). Auswirkungen auf die Unterbringungsstelle und dessen Nahbereich sind in Abhängigkeit von der zur Unterhaltung der Sedimentfänge umzulagernden Baggergutmenge entsprechend der oben angeführten Einschätzung des Baggergutes anzunehmen.

#### *Bereich NOK*

Wird zur Entlastung des Feinsedimenthaushaltes das Feinsediment in dem Bereich NOK entnommen, ist aus ökotoxikologischer Sicht mit Bezug auf die festgestellten Belastungspotenziale dieser Sedimente von keinen bis sehr geringen Auswirkungen auszugehen. Durch Herstellung und Unterhaltung eines Sedimentationsraumes unterhalb der nautischen Sohle in diesem Bereich sind an den Unterbringungsstellen in Abhängigkeit von der Baggermenge nur sehr geringfügige bis keine negativen Auswirkungen auf das ökotoxikologische Belastungspotenzial der Sedimente anzunehmen.

#### *Bereich Osteriff*

Die bereits praktizierte Entnahme von Baggergut aus dem Bereich Osteriff mit Unterbringung im Bereich stromab MaxTrüb ist aus ökotoxikologischer Sicht im Vergleich zu den vorgenannten zusätzlichen Handlungsoptionen am unbedenklichsten, da für diesen Baggerbereich die geringsten Belastungen festgestellt wurden.

### **Makrozoobenthos**

#### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

Bei einer Unterbringung von Baggergut aus dem Baggerbereich Hamburg in den Bereich MaxTrüb und in Bereiche weiter stromab ist mit insgesamt mittleren Auswirkungen auf die Benthosfauna der entsprechenden Unterbringungsstellen (stromab MaxTrüb und Schlickfallgebiet) zu rechnen. Bei dem aus dem Bereich Wedel/Juelssand stammenden Material handelt es sich um Baggergut mit geringeren Belastungen in der Tideelbe. Hier ist bei der Unterbringung mit geringen Auswirkungen auf die Benthosfauna zu rechnen. Es können durch die Unterbringung geringe Bestandsrückgänge häufiger Arten auf den Unterbringungsstellen auftreten, aber die Auswirkungen bleiben auf die Unterbringungsstelle beschränkt. Für die Unterbringung von Hamburger Baggergut in den Bereich MaxTrüb steigt zudem das potenzielle Risiko für die Benthosfauna im Bereich der Watten. Bei langfristiger Beaufschlagung mit schadstoffhaltigem Material besteht hier potenziell das Risiko, dass sich die Schadstoffe in der Benthosfauna anreichern und sie beeinträchtigt.

#### *Bereich NOK*

Wenn Baggergut aus dem Baggerbereich NOK auf eine weiter seewärts gelegene Unterbringungsstelle verbracht wird, so ist für die Benthosfauna im Bereich der Unterbringungsfläche mit geringen Effekten durch Überdeckung zu rechnen. Das heißt, geringe Bestandsrückgänge häufiger Arten können auf den Umlagerungsflächen auftreten, wobei die Auswirkungen aber auf die Unterbringungsstelle beschränkt bleiben.

### *Bereich Osteriff*

Eine Unterbringung aus dem Baggerbereich Osteriff auf Unterbringungsflächen im Bereich stromab MaxTrüb hat auf deren Benthosfauna eine geringe Auswirkung. Nur lokal und begrenzt auf die entsprechende Unterbringungsfläche ist mit negativen Effekten für die Benthosfauna zu rechnen. Um eine Entlastung des Feinsedimenthaushaltes der Tideelbe zu erreichen, ist dies eine zu bevorzugende Lösung.

## **Fische**

### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

Hohe Oberwasserabflüsse führen grundsätzlich zu geringeren Unterhaltungsaktivitäten und somit auch zu geringeren Beeinträchtigungen von Fischen in den fischökologisch sensibelsten Bereichen stromauf MaxTrüb (Reproduktionsgebiet und Wanderkorridor mehrerer gefährdeter Arten). Die vorgeschlagenen, gegenüber dem Szenario 1 meist seewärts verschobenen Unterbringungen von Baggergut tragen weiter zu geringeren Beeinträchtigungen der Bereiche stromauf MaxTrüb bei. Mittelfristig ist darüber hinaus von abnehmenden Verlandungstendenzen der für den Sauerstoffhaushalt (s.o.) und für die Reproduktion der Fische wichtigen Seitenbereiche stromauf MaxTrüb auszugehen. Die gegenüber dem Szenario 1 zunehmenden Unterbringungen weiter seewärts im Bereich MaxTrüb und ggf. stromab MaxTrüb betreffen aus fischökologischer Sicht wenig sensible Bereiche, die zudem durch weiträumiger vorhandene Fischgemeinschaften gekennzeichnet sind als der Bereich stromauf MaxTrüb. Die Schadstoffbelastung der Fische an den seewärts gegenüber dem Szenario 1 zunehmend genutzten Unterbringungsstellen kann lokal in sehr geringem Maße zunehmen. Dies wird sich aller Voraussicht nach nicht auf die Bestände der vorkommenden Arten auswirken. In der Summe werden daher die für den Fall A vorgeschlagenen Umlagerungsstrategien für die Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg aus fischökologischer Sicht positiv bewertet.

### *Bereich NOK*

Baggergut aus dem Bereich NOK wird bereits gegenwärtig ortsnah in den Bereich MaxTrüb untergebracht. Durch das vermehrte Unterbringen von Baggergut aus den Bereichen Wedel/Juelssand und Hamburg in denselben Bereich (s.o.) nehmen die Störungen der Fischfauna jedoch zu. Betroffen ist ein für die Fischfauna gegenüber dem Bereich stromauf MaxTrüb weniger sensibler Bereich. Es sind voraussichtlich nur geringe Auswirkungen auf Nahrung suchende und wandernde Fische und Neunaugen möglich. Sollten dennoch bei Umsetzung dieser Strategie Beeinträchtigungen gefährdeter wandernder Fische und Neunaugen festgestellt werden, ist ggf. - abhängig vom Ausmaß der Beeinträchtigungen - eine weiter seewärtige Unterbringung eines dann festzulegenden Anteils des Baggergutes in Erwägung zu ziehen. Durch die Einrichtung von Sedimentfängen kann die Intensität von Störungen u. U. reduziert werden.

### *Bereich Osteriff*

Gegenüber dem Szenario 1 sind keine Veränderungen in Bezug auf die sehr geringen Auswirkungen durch Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Osteriff in den Bereich stromab MaxTrüb zu erwarten. Der Bereich gilt als Adaptationsraum für wandernde Fische und Neunaugen vor bzw. nach dem Wechsel von Süß- in Salzwasser. Ausweichräume sind

jedoch sowohl für diese als auch für weitere in diesem Bereich vorkommende Arten in größerem Umfang vorhanden.

## **Vegetation**

### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

Die im Fall A beschriebene Empfehlung verfolgt u. a. das Ziel, einen möglichst ausgeglichenen Sedimenthaushalt zu erreichen, der im Einklang mit den Zielsetzungen der Vegetation steht. Entsprechend den Ausführungen zur Vegetation in Kapitel 6.7 wird mit dieser Strategie sowohl einer verstärkten Tendenz von Sedimentations- als auch Erosionsprozessen entgegen gewirkt. Mögliche negative Auswirkungen auf den Schierlings-Wasserfenchel sind sowohl bei der Unterbringung in die Bereiche MaxTrüb bzw. stromab MaxTrüb als auch bei einer reduzierten Unterbringung in den Bereich stromauf MaxTrüb (Neßsand) nicht zu erwarten. Negative Auswirkungen auf Seegraswiesen können ausgeschlossen werden.

### *Bereich NOK*

Die Unterbringung von Baggergut aus dem NOK ortsnah in den Bereich MaxTrüb bei einem im Jahresgang durchgehend und überdurchschnittlich hohen Oberwasserabfluss ist aus Sicht der Vegetation, ebenso wie die Unterhaltung von Sedimentfängen in diesem Bereich, neutral bis positiv zu werten. Positiv, da mit dieser Strategie für das Baggergut aus dem Bereich NOK ein weiterer Beitrag zur Reduktion der stromauf transportierten Feinsedimentmengen erzielt wird. Mögliche negative Auswirkungen auf den Schierlings-Wasserfenchel und auf Seegraswiesen können ausgeschlossen werden.

### *Bereich Osteriff*

Eine Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Osteriff im Bereich stromab MaxTrüb hat keine Auswirkungen auf die betrachtete Vegetation, da die Verbreitungs- und Reproduktionsgebiete weit außerhalb des Wirkungsbereichs liegen.

## **8.4.2 Fall B: Niedrige Oberwasserabflüsse**

### **Sauerstoff**

#### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

Bei relativ zum MQ niedrigeren Oberwasserabflüssen sind in den Sommermonaten stärker ausgeprägte Sauerstoffdefizite in der Tideelbe zu erwarten. Die vorgeschlagenen, gegenüber dem Szenario 1 noch weiter seewärts in den Bereich stromab MaxTrüb oder sogar Nordsee (Schlickfallgebiet) verschobenen Unterbringungen von Baggergut stellen eine deutliche Verbesserung des Sauerstoffhaushaltes im Bereich stromauf MaxTrüb dar.

Auch im Fall B ist unbedingt darauf zu achten, dass die Unterbringung des Baggergutes aus Sedimentfängen, wie bereits in Kapitel 6.2.2 beschrieben, im Winter/Frühjahr erfolgen soll, da dies unkritische Zeiträume für den Sauerstoffhaushalt sind. Für den Fall B werden die Auswirkungen der Sedimentfänge auf den Sauerstoffhaushalt im Bereich stromauf MaxTrüb zwar als gering angesehen, aber im Sommer bei niedrigen Oberwasserabflüssen und damit langen Aufenthaltszeiten des Wassers und der Partikel in diesem Elbabschnitt könnten durch die frisch in den Sedimentfängen abgelagerten Sedimente zusätzliche lokal geringe Sauerstoffzehrungen den Sauerstoffhaushalt belasten.

Mittel- bis langfristig ist darüber hinaus von abnehmenden Verlandungstendenzen der Hahnöfer Nebelbe auszugehen, deren Flachwasserbereiche den Sauerstoffhaushalt in diesem Elbabschnitt stützen (Kapitel 3).

Eine dauerhafte Beeinflussung der Nährstoffwerte und des Sauerstoffhaushaltes durch das Baggergut bei Unterbringung in der Nordsee kann nach derzeitigen Kenntnissen als gering eingestuft werden.

#### *Bereich NOK und Bereich Osteriff*

Die gegenüber dem Szenario 1 zunehmenden Unterbringungen im Bereich MaxTrüb und ggf. stromab MaxTrüb ebenso wie die beabsichtigte Unterbringung des im Bereich NOK anfallenden Baggergutes in den Bereich stromab MaxTrüb erfolgt in Elbabschnitte mit einem stabilen Sauerstoffhaushalt, der die durch die Unterbringung auftretenden Sauerstoffzehrungen abpuffern kann.

Im Vergleich zum Fall A ist zwar eine geringere Beaufschlagung des Bereichs MaxTrüb beabsichtigt, trotzdem sollte auch in diesem Fall das mögliche Auftreten sohnaher Sauerstoffdefizite beobachtet werden.

Die für den Fall B vorgeschlagenen Umlagerungsstrategien werden insgesamt positiv bewertet.

### **Schadstoffe**

#### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

Die Unterbringung von Baggergut aus den Bereichen Wedel/Juelssand und Hamburg in die Außenelbe (stromab MaxTrüb) bzw. in die Nordsee (Schlickfallgebiet) bedeutet einen direkten Schadstoffeintrag in diese Bereiche, der im Vergleich zu dem in die Tideelbe eingetragenen Schadstoffeintrag als hoch anzusehen ist. Im Bereich stromab MaxTrüb ist kurzzeitig mit einer mittleren Erhöhung der Schadstoffbelastungen im Unterbringungsbereich zu rechnen und die schadstoffbelasteten Feinanteile werden weiträumig auf die Wattbereiche, vor allem in südöstlicher Richtung auf die Schleswig-Holsteinischen Watten verteilt. Bei der Unterbringung des Baggergutes in die Nordsee (Schlickfallgebiet) ist von einer deutlichen, lokal begrenzten Erhöhung der Schadstoffgehalte in den Sedimenten im Bereich der Unterbringungsstelle auszugehen. Über den Unterbringungsbereich hinaus werden vermutlich keine gegenüber der regionalen Belastung erhöhten Schadstoffbelastungen nachzuweisen sein. Da das Baggergut aus den Hamburger Bereichen Westliche Häfen, Unterelbe, Köhlbrand sowie Norderelbe/Delegationsstrecke leicht höhere Belastungen aufweist als das Baggergut aus Wedel/Juelssand, ist bei Unterbringung in die beiden Bereiche Außenelbe (stromab MaxTrüb) und Nordsee (Schlickfallgebiet) mit leicht stärkeren negativen Auswirkungen zu rechnen.

Ein aus Sicht der Schadstoffgehalte als positiv anzusehender natürlicher Rückhalt durch die Seitenbereiche und ein damit verlangsamer Eintrag in die Nordsee sind bei der Baggergutunterbringung in diese beiden Bereiche nicht gegeben. Generell ist für den Aspekt „Schadstoffe“ eine Unterbringung von Baggergut aus den Bereichen Wedel/Juelssand und Hamburg

in die Bereiche stromab MaxTrüb und Nordsee nicht zu empfehlen. Soll sie dennoch erfolgen, sollte die Unterbringung in diese beiden Bereiche auf Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand und im Bereich Hamburg auf die Teilgebiete der Westlichen Häfen, Unterelbe, Köhlbrand bzw. Norderelbe/Delegationsstrecke mit der geringsten Schadstoffbelastung beschränkt werden, um eine Erhöhung der Schadstoffbelastung in dem nur gering belasteten Umfeld der Unterbringungsstelle sowie den seewärts gelegenen Bereichen, in die die belasteten Feinanteile durch Verdriftung gelangen können, möglichst gering zu halten.

#### *Bereich NOK*

Die Unterbringung des im Bereich NOK anfallenden Baggergutes stromab MaxTrüb wird nur geringe bis mittlere negative Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte zeigen (s. Fall A). Die Auswirkungen bei der Unterbringung in der Nordsee (Schlickfallgebiet) werden vergleichsweise leicht höher ausfallen, da ein direkter und damit erhöhter Schadstoffeintrag in die Nordsee erfolgt. Für eine Unterbringung in der Nordsee ist Baggergut aus dem Bereich NOK aufgrund der Frachtbetrachtung und Konzentrationsunterschiede besser als Material aus den Bereichen Wedel/Juelssand oder Hamburg (hier Teilgebiete Westliche Häfen, Unterelbe, Köhlbrand bzw. Norderelbe/Delegationsstrecke) geeignet.

#### *Bereich Osteriff*

Wie schon in Fall A) ist auch für Fall B) die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Osteriff im Bereich stromab MaxTrüb oder auch im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) gegenüber der Unterbringung von Baggergut aus den anderen Bereichen der Tideelbe aus Sicht der Schadstoffbelastung zu bevorzugen. Die Auswirkungen unterscheiden sich nicht. Hinsichtlich der Schadstoffbelastung wäre eine Beeinträchtigung bei der Unterbringung von Baggergut aus diesem Bereich des Elbeästuars in der Nordsee am geringsten.

### **Ökotoxikologie**

#### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

Bei der Unterbringung von Baggergut zu Zeiten niedrigen Oberwasserabflusses wird für die feststoffgebundenen Schadstoffe ein verringerter Transport in Richtung Nordsee angenommen. Dieser Aspekt wird entsprechend der für die Ökotoxikologie in Kapitel 6.4.1 und Kapitel 7.4 angeführten Argumentation eher positiv bewertet. Allerdings sind direkte Auswirkungen durch eine oberwasserabhängige Unterbringungsstrategie auf das ökotoxikologische Belastungspotenzial der Sedimente auf der Unterbringungsstelle und deren Nahbereich nur in einem sehr geringen Maße anzunehmen. Daher bleiben die Einschätzungen zu den Auswirkungen durch Entlastung der unterschiedlichen Baggerbereiche aus Fall A bestehen und die Auswirkungen auf die Bereiche werden an dieser Stelle nicht erneut aufgeführt.

Eine Ausnahme bildet lediglich eine Unterbringung von Baggergut aus Wedel/Juelssand und Hamburg in den Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet). Dabei erfolgt ein direkter Schadstoffeintrag, bei dem unmittelbar auf der Unterbringungsstelle eine Erhöhung der Sedimentbelastung erfolgen kann. Ebenfalls wäre eine potenzielle Schadstoffanreicherung in den Organismen zumindest im Nahbereich der Unterbringungsstelle zu erwarten. Vergleichend hierzu können die Untersuchungsberichte der BfG zur Unterbringung des Hamburger Baggergutes zur Stelle Tonne E3 herangezogen werden (BfG 2013a). Hier wurde temporär

z. T. eine maximal leichte Zunahme der Sedimentbelastung im direkten Bereich der Unterbringungsstelle verzeichnet, eine nachhaltige ökotoxikologische Erhöhung des Belastungspotenzials der Sedimente außerhalb des Unterbringungsgebietes wurde nicht gemessen. Bei der zeitlich begrenzten Maßnahme Tonne E3 wurde zudem eine lokale und voraussichtlich temporäre Akkumulation von Schadstoffen in Organismen nachgewiesen.

Sollte eine Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg in den Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) aus unterhaltungstechnischen Gründen dennoch erforderlich werden, sollte vorrangig das Material aus den Hamburger Teilgebieten der Westlichen Häfen, Unterelbe, Köhlbrand bzw. Norderelbe/Delegationsstrecke dort untergebracht werden, da es ein leicht geringeres ökotoxikologisches Belastungspotenzial aufweist als das Material der anderen Hamburger Teilbereiche. Aus ökotoxikologischer Sicht wäre es zu bevorzugen, im Rahmen der Gesamtstrategie die erforderliche Entlastung des Feinsedimenthaushaltes möglichst durch Unterbringung von Baggergut der weiter stromab gelegenen Baggerbereiche NOK und Osteriff zu erwirken.

#### *Bereich NOK und Bereich Osteriff*

Wie bei Fall A wäre auch für Fall B eine Unterbringung des Feinsedimentmaterials aus dem Bereich Osteriff in den Bereich stromab MaxTrüb die aus ökotoxikologischer Sicht zu bevorzugende Option. Da im Fall von länger anhaltenden und besonders niedrigen Oberwasserabflüssen ein Austrag von Feinsedimenten nur durch in Richtung Deutsche Bucht verlängerte Transportwege sichergestellt werden kann, sollte hierzu vorrangig Baggergut aus dem Bereich NOK genutzt werden.

### **Makrozoobenthos**

#### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

Bei einer Unterbringung von Baggergut aus dem Baggerbereich Hamburg in den Bereich MaxTrüb und weiter stromab ist mit insgesamt mittleren Auswirkungen auf die Benthosfauna der entsprechenden Unterbringungsstellen zu rechnen. Es können durch die Unterbringung geringe Bestandsrückgänge häufiger Arten auf den Unterbringungsstellen auftreten und Rote-Liste-Arten beeinträchtigt werden, aber die Auswirkungen bleiben auf die Unterbringungsstelle beschränkt. Für die Unterbringung von Hamburger Baggergut in den Bereich MaxTrüb steigt zudem das potenzielle Risiko für die Benthosfauna im Bereich der Watten. Bei langfristiger Beaufschlagung mit schadstoffhaltigem Material besteht hier potenziell das Risiko, dass sich die Schadstoffe in der Benthosfauna anreichern und sie beeinträchtigt. Bei der Unterbringung des Materials an die Tonne E3/Nordsee werden auf der Unterbringungsfläche Rote-Liste-Arten beeinträchtigt. Im Unterbringungszenrum wird es zu Auswirkungen durch die Baggergutunterbringung auf die Benthosfauna kommen. Auf der Unterbringungsfläche können geringe Bestandsrückgänge häufiger Arten vorkommen, diese bleiben aber auf die Unterbringungsflächen beschränkt (vgl. BfG 2013a) und im näheren Umfeld der Unterbringungsstelle sollten keine Effekte feststellbar sein. Dementsprechend sind die Effekte als mittel zu betrachten.

### *Bereich NOK*

Wenn Baggergut aus dem Baggerbereich NOK auf eine weiter seewärts gelegene Unterbringungsstelle verbracht wird, so ist für die Benthosfauna im Bereich der Unterbringungsstelle mit geringen Effekten durch Überdeckung zu rechnen. Das heißt, geringe Bestandsrückgänge häufiger Arten können auf den Unterbringungsstellen auftreten, wobei die Auswirkungen aber auf die Unterbringungsstelle beschränkt bleiben.

### *Bereich Osteriff*

Eine Umlagerung aus dem Baggerbereich Osteriff auf Unterbringungsstellen im Bereich stromab MaxTrüb hat auf die Benthosfauna der Unterbringungsstellen eine geringe Auswirkung. Nur lokal und begrenzt auf die entsprechenden Unterbringungsstellen ist mit negativen Effekten für die Benthosfauna zu rechnen. Um eine Entlastung des Feinsedimenthaushaltes der Tideelbe zu erreichen, ist dies eine zu bevorzugende Lösung.

## **Fische**

### *Bereiche Wedel/Juelssand und Hamburg*

Niedrige Oberwasserabflüsse bedingen umfangreiche Baggerungen und im Szenario 1 auch Baggergutunterbringungen in den fischökologisch sensiblen Bereichen stromauf MaxTrüb im Winter außerhalb der Ausschlusszeiten (HPA & BSU 2012). Aus fischökologischer Sicht sind unter diesen Randbedingungen die vorgeschlagenen Unterbringungen in weiter elbabwärts gelegene Bereiche stromab MaxTrüb sowie in die Nordsee (Schlickfallgebiet) als Entlastung zu werten. Wie auch im Fall A ist im Fall B mittel- bis langfristig von abnehmenden Verlandungstendenzen der für den Sauerstoffhaushalt (s. o.) und die Reproduktion der Fische wichtigen Seitenbereiche stromauf MaxTrüb auszugehen. Die Schadstoffbelastung der Fische an den elbabwärts bzw. seewärts gegenüber dem Ist-Zustand zunehmend genutzten Unterbringungsstellen kann gegenüber dem Ist-Zustand und gegenüber Fall A lokal in sehr geringem Maße zunehmen. Dies wird sich aller Voraussicht nach nicht auf die Bestände der vorkommenden Arten auswirken. In der Summe werden daher - ebenso wie bereits für Fall A - die für den Fall B vorgeschlagenen Unterbringungsstrategien aus fischökologischer Sicht positiv bewertet.

### *Bereich NOK*

Die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich NOK in den Bereich stromab MaxTrüb führt in diesem, für Fische wenig sensiblen Gebiet, zu geringfügig zunehmenden Störungen der Fische und Neunaugen (vgl. auch *Bereich Osteriff*), während der im Szenario 1 stärker gestörte Bereich von MaxTrüb „entlastet“ wird. In der Folge ist wahrscheinlich mit geringen positiven Auswirkungen auf die betroffenen Arten zu rechnen.

### *Bereich Osteriff*

Zusätzlich zu dem Baggergut aus dem Bereich Osteriff werden im Fall B größere Mengen an Baggergut aus anderen Bereichen im Bereich stromab MaxTrüb untergebracht. Aufgrund der im Bereich stromab MaxTrüb großen Gewässerbreite wird es sehr wahrscheinlich nur zu sehr geringen Auswirkungen auf die Bestände der betroffenen Fische und Neunaugen kommen. Sollten wider Erwarten Auswirkungen, insbesondere auf gefährdete wandernde Arten, erkannt werden, ist eine weiter seewärtige Baggergutunterbringung, z. B. im Bereich Nordsee

(Schlickfallgebiet) in Betracht zu ziehen. Dann sind Auswirkungen auf die Bestände gefährdeter wandernder Arten praktisch ausgeschlossen. Sehr geringe zusätzliche Schadstoffanreicherungen in Fischen, die über längere Zeit auf und im Nahfeld von Unterbringungsstellen im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) verweilen, sind hingegen möglich, aber sehr wahrscheinlich ohne Auswirkung auf die Bestandsebene der betroffenen Arten.

## Vegetation

### *Bereich Wedel/Juelssand und Hamburg*

Die für den Fall B aus morphologischer Sicht empfohlene Strategie wird aus Sicht der Vegetation unterstützt, da dadurch die stark stromaufwärts gerichteten Transporte von Feinsedimenten, wie sie bei Unterbringungen in die Bereiche MaxTrüb und stromauf MaxTrüb bei niedrigen Oberwasserabflüssen resultieren würden, abgeschwächt werden. Daraus könnte ebenfalls eine Abschwächung bestehender Verlandungstendenzen im Bereich relevanter/aktueller Schierlings-Wasserfenchel-Standorte erreicht werden, was positiv zu werten ist. Mögliche negative Auswirkungen auf den Schierlings-Wasserfenchel sind bei der empfohlenen Strategie nicht zu erwarten. Negative Auswirkungen auf Seegraswiesen können ausgeschlossen werden.

### *Bereich NOK*

Die Unterbringung des im Bereich NOK anfallenden Baggergutes in den Bereich stromab MaxTrüb oder auch Nordsee (Schlickfallgebiet) ist aus Sicht der Vegetation positiv zu werten, da dadurch die stromaufgerichteten Transporte und möglicherweise die Verlandungstendenzen relevanter/aktueller Schierlings-Wasserfenchel-Standorte vermindert werden. Mögliche negative Auswirkungen auf den Schierlings-Wasserfenchel und auf Seegraswiesen können ausgeschlossen werden.

### *Bereich Osteriff*

Eine Unterbringung der im Bereich Osteriff gebaggerten Feinsedimente auf Stellen im Bereich stromab MaxTrüb hat keine Auswirkungen auf die betrachtete Vegetation, da die Verbreitungs- und Reproduktionsgebiete weit außerhalb des Wirkungsbereichs liegen.

## 8.5 Abschließende Empfehlungen

Das aus morphologischer Sicht zu verfolgende Ziel eines ausgeglichenen Feinmaterialhaushaltes wird derzeit nicht erreicht. Notwendig ist ein verstärkter Austrag von Feinmaterial aus dem Ästuar, um unter anderem eine Reduzierung bestehender Kreislaufbaggerungen, insbesondere im Bereich Hamburg (Minimierung der Umlagerungen im Bereich stromauf MaxTrüb), zu erreichen. Zu Zeiten hohen Oberwasserabflusses bewirkt die aktuelle Unterhaltungsstrategie bereits jetzt durch die Unterbringung des Baggerguts aus dem Bereich Wedel/Juelssand in den Bereich MaxTrüb einen Feinmaterialaustrag aus dem Bereich stromauf MaxTrüb. Dieser erfolgt bislang nicht mit dem erklärten Ziel, eine definierte zusätzliche Menge von Feinmaterial - unter Berücksichtigung der Schadstoff- und Ökotoxikologieproblematik - aus dem System zu entfernen. Unter Einbeziehung der Erfahrungen aus der zeitlich befristeten Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg in das Schlickfallgebiet der Nordsee (Tonne E3) und der Analyse der morphologischen Auswirkungen und

Defizite der verschiedenen Szenarien wurde eine Empfehlung für eine neue adaptive und flexible Unterhaltungsstrategie entwickelt.

Ergänzend zur aktuellen Strategie ist nach erster Abschätzung ein zusätzlicher Austrag von Feinmaterialmengen in der Größenordnung von 1 Mio. m<sup>3</sup>/a Feinmaterialmenge (0,5 Mio. t TS/a) aus der Tideelbe erforderlich. Dieser Strategievorschlag beinhaltet eine Abwägung zwischen den für den Feinsedimenthaushalt gesetzten Zielen und den aus der Zielerreichung resultierenden ökologischen Auswirkungen - vorrangig die Aspekte Schadstoffe, Ökotoxikologie (Tabelle 8, Kapitel 8.4).

Diese Strategie wird unabhängig von einer Umsetzung der geplanten FAP (1 Mio. m<sup>3</sup> erhöhte Unterhaltung, Kapitel 2.3) empfohlen. Sie stellt eine Ergänzung der aktuellen Unterhaltungsstrategie dar, die um den zusätzlichen Austrag ergänzt wird.

Da die tatsächlich erzielte Austragsmenge an Feinsedimenten abhängig vom Oberwasserabfluss ist, stellt dieser eine wesentliche Randbedingung für die Strategie dar. Der mit der Unterbringungsstrategie beabsichtigte Austrag wird umso effektiver sein, je höher der Oberwasserabfluss bei der Unterbringung ist, wobei die Unterbringung je nach Oberwasserabfluss aus morphologischer Sicht mindestens in den Bereichen MaxTrüb oder stromab MaxTrüb erfolgen muss.

Der zusätzliche Austrag soll durch eine gezielte Unterbringung des Baggerguts zu Zeiten mit hohem Oberwasserabfluss in den Bereich MaxTrüb und zu Zeiten mit niedrigem Oberwasserabfluss in den Bereich stromab MaxTrüb erreicht werden. Eine Unterbringung weiter seewärts bewirkt dagegen keinen zusätzlichen Effekt bezüglich der beabsichtigten Austragsmenge. Die Erreichung der Austragsmenge ist durch ein entsprechendes Monitoring zu überprüfen und gegebenenfalls auf der Basis neuer Erkenntnisse anzupassen.

Zudem wird für die Unterhaltung die Einbeziehung von Vorratsbaggerungen und Sedimentfängen empfohlen (Sedimentfang Wedel ist eingerichtet); in Zeiten hoher Oberwasserabflüsse kann damit eine bestmögliche Entlastung des Feinsedimenthaushaltes erreicht werden. Im Sinne einer „Vorratsbaggerung“ kann so in Phasen mit niedrigem Oberwasserabfluss und zu ökologisch ungünstigen Zeiten Menge und Häufigkeit nautisch bedingter Unterhaltungsbaggerungen reduziert werden. Ein solches Vorgehen unterstützt die Einhaltung der vorgegebenen Ausschlusszeiten für Unterhaltungsarbeiten im Bereich stromauf MaxTrüb zum Schutz der Finte (Baggerung) und des Sauerstoffhaushalts (Unterbringung).

In Kapitel 8.3 sind zunächst die morphologischen Grundsätze und Handlungsoptionen der Strategie exemplarisch für den Fall A (lang anhaltend hoher Oberwasserabfluss) und Fall B (lang anhaltend niedriger Oberwasserabfluss) beschrieben. In Kapitel 8.4 sind die möglichen ökologischen Auswirkungen für die betrachteten Fachaspekte bewertet. Für die Bandbreite an verschiedenen Oberwasserabflusssituationen im Jahresverlauf (Abbildung 47) können der jeweiligen Situation angepasste Handlungsoptionen aus den in vorliegender Systemstudie formulierten Grundsätzen abgeleitet werden.

Trotz der oft hohen Schadstoffgehalte der zu baggernden Sedimente sehen die Empfehlungen der Studie nur Baggergutunterbringung im Gewässer vor, da sich die an Land unterzubringenden Mengen nicht ohne Weiteres erhöhen lassen. Die Ursachen der Schadstoffbelastung des Feinmaterials liegen weitgehend im Bereich oberhalb des Ästuars, so dass vorrangig Maßnahmen der Bewirtschaftungspläne im Rahmen der Umsetzung der WRRL und des Flussgebiet-Sedimentmanagements erforderlich sind, damit zukünftig noch effizientere Strategien der Sedimentbewirtschaftung möglich werden. Solange hier aber keine Verbesserung erfolgt, sind die aus dem Umgang mit Elbesedimenten resultierenden Wirkungen unvermeidlich und können nur minimiert, nicht aber vermieden werden.

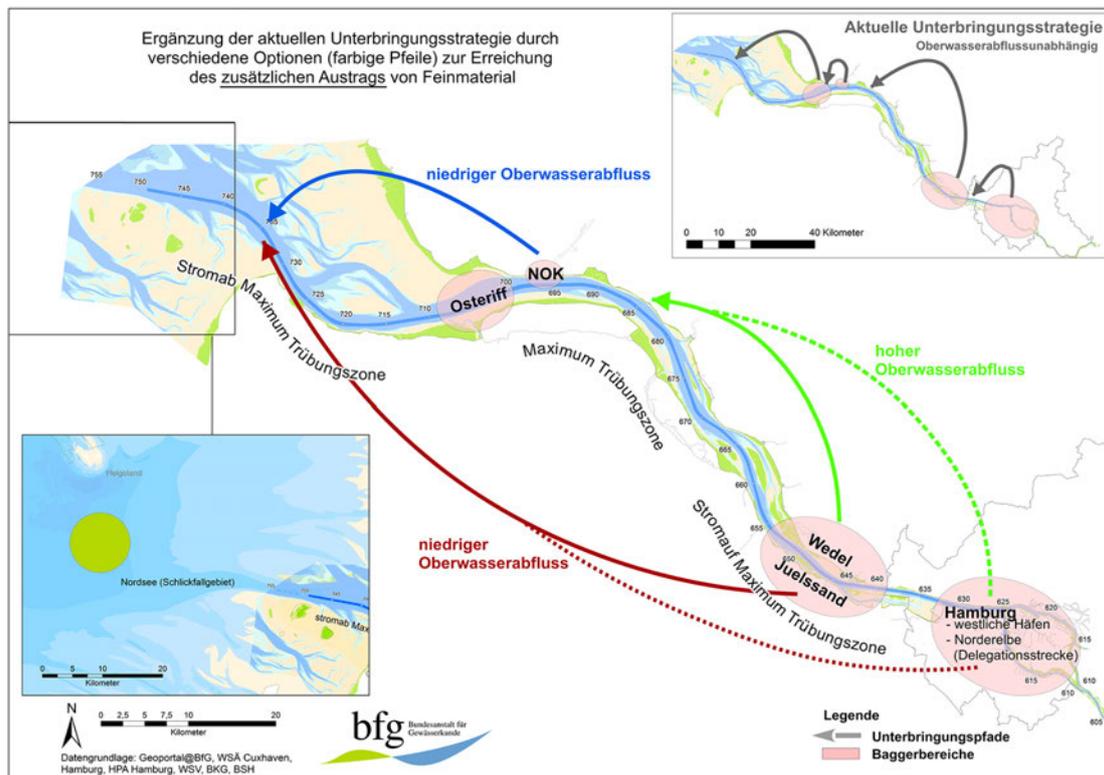
Bei der Auswahl des Feinmaterials soll für den zusätzlichen Austrag nach Möglichkeit das Feinmaterial verwendet werden, welches die geringste Schadstoffbelastung und das geringste ökotoxikologische Potenzial aufweist. Zu beachten ist, dass entsprechend dem bestehenden Gradienten der Schadstoffbelastung (von Hamburg bis Nordsee abnehmend) mit zunehmender Entfernung die Unterschiede der Schadstoffbelastungen und des ökotoxikologischen Potenzials zwischen Baggergut/-bereich und weiter seewärtigen Unterbringungsbereichen größer werden. Die weiteren geprüften ökologischen Aspekte spielen bei den vorgeschlagenen Unterbringungspfaden eine untergeordnete Rolle. Im Folgenden werden die einzelnen Optionen der empfohlenen Strategie (Erreichung des zusätzlichen Austrages mit Reduktion Baggerkreislauf) mit ihrer Abfolge skizziert. Details sind dem Kapitel 8 zu entnehmen. Werden die Prioritäten anders als in diesen Empfehlungen gesetzt, können andere Handlungsoptionen in den Vordergrund treten.

### **Vorschlag zur Strategieumsetzung**

Das am geringsten belastete Baggergut aus dem Bereich Osteriff wird auch jetzt schon stromab MaxTrüb untergebracht, so dass mit diesem Material keine zusätzlichen Austragsmengen mehr erreicht werden können.

Zur Erreichung der zusätzlichen Austragsmenge wird als vorrangige Option empfohlen, Baggergut aus dem Bereich NOK bei niedrigem Oberwasserabfluss in den Bereich stromab MaxTrüb unterzubringen (blauer Pfeil, Abbildung 49), da dieses sich durch die geringste Schadstoffbelastung und das geringste ökotoxikologische Potenzial auszeichnet. Ob die erforderliche zusätzliche Austragsmenge an Feinsedimenten allein im Bereich NOK erreicht wird, kann aufgrund noch ungeklärter sedimentologischer Bedingungen nicht sicher ausgesagt werden. Zudem bedarf es vertiefter Analysen, um die Effekte auf den zusätzlichen Austrag sowie insbesondere auf die Feinsedimentdynamik im weiter entfernten Bereich Hamburg abschätzen zu können. Die Bearbeitung dieser Fragestellungen ist erforderlich, um zukünftig eine aus ökologischer Sicht weitgehend optimierte Unterhaltungsstrategie verfolgen zu können.

In Abbildung 49 sind die Unterbringungspfade zur Erreichung der zusätzlichen Austragsmenge (Kapitel 8) dargestellt. Die Auswahl der Unterbringungspfade richtet sich nach der Schadstoffbelastung der Sedimente und der Höhe des Oberwasserabflusses (Tabelle 9).



**Abbildung 49: Empfohlene Unterhaltungsstrategie: Unterbringungspfade zur Erreichung des zusätzlichen Austrags von Feinmaterial aus dem System Tideelbe (Details siehe Text). Im Fenster rechts oben ist die aktuelle Strategie dargestellt, die grundsätzlich weiterhin bestehen bleibt und durch den zusätzlichen Austrag optimiert wird.**

**Tabelle 9: Optionen zur Erreichung der erforderlichen zusätzlichen Austragsmenge an Feinmaterial; gering belastetes Baggergut ist zu bevorzugen. Der zusätzliche Austrag von etwa 1 Mio. m<sup>3</sup>/a soll über den in der aktuellen Unterhaltungspraxis erreichten Austrag hinausgehen.**

Baggerbereich	Oberwasserabfluss	Unterbringung
NOK	niedrig	stromab MaxTrüb
Wedel/Juelssand	hoch	MaxTrüb
Wedel/Juelssand	niedrig	stromab MaxTrüb
Hamburg	hoch	MaxTrüb
Hamburg	niedrig	stromab MaxTrüb

Aus morphologischer Sicht müssen noch fehlende Austragsmengen aus der Unterhaltung der stromauf gelegenen und daher stärker schadstoffbelasteten Bereiche Wedel/Juelssand und ggf. auch Hamburg mit höherem ökotoxikologischen Potenzial herangezogen werden.

Das Baggergut des Bereichs Wedel/Juelssand wird derzeit schon im Bereich MaxTrüb untergebracht, um einen Austragseffekt und eine Entlastung des Feinsedimenthaushaltes zu erzielen. Durch die Unterhaltung dieses Bereiches sowie die Nutzung von Sedimentfängen konsequent zu Zeiten hoher Oberwasserabflüsse können zusätzliche Austragsmengen zur weiteren Entlastung des Feinsedimenthaushaltes erreicht werden (grüner Pfeil, Abbildung 49). Unter diesen Bedingungen wird das untergebrachte Baggergut durch die Strömung weiter stromab transportiert und eine Unterbringung des Baggergutes in den Bereich stromab MaxTrüb würde zu keinem zusätzlichen Austrag führen. Wenn durch die Unterhaltung von Sedimentfängen zu Ende des Winterhalbjahres baggerfreie Zeiten im Sommerhalbjahr erreicht werden können, würde dies zudem helfen, die Notwendigkeit von Baggerungen zu vorgegebenen Baggerausschlusszeiten zu vermeiden.

In Fällen lang anhaltender niedriger Oberwasserabflüsse kann es zur Erreichung der zusätzlichen Austragsmenge erforderlich sein, Material aus dem Bereich Wedel/Juelssand (roter Pfeil, Abbildung 49) nach stromab MaxTrüb zu bringen.

Falls auch damit die zusätzlichen Austragsmengen nicht erreicht werden, kann es erforderlich sein, zu Zeiten hoher Oberwasserabflüsse zusätzlich Baggergut aus dem Bereich Hamburg in den Bereich Max Trüb (gepunkteter grüner Pfeil, Abbildung 49) unterzubringen.

Werden die Austragsmengen bei sehr lang anhaltend niedrigen Oberwasserabflüssen durch die oben genannten Optionen nicht erreicht, besteht zur Erreichung der zusätzlichen Austragsmenge die Option, Baggergut aus dem Bereich Hamburg in den Bereich stromab MaxTrüb (gepunkteter roter Pfeil, Abbildung 49) unterzubringen.

Die Unterbringung von Baggergut im Bereich Nordsee (Schlickfallgebiet) wird im Rahmen der strategischen Überlegungen nicht betrachtet, da dieses aus morphologischer Sicht keinen zusätzlichen Austragseffekt gegenüber der Unterbringung stromab MaxTrüb hat; zudem wird diese Option hinsichtlich der Schadstoffbelastung und ökotoxikologischer Risiken schlechter bewertet als eine Unterbringung im Ästuar.

Durch Sicherstellung der Austragsmengen wird der Feinsedimenthaushalt der Tideelbe - unabhängig vom Ort der Materialentnahme (Baggerbereiche) - entlastet. Die Wirkung auf Kreislaufbaggerungen bzw. auf die kleinräumige Feinsedimentdynamik hängt jedoch von den Entnahmereichen ab. Bei außergewöhnlich niedrigen Oberwasserabflüssen kann trotz Erreichen der zusätzlichen Austragsmengen

- > im Bereich Hamburg Baggergut in ökologisch bedingten Ausschlusszeiten (April bis Oktober) anfallen und daher nicht auf der Stelle Neßsand untergebracht werden.
- > im Zeitraum Dezember bis März durch Unterbringung des Baggerguts auf der Stelle Neßsand im Bereich Hamburg eine sehr starke Intensivierung der Kreislaufbaggerungen erfolgen („Umlagerungszeitraum Neßsand“, hydrologische Randbedingungen sind noch zu spezifizieren).

In diesen beiden Fällen sollte eine Unterbringung dieses Baggerguts im Bereich MaxTrüb zur Gewährleistung der Unterhaltung in Betracht gezogen werden.

Aufgrund der Schadstoffbelastung bedarf die Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg einer vorherigen Überprüfung der Schadstoffbelastungen und des ökotoxikologischen Potenzials sowie eines anschließenden geeigneten Monitoringprogramms. Es ist zu beachten, dass Baggergut aus dem Bereich Hamburg nicht wesentlich höher als Baggergut aus dem Bereich Wedel/Juelssand belastet ist: Im Hamburger Bereich trifft das vor allem auf die Teilgebiete der Westlichen Häfen, Unterelbe, Köhlbrand und Norderelbe/Delegationsstrecke zu.

Bei der Umsetzung des Strategievorschlags ist ein begleitendes Monitoring (Kapitel 9) erforderlich, welches ermöglicht,

1. die vom Oberwasserabfluss abhängige Strategie umzusetzen (flexibles Management)
- und
2. auf „unerwünschte“ Effekte durch Anpassungen beim Baggergut- und Sedimentmanagement reagieren zu können (adaptives Management).

Ein entsprechendes Monitoringprogramm ist zu entwickeln und mit bestehenden Programmen und Zuständigkeiten des Bundes (WSV), der Länder und Dritter hinsichtlich Synergien abzugleichen. Abstimmungen und ein gemeinsames Vorgehen aller Akteure sind unabdingbar. Das Monitoring dient zudem der zielgerichteten Förderung eines gemeinsamen Systemverständnisses und damit einer gemeinsamen Entscheidungsbasis für zukünftige Handlungsoptionen, außerdem können durch Synergieeffekte Kosten und Aufwand reduziert werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich bei der Tideelbe um ein hochdynamisches und komplexes System handelt und daher Lösungsansätze kontinuierlich zu überprüfen und anzupassen sind. Vorschläge für ein begleitendes Monitoringkonzept sind in Kapitel 9 des Berichtes beschrieben.

### **Fazit**

Im Ergebnis wurde eine adaptive und flexible Strategie für das Feinmaterialmanagement der gesamten Tideelbe (WSV und HPA) vorgeschlagen, um das Ziel einer wirtschaftlichen Baggergutunterbringung unter Minimierung negativer Auswirkungen für Natur und Umwelt zu erreichen.

Die vorliegende Studie bildet die Grundlage für neue Wege eines gemeinsamen Sedimentmanagements für WSV und HPA im System Tideelbe. Sie führen von dem Vorgehen nach festen Vorgaben hin zu einem Handeln, das sich an sich ändernde Verhältnisse anpasst, um das übergeordnete Ziel der Gewährleistung der Unterhaltung zur Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs mit möglichst wenigen nachteiligen ökologischen Auswirkungen zu erreichen.

Die vorhandene Schadstoffbelastung und das ökotoxikologische Potenzial des Feinmaterials schränken die Optionen eines Feinmaterialmanagements innerhalb des Ästuars ein. Die Ursachen hierfür liegen weitgehend im Bereich oberhalb des Ästuars, so dass vorrangig Maßnahmen im Rahmen des Flussgebiets-Sedimentmanagements erforderlich sind, damit

zukünftig noch effizientere Strategien der Sedimentbewirtschaftung möglich werden. Solange aber keine Verbesserung erfolgt, sind die aus dem Umgang mit Elbesedimenten resultierenden Wirkungen unvermeidlich und können nur verringert, nicht aber vermieden werden. Die Unterhaltung wird dabei je nach Vorgehensweise entweder mehr die Schadstoffrisiken, oder mehr die Risiken des unausgeglichene Sedimenthaushaltes in Kauf nehmen müssen. Mit den vorgeschlagenen Empfehlungen werden bestehende/zu erwartende negative Auswirkungen abgewogen.

Die geltenden rechtlichen Vorschriften aus der Meeresstrategie-Rahmen-, der Wasserrahmen- und der FFH-Richtlinie sowie des Artenschutzes führen in ihrer Anwendung zu Zielkonflikten, die nur in einer integrierenden Gesamtbewertung der Tideelbe lösbar sind.

## 9 Empfehlungen für ein begleitendes Monitoring

Die in Kapitel 8 empfohlene Strategie ist zunächst vorrangig für die Bereiche Hydrologie und Morphologie sowie Schadstoffe zu untersuchen, um a) bestehende Wissenslücken zu schließen und b) auf die Fragestellungen, die aus dem adaptiven und flexiblen Prozess der Strategie entstehen, reagieren zu können, da diese Fachthemen die vorgeschlagene Strategie prägen. Die Hydrologie und Morphologie in Kapitel 9.1 liefert dabei die Grundlagen für die anderen Fachbereiche. Das Monitoringkonzept zum Thema Schadstoffe wird in Kapitel 9.2 dargestellt, die Ausführungen zu den weiteren Fachthemen erfolgen in Kapitel 9.3.

Folgende Fragen sollen mit einem begleitenden Monitoringprogramm geklärt werden:

- > Treten die prognostizierten Wirkungen der vorgeschlagenen Unterbringungsstrategie ein?
- > Kommt es zu unerwünschten Auswirkungen?

Die Untersuchungsergebnisse ermöglichen das Erkennen von Zuständen und ggf. unerwünschten Entwicklungen und sind damit Entscheidungsgrundlage für ein adaptives und flexibles Unterhaltungsmanagement. Insgesamt tragen die Ergebnisse dazu bei, das Systemverständnis zu verbessern. Zudem wird die Datengrundlage erweitert, um Auswirkungen zu dokumentieren und damit zukünftige Auswirkungsprognosen abzusichern.

Es existieren bereits einige Monitoringprogramme, bei denen geprüft werden muss, ob sie zur Klärung der genannten Fragestellungen beitragen können. So berücksichtigt das beabsichtigte Beweissicherungsprogramm zur geplanten Fahrrinnenanpassung (FAP) bereits eine Vielzahl von Untersuchungsprogrammen im Elbeästuar.

Darüber hinaus sind Aktivitäten in der Zuständigkeit der Länder, insbesondere im Rahmen des Bund/Länder-Messprogramms für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (BLMP)<sup>7</sup> zu berücksichtigen.

Die im Folgenden gegebenen Empfehlungen (Kapitel 9.1 - 9.3) sind vor einer Umsetzung zu konkretisieren. Zur weiteren Umsetzung der Monitoringprogramme/Aktivitäten wird die Einrichtung einer Fach- bzw. Arbeitsgruppe empfohlen.

### 9.1 Hydrologie und Morphologie

Aus morphologischer Sicht ist die Erreichung eines möglichst naturnahen/ausgeglichenen Feinsedimenthaushaltes ein wesentliches Ziel für das Baggergut- und Sedimentmanagement an der Tideelbe. Hieran sind u. a. die Empfehlungen für die Fortschreibung und Anpassung der gegenwärtigen Unterhaltungsstrategie, wie in Kapitel 8 beschrieben, ausgerichtet. Es ist

---

<sup>7</sup> Im Monitoring-Handbuch wird das aktuelle BLMP-Messprogramm beschrieben. Es ist thematisch in sogenannte Kennblätter zu den einzelnen Themen gegliedert. Das Monitoring-Handbuch ist ein sogenanntes lebendes Dokument, das mit fortschreitender Weiterentwicklung des Messprogramms laufend angepasst wird. Das BLMP-Monitoringhandbuch wird zurzeit strukturell und inhaltlich an die Anforderung der MSRL angepasst. (<http://www.blmp-online.de/Seiten/Monitoringhandbuch.htm>)

eine Austragsmenge an Feinsedimenten in der Größenordnung von etwa 1 Mio. m<sup>3</sup>/a (bzw. 0,5 Mio. t/a Trockensubstanz) identifiziert worden, um die der Feinsedimenthaushalt in den Bereichen stromauf MaxTrüb und MaxTrüb zusätzlich und fortwährend entlastet werden muss, damit dieser sich mittelfristig stabilisieren kann und in den zuvor genannten ausgeglichenen Zustand überführt wird. Für die Umsetzung der Strategie sind die Bilanzierung des Feststoffhaushalts, die Morphodynamik, die Baggermenge und die mittlere Baggergutzusammensetzung die zu beachtenden Randbedingungen und Einflussfaktoren. Hierzu sind folgende Fragen zu bearbeiten:

1. Welche Baggermengen differenziert nach den Korngrößenfraktionen werden auf die verschiedenen Stellen untergebracht?
2. Welche Austragsmengen an Feinsediment sind abhängig von der Unterbringungsstelle und den dort untergebrachten Baggermengen bislang tatsächlich erreicht worden?
3. Welche Auswirkungen auf die umgebende Morphodynamik bei Unterbringung von Baggergut auf Stellen mit WSV-Zuständigkeit (Auswirkungsprognose gemäß den GÜBAK) bzw. auf die Stelle bei Neßsand (Zuständigkeit HPA) werden erwartet?
4. Wie entwickelt sich der Feinsedimenthaushalt (Bilanzierung Systemmonitoring)?

Die Kenntnis über die bislang tatsächlich erreichte Gesamtaustragsmenge bildet einen wichtigen Entscheidungsfaktor bei der jahresübergreifenden Planung und Koordination der notwendigen Unterbringungsstellen ggf. auch für Anpassungen der Strategie an neue Erkenntnisse (Stichpunkt flexibles und adaptives Management).

### **Zu 1) Welche Baggermengen, differenziert nach den Korngrößenfraktionen, werden auf die verschiedenen Stellen untergebracht?**

Gegenwärtig erfassen HPA und WSV die im Zuge der Wassertiefenunterhaltung gebaggerten Sedimente mittels der folgenden Datenbanksysteme: BASSIN (seitens HPA) und MoNa-Monitoring Nassbaggergut (seitens WSV). Die darin aufgezeichneten Daten dokumentieren für jeden Baggerumlauf das Ladungsvolumen (Sediment-Wasser-Gemisch), die mittleren Laderaum- und Rohrdichten, den genauen Ort der Baggerung (Baggerpolygon, georeferenziert), die Unterbringungsstelle sowie eine Vielzahl weiterer am Hopperbagger erfassten Begleitparameter. Die korngößenspezifische Zusammensetzung des potenziellen Baggergutes wird durch wiederholte Sedimentbeprobungen in den wichtigsten Baggerschwerpunkten - v. a. den Schwerpunkten für Feinsedimente - von HPA und WSV erfasst. In Ergänzung dazu liegen Laderaumbeprobungen vor, die auf Korngrößenzusammensetzung analysiert werden. Verschnitten mit den in BASSIN bzw. MoNa abgelegten Baggerdaten bildet dies eine ausreichende Datengrundlage, um die Baggermengen (bzw. die Trockenmasse an gebaggerten Sedimenten) differenziert nach Unterbringungsstelle und den korngößenspezifischen Anteilen zu erfassen.

## **Zu 2) Welche Austragsmengen an Feinsediment sind, abhängig von der Unterbringungsstelle und den dort untergebrachten Baggermengen, bislang tatsächlich erreicht worden?**

Ein Rücktransport von Feinsedimenten, die auf Stellen in den Bereichen stromab MaxTrüb und Nordsee (Schlickfallgebiet) untergebracht werden, kann auch für den Fall eines sehr niedrigen Oberwasserabflusses ausgeschlossen werden. In diesem Fall kann das Baggergut - bzw. die darin enthaltenen Feinsedimentanteile entsprechend der Baggergutstatistik wie unter 1) beschrieben - vollständig der erreichten Austragsmenge zugerechnet werden. Bei Unterbringung des Baggergutes auf Stellen in die Bereiche MaxTrüb und stromauf MaxTrüb werden jedoch abhängig von der Entwicklung des Oberwasserabflusses unterschiedlich große Anteile der Baggermengen ausgetragen. Eine bestmögliche Kenntnis der oberwasserabhängigen Stromauf- und Stromabtransporte ist daher für die Bestimmung der tatsächlich erreichten Austragsmengen von besonderer Bedeutung.

Die Modellierungs- und Analysemöglichkeiten der BAW wurden bei der Beurteilung von Stromauf- und Stromabtransporten von Umlagerungsstellen bislang im Wesentlichen für nicht ereignisbezogene oberwasserabhängige Verdriftungsrechnungen eingesetzt. Die Nutzung erfolgte insbesondere in grundlegenden Auswirkungsprognosen nach GÜBAK (siehe z. B. BfG 2013c). Parallel wurden seitens der BAW im Zuge von F&E-Projekten (Forschung und Entwicklung) Schnittstellen zu den unter 1) genannten Datenbanksystemen BASSIN und MoNa eingerichtet, die es erlauben, reale Bagger- und Verbringvorgänge post-operationell abzubilden. Damit besteht die technische Möglichkeit, modellbasiert den Einfluss des Sedimentmanagements auf den Sedimenthaushalt besser zu quantifizieren bzw. letztlich post-operationell und unter Ansatz des variablen Oberwasserabflusses die tatsächlich infolge von Baggergutunterbringung erreichte Austragsmenge abzuschätzen. Die fortgeschrittenen Modellierungs- und Analysemöglichkeiten der BAW sollten zukünftig noch stärker genutzt und im Hinblick auf diese Zielsetzung weiterentwickelt werden. Im Rahmen eines solchen modellbasierten Monitorings ist auch eine fortlaufende Kalibrierung, Validierung und Abgleich mit Messungen in der Natur notwendig.

## **Zu 3) Was sind die erwarteten Auswirkungen durch die Unterbringung von Baggergut?**

Die Auswirkungen auf die umgebende Morphodynamik bei Unterbringung von Baggergut auf Stellen im Zuständigkeitsbereich der WSV sind Bestandteil der Auswirkungsprognose nach GÜBAK (Anonymus 2009). Die Auswirkungen im Bereich der Stelle Neßsand weist HPA entsprechend den Vorgaben durch die zuständige Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg nach. Im unmittelbaren Maßnahmenbereich der Unterbringungsstelle kann ein Schüttkörper, vor allem durch die Akkumulation sandiger Baggergutanteile aufwachsen. Daraus folgt die wichtige Frage nach den Kapazitätsgrenzen einer Unterbringungsstelle, da der Schüttkörper die Aufnahmekapazität der Stelle durch Mindertiefen reduziert und sich hieraus ein Bedarf für die Unterbringung des Baggergutes an einer anderen, möglicherweise weniger geeigneten Stelle ergibt. Dieser Fragestellung sollte verstärkt durch Untersuchungen, z. B. im Rahmen einer Auswirkungsprognose nach GÜBAK, nachgegangen werden.

Die feineren Baggergutanteile, die von der Stelle verdriften, nähren die Gewässersohle auch in weiter entfernten Bereichen. Mit zunehmender Entfernung nimmt der Einfluss der Bagger-

gutunterbringung auf die Morphodynamik ab. Dennoch ist zu beachten, dass bei schadstoffbelastetem Baggergut die belasteten Feinsedimentanteile in Seitenbereiche und Wattflächen transportiert werden und dort nachweisbar trotz geringer Mächtigkeiten zur Ablagerung kommen können. Mögliche Effekte werden durch ein Überwachungsmonitoring erfasst, z. B. durch die Entnahme von Sedimentkernen, wie sie im Bereich der VSB 686/690 und VS 738 durchgeführt wird (vgl. BfG 2012b und BfG 2013c). Unterstützt werden solche Monitoringprogramme durch die Modellierungs- und Analysemöglichkeiten der BAW, um die Verdriftwege und möglichen Schwerpunktbereiche schadstoffbelasteter Feinsedimentablagerungen für ein Überwachungsmonitoring noch genauer zu identifizieren.

Untersuchungen nach GÜBAK erfassen aus morphologischer Sicht in den meisten Fällen einen lokal auf den Maßnahmenbereich oder die nähere Umgebung begrenzten Effekt. Nicht Gegenstand der Untersuchungen sind die übergeordneten Effekt durch die verschiedenen Baggermaßnahmen und der Unterbringung entlang der Tideelbe auf die Entwicklung des Zustandes des Feinsedimenthaushaltes in den Bereichen MaxTrüb und stromauf MaxTrüb. Ein solches übergreifendes Monitoring ist nachfolgend in 4) für das Sedimentmanagement in den Grundzügen skizziert. Es sollte darüber hinaus in ein umfassenderes Systemmonitoring eingebunden sein und auch die Ergebnisse aus 2) und 3) in den Auswertungen berücksichtigen.

#### **Zu 4) Wie entwickelt sich der Feinsedimenthaushalt?**

Eine zukünftige Weiterentwicklung des Sediment- und Baggergutmanagements setzt neue Kenntnisse zum Systemverständnis und zu möglichen Effekten des aktuellen Handelns auf den Zustand und die Bilanz des Feinsedimenthaushaltes voraus. Insbesondere sei hier auf die Wirksamkeit der gegenwärtig auf etwa 1 Mio. m<sup>3</sup>/a (bzw. 0,5 Mio. t Trockensubstanz) geschätzten, zusätzlich erforderlichen Austragsmenge und der Unterbringungswege für Feinmaterial - wie in Kapitel 8 für die Fälle A und B beschrieben - hingewiesen.

Die tatsächlich erreichte Gesamtaustragsmenge an Baggergut steht in einem engen Zusammenhang mit der Entwicklung des Feinsedimenthaushalts und damit der Erreichung eines ausgeglichenen Zustands. In den vergangenen Jahren ist die gegenwärtig verfügbare Datengrundlage zum Feststofftransport und -haushalt der Tideelbe durch Monitoring- und Untersuchungsprogramme deutlich verbessert worden. Beispielhaft zu nennen sind hier Aktivitäten wie

- > das Monitoring- und Untersuchungsprogramm am Sedimentfang Wedel (vgl. BfG 2011a, BfG 2011b, BfG 2012a)
- > das Trübungsmessnetz aus Dauermessstationen entlang der Tideelbe, welches im Zuge der Beweissicherung (Fahrrinnenanpassung 1999) eingerichtet und weiterhin betrieben wird (Daten sind verfügbar unter <http://www.portal-tideelbe.de/Projekte/FRA1999/Beweissicherung/index.html>)
- > bilanzfähige Schwebstoffmessungen über eine Ganztide z. B. mit ADCP (vgl. BAW 2011) oder mit Cux-Sampler (durch HPA)
- > Nutzung des Modellierungssystems der BAW für die Fortführung von Systemstudien zu Einflussfaktoren wie z. B. dem Oberwasserabfluss

### **Grundsatzuntersuchungen zum Systemverständnis**

Um die zuvor aufgeführten Fragen (1 - 4) optimiert beantworten zu können, müssen noch Defizite zum Systemverständnis geklärt werden. Die Bearbeitung der folgenden Fragestellungen soll hierzu wesentlich beitragen.

### **Wie kann die Untersuchung des Feinsedimenthaushalts messtechnisch bzw. in Messprogrammen detaillierter erfasst und beurteilt werden?**

Ziel der Untersuchungen sind verbesserte Abschätzungen dieser Mengen und transportierten Frachten differenziert nach Sedimentfraktionen. Daran gekoppelt ist auch die Bilanzierung von Schadstofffrachten.

Es bestehen weiterhin Wissenslücken und Untersuchungsbedarf zu Feststoffbilanzen, -haushalt und deren Dynamik, die in Hinblick auf die zukünftige Weiterentwicklung des Baggergut- und Sedimentmanagements bearbeitet werden müssen. Genannt sind hier vor allem die nachfolgenden Aspekte (vgl. auch Kapitel 6.1.1), über die zurzeit nur überschlägige Abschätzungen gemacht werden können. Alle zukünftigen Abschätzungen sollen möglichst korngrößenspezifisch erfolgen.

- > Feststoffmengen, die entlang des Ästuars durch die Strömung transportiert werden
- > Feinmaterialmengen und räumliche Verteilung dieser Mengen entlang des Ästuars mit Fokus auf die Bereiche stromauf MaxTrüb und MaxTrüb
- > Gesamtmenge der durch Strömung remobilisierbaren Feinsedimente
- > Bilanz der Feststofftransporte zwischen Unter-/Außenelbe und der Deutschen Bucht (Eintragungsmengen mariner Sedimente und Feinmaterialaustag in Richtung Deutsche Bucht)

Das bestehende Stationsnetz an Trübungsmessungen in den Zuständigkeitsbereichen von HPA und WSV sollte übergreifend für die Entwicklung und Anwendung eines Indikators genutzt werden, um den Zustand des Feinsedimenthaushaltes kontinuierlich zu erfassen sowie kurz- und mittelfristige Entwicklungstendenzen aufzuzeigen. Mit der Kalibrierung dieser Trübungsmessungen auf Schwebstoffgehalte ist 2011 durch HPA in Zusammenarbeit mit den WSÄ Hamburg und Cuxhaven begonnen worden. Erste Ergebnisse sind in Reihwald (2013) beschrieben. Zukünftig ist zu erwarten, dass punktuell an diesen Messstationen erstmals kontinuierliche Zeitreihen zu Schwebstofffrachten verfügbar sind. Dringend erforderlich und bereits durch HPA und WSV geplant sind ergänzende regelmäßige ADCP-Querprofilmessungen mit begleitenden Schwebstoffprobenahmen zur Berechnung querschnittsintegrierter Schwebstofffrachten an den Stationen. Weiterhin ist eine räumliche Erfassung der oberflächennahen Trübungsverhältnisse auch mittels Fernerkundung möglich (vgl. König & Winterscheid 2013). Es sollte untersucht werden, ob bzw. zu welchem Zeitpunkt es sinnvoll ist, das bestehende In-situ-Messnetz um Komponenten dieser Technologie zu ergänzen.

### **Wo sind die natürlichen Quellen und Senken für Feinsedimente?**

Schließlich sollten ein Monitoring bzw. begleitende Untersuchungsprogramme in der Tideelbe zunächst folgende Gebiete betrachten:

### Vorländer sowie Flachwasser- bzw. Seitenbereiche im Bereich des inneren Ästuars, etwa stromauf von Brunsbüttel

- > Erfassung und Bilanzierung von Sedimentations- und Erosionstendenzen im Bereich der Vorländer, Flachwasser- bzw. Seitenbereiche auf Grundlage der aktuell und zukünftig verfügbaren Digitalen Geländemodelle (DGM).
- > Verbesserung der Kenntnis über das Potenzial der Vorlandbereiche innerhalb dieser Bilanz als Senke für Feinmaterial. Ergebnis einer solchen Untersuchung wären Angaben zu jährlichen Ablagerungsraten von Feinsedimenten. Solches kann z. B. durch Bestimmung zeitlich einzuordnender Referenzhorizonte bzw. -topographie anhand geeigneter Marker<sup>8</sup> erfolgen. Diese Daten sollten auch in Vergleich zu historischen Entwicklungen in den heute durch den Hochwasserschutz abgetrennten Geest-Gebieten hinter dem Deich gesetzt werden.  
(<http://www.biologie.uni-hamburg.de/bzf/estrade/>)

### Wattflächen im Bereich Elbmündungsgebiet

- > Die Morphodynamik der Watten im Bereich des Elbmündungsgebietes ist bereits Gegenstand einer Vielzahl an Untersuchungen. Eine verstärkte Sedimentation im Bereich dieser Wattflächen würde die Tidedynamik im gesamten Elbeästuar dämpfen und damit auch die Entwicklung des Feinsedimenthaushaltes grundsätzlich positiv beeinflussen (vgl. BAW 2013). Daher ist die Überwachung morphodynamischer Entwicklung der Watten eine grundsätzliche Aufgabenstellung, nicht nur in Hinblick auf Aspekte wie z. B. Küstenschutz, sondern auch eine Randbedingung für die langfristige Entwicklung der Hydro- und Morphodynamik im gesamten Elbeästuar und damit auch für Auswirkungen auf den Feinsedimenthaushalt der gesamten Tideelbe. Der zurzeit aktuellste Beitrag zu diesem Thema ist durch das im Sommer 2013 abgeschlossene KfKI-Projekt Aufmod geliefert worden (Heyer & Schrottko 2013). BAW (2013) gibt eine Kurzzusammenfassung großräumiger morphodynamischer Veränderungen im Elbmündungsgebiet und verweist auf detaillierte Literaturquellen.
- > Besonderer Untersuchungsbedarf besteht im Zusammenhang mit der Unterbringung von Baggergut und der Verdriftung und Ablagerung von Baggergutsedimenten auf den Wattflächen; hier knüpft auch die Frage der gezielten Nahrung der Watten mit sandigen Sedimenten (vgl. Absatz zuvor und BAW 2013) an, aber auch die Möglichkeit einer Akkumulation von schadstoffbelasteten Feinsedimenten in den Wattbereichen. Zugleich bilden die Wattflächen einen potenziellen Speicher an Sedimenten, welche remobilisiert und wieder stromauf in das Elbeästuar und damit in den Feinsedimenthaushalt der Bereiche MaxTrüb und stromauf MaxTrüb eingetragen werden können.
- > In diesem Zusammenhang werden daher Messungen empfohlen, mit deren Hilfe Sedimentations- und Erosionshöhen dokumentiert und diese Daten mit möglichen Randbedingungen wie Tidekennwerten oder Windrichtung und -stärken (bzw. zusammengefasst zu saisonal charakteristischen Windlagen) korreliert werden

---

<sup>8</sup> Tschernobyl Fallout 1986 - Indikator 137Cs // mittleres Alter der organischen // Bodensubstanz - Indikator 14C (datierbarer Zeitraum 100 - 70.000 Jahre) // Pollenanalyse aufgrund bestimmter Vegetationsbesiedlung

können. Zu erfassen sind durch Ablagerung von Baggergutsedimenten beeinflusste Flächen sowie hiervon unbeeinflusste Flächen. Begleitet werden sollten diese Untersuchungen weiterhin durch fortgeschriebene Systemstudien, in denen die Modellierungs- und Analysemöglichkeiten der BAW zur Anwendung kommen.

### **Wie beeinflusst insbesondere der sohnnahe Transport Baggerschwerpunkte für Feinsedimente?**

- > Das Monitoring und Untersuchungsprogramm am Sedimentfang Wedel hat detaillierte Erkenntnisse zur Sedimentationsdynamik und dem Feststofftransportgeschehen in diesem Abschnitt der Stromelbe ergeben. Es konnten daraus konkrete Empfehlungen für eine verbesserte Wassertiefenunterhaltung abgeleitet werden. Für die Baggerabschnitte Juelssand und Osteriff liegen hinreichende Datengrundlagen vor (Fächerecholotpeilungen und Sedimentproben), so dass entsprechende Untersuchungen dort bereits begonnen und, soweit erforderlich, mittels weiterer Messungen vertieft werden können.  
Eine für die Bilanzierung der Feststofftransporte entscheidende Größe ist die Erfassung der sohnnahen, im untersten Meter transportierten Feinsedimente. Hier wird überwiegend die Feinsandfraktion transportiert. Ergebnisse des Monitorings am Sedimentfang Wedel deuten darauf hin, dass ein überwiegender Anteil der frischen Sedimentablagerungen sohnnah transportiert worden ist. Messtechnisch ist zurzeit eine In-situ-Erfassung der sohnnahen Transportprozesse kaum möglich, hier bedarf es der Weiterentwicklung von Messtechniken und der verstärkten Nutzung von Modellen der BAW.
- > Die Sedimentationsdynamik des Schleusenvorhafenbereichs NOK weist eine grundsätzlich andere Charakteristik als die vorgenannten Baggerschwerpunkte im Fahrrinnenbereich auf. Hier besteht Bedarf, in einem gesonderten Untersuchungsprogramm die aktuelle Unterhaltungspraxis zu überprüfen.

### Wehr Geesthacht

- > An der BfG-Messstation Hitzacker (Elbe-km 522,92) werden Schwebstofffrachten erfasst und als oberstromiger Eintrag in die Tideelbe angenommen. Zwischen der Messstation Hitzacker und der Tidegrenze liegt der Stauraum des Wehres Geesthacht (Staumauer bei Elbe-km 585,9). Es verbleibt noch der Nachweis, dass die an der Station Hitzacker erfassten Frachten geeignet sind, um die interannuelle Variabilität bei den Schwebstoffeinträgen über das Wehr Geesthacht ausreichend zu erfassen oder ob es einer zusätzlichen Station möglichst nahe des Wehrkörpers am Wehr Geesthacht bedarf.

## **9.2 Schadstoffe**

Die Umsetzung der vorgeschlagenen Unterbringungsstrategie kann zu einer stärkeren Beeinflussung der Schadstoffgehalte und -mengen auf den Unterbringungsstellen und deren Umgebung als bei der aktuellen Unterbringungsstrategie (Szenario 1) führen sowie den Schadstoffeintrag in die Nordsee verändern (siehe Kapitel 7.3). Da die hohe Schadstoffbelastung der Sedimente die Unterbringungsstrategie im Elbeästuar entscheidend begrenzt, ist die Überprüfung der Schadstoffgehalte und der erwarteten Auswirkungen (siehe Kapitel 8.4) ein

wichtiger Bestandteil des Monitoringprogramms. Die Kenntnisse zum Transport feststoffgebundener Schadstoffe im Elbeästuar und in die Nordsee, der für die Bewertung der Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte und die Bilanzierung der Schadstoffmengen wichtig ist, sind noch unvollständig. Das Monitoring sollte daher auch zur Verbesserung des Verständnisses der Transportprozesse beitragen. Hier können Schadstoffmessungen das morphologische Monitoring ergänzen. Umgekehrt sind die morphologischen Erkenntnisse aus dem Monitoringprogramm entscheidend für die Bewertung der Schadstoffuntersuchungen und zur Beantwortung der offenen Fragen.

Neben dem maßnahmenbegleitenden kleinräumigen Monitoring sollte das Schadstoffmonitoring außerdem die Umgebung der Unterbringungsstellen einbeziehen, so dass ein ausreichendes Wissen über die aktuelle Entwicklung der Randbedingungen im Hinblick auf die Schadstoffbelastungen vorliegt und die künftige Baggergutunterbringung flexibel und adaptiv gestaltet werden kann.

Im Einzelnen soll das Schadstoffmonitoring die im Folgenden aufgeführten Fragen beantworten und zur Verbesserung der unten genannten Aspekte des Systemverständnisses beitragen:

- 1) Ist eine Erhöhung der Schadstoffgehalte im Bereich der künftig beaufschlagten bzw. verändert beaufschlagten Unterbringungsstellen und deren Umgebung zu beobachten?
- 2) Lassen sich Verdriftungswege der schadstoffbelasteten Feinanteile (Schluffe und Tone der Fraktion  $< 63 \mu\text{m}$ ) aus der Baggergutunterbringung ermitteln und Bereiche mit einer evtl. Anreicherung schadstoffbelasteter Feinanteile in strömungsberuhigten Watt- und Seitenbereichen nachweisen?
- 3) Sind Auswirkungen der Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg bzw. dem Bereich Wedel/Juelssand auf die Schadstoffbelastung im Baggergut der Bereiche NOK und Osteriff erkennbar?
- 4) Wie wirkt sich die Unterbringungsstrategie auf die Schadstoffmengen in den Unterbringungsbereichen aus?
- 5) Verbesserung der Ermittlung von Schadstoffeinträgen ins Ästuar und in die Nordsee
- 6) Wie wirkt sich die veränderte Unterbringungsstrategie auf die Schadstoffeinträge in die Nordsee aus?
- 7) Wie lassen sich Auswirkungen der Baggergutunterbringung auf die partikulär gebundenen Schadstoffgehalte von Auswirkungen durch andere Einflussgrößen abgrenzen?

**Zu 1) Ist eine Erhöhung der Schadstoffgehalte im Bereich der künftig beaufschlagten bzw. verändert beaufschlagten Unterbringungsstellen und deren Umgebung zu beobachten?**

Eine wichtige Basis für die Bewertung künftiger Ergebnisse stellen u.a. die bisher bereits durchgeführten Auswirkungsprognosen nach GÜBAK (Anonymus 2009) an den Verbringungsstellen VS 686/690 (BfG 2012b), VS km 700 (BfG 2013 b), VS 738 (BfG 2013c) und VS Tonne E3 in der Nordsee (BfG 2005) sowie die Ergebnisse der bereits nach den Vorgaben der GÜBAK durchgeführter Überwachungsprogramme im Bereich der VS 686/690 (BfG 2010)

und der Nordsee (z. B. BfG 2008b, BfG 2013a) dar. Für die Unterbringungsbereiche MaxTrüb und stromab MaxTrüb können als Referenz für die Schadstoffbelastung in Feststoffen außerdem die von der FGG Elbe im Rahmen des WRRL-Überwachungsprogramms untersuchten Stationen bei Grauerort (Elbe-km 660,5) und Cuxhaven (Elbe-km 725,2) sowie die Dauermessstation der BfG bei Bützfleth (Elbe-km 657,5) und Cuxhaven (Elbe-km 727) verwendet werden. Für eine Unterbringungsstelle in der Nordsee stehen Daten zweier vom Bundesamt für Hydrografie (BSH) im Rahmen des BLMP regelmäßig untersuchter Stationen im Schlickfallgebiet der Deutschen Bucht zur Verfügung (BLMP, Monitoringhandbuch). Darüber hinaus untersucht das BSH seit einigen Jahren eine Station im Zentrum der Unterbringungsstelle bei Tonne E3 in der Deutschen Bucht.

Wird künftig die Nutzung vorhandener Unterbringungsstellen geändert oder werden neue Unterbringungsstellen eingerichtet, ist nach GÜBAK neben einer neuen Auswirkungsprognose auch ein Monitoringprogramm zur Überprüfung der erwarteten Auswirkungen vorgesehen. Je nach Wahl der konkreten Unterbringungsstelle kann dabei für die Beschreibung des Ausgangszustandes evtl. auf vorhandene Daten (s. o.) zurückgegriffen werden. Soll eine neue Stelle mit Baggergut beaufschlagt werden, sind in der Regel neue Untersuchungen zur Erhebung des Ausgangszustandes erforderlich. Auch die Qualität des Baggergutes sollte auf jeden Fall erfasst und bei wiederholten Baggerungen in regelmäßigen Abständen überprüft werden, um das Ausmaß der möglichen Auswirkungen einschätzen zu können.

**Zu 2) Lassen sich Verdriftungswege der schadstoffbelasteten Feinanteile aus der Baggergutunterbringung ermitteln und Bereiche mit einer evtl. Anreicherung schadstoffbelasteter Feinanteile in strömungsberuhigten Watt- und Seitenbereichen nachweisen?**

Bei einer Änderung der Nutzung von Unterbringungsstellen bzw. bei der Einrichtung neuer Unterbringungsstellen sind Schadstoffuntersuchungen in evtl. durch Verdriftung schadstoffbelasteter Feinanteile beeinflussten, stromauf- oder stromab der Unterbringungsstellen gelegenen Bereichen sowie nahegelegenen strömungsberuhigten Watt- und Seitenbereichen in das nach GÜBAK durchzuführende Monitoring einzuschließen. Aus den bereits durchgeführten Untersuchungen im weiteren Umfeld der VS 686/690 (BfG 2010, BfG 2012b) stehen umfangreiche Schadstoffdaten zu Sedimenttiefenprofilen in Watt- und Seitenbereichen in der BfG zur Verfügung und sind bei der Bewertung künftiger Auswirkungen einer geänderten Unterbringungsstrategie zu berücksichtigen. Für die Überprüfung der weiträumigen Verdriftung schadstoffbelasteter Feinsedimente können Daten der Länder Schleswig-Holstein und Niedersachsen von küstennahen Stationen über die Marine Meeresumweltdatenbank (MUDAB) herangezogen werden.

Zur Überprüfung der Verdriftungswege und zur Identifizierung von Bereichen mit evtl. Akkumulation schadstoffbelasteter Feinanteile  $< 63 \mu\text{m}$  aus dem umgelagerten Baggergut in den Watt- und Seitenbereichen in der Umgebung von Unterbringungsstellen sind auch in Zukunft in größeren Abständen, z. B. alle zwei bis drei Jahre, Tiefenprofile auf Schadstoffe zu untersuchen.

Für die Planung eines Schadstoffmonitorings sind Ergebnisse der Untersuchungen zur Hydrologie und Morphologie (siehe Kapitel 9.1) wichtig. Außerdem sollten die Messungen durch Modellierungen des feststoffgebundenen Schadstofftransportes ergänzt werden.

### **Zu 3) Sind Auswirkungen der Unterbringung von Baggergut aus dem Bereich Hamburg bzw. dem BA Wedel auf die Schadstoffbelastung im Baggergut der Bagger-schwerpunkte bei Brunsbüttel und Osteriff erkennbar?**

Hier sind vor allem Auswirkungen des bei Änderung der Unterbringungsstrategie auf die VS 686/690 untergebrachten, höher belasteten Baggergutes aus den Bereichen Hamburg auf die Qualität der Sedimente in den Baggerbereichen NOK und Osteriff bzw. bei Unterbringung von Baggergut aus den Bereichen Wedel und NOK auf Unterbringungsstellen stromab MaxTrüb auf die Schadstoffbelastung des Baggerbereiches Osteriff zu prüfen. Basisuntersuchungen stehen für beide Baggerbereiche für die Bewertung von Änderungen aufgrund einer geänderten Beaufschlagung der Unterbringungsstellen zur Verfügung (BfG 2012b, BfG 2013b). Auch eine Prüfung der Entwicklung der an den Dauermessstellen bei Brunsbüttel und Cuxhaven erhobenen Schadstoffbelastung frischer Sedimente kann mögliche Veränderungen der Baggergutqualität in Brunsbüttel aufzeigen.

### **Zu 4) Wie wirkt sich die Unterbringungsstrategie auf die Schadstoffmengen in den Unterbringungsbereichen aus?**

Mit verbesserten Daten zu Schadstoffeinträgen in das Elbeästuar sowie den Austrägen in die Nordsee lässt sich auch die Bilanzierung der Schadstoffmengen im Ästuar verbessern. Um bisher nur qualitativ mögliche Aussagen zu mobilen Schadstoffmengen im Unterbringungsbereich und deren Veränderungen zu verbessern, sind über die Schadstoffmessungen hinaus Ergebnisse zur Entwicklung des Feinsedimenthaushaltes im Umfeld ausgewählter Dauermessstationen erforderlich (siehe Kapitel 9.1).

### **Zu 5) Verbesserung der Ermittlung von Schadstoffeinträgen ins Ästuar und in die Nordsee**

Für die Bewertung der Auswirkungen der Baggergutunterhaltung ist der Einfluss der Baggergutunterbringung auf den jährlichen Schadstoffeintrag in die Nordsee wichtig. Für die Abschätzung der Schadstofffrachten in die Nordsee ohne Unterhaltungsaktivitäten sind zunächst die Informationen

- > zu den Schadstoffeinträgen aus der Binnenelbe ins Ästuar,
- > zum Ausmaß von Schadstoffquellen innerhalb des Ästuars, sei es durch Einleitungen oder durch die Remobilisierung schadstoffbelasteter Sedimente aus Watt- und Seitenbereichen sowie
- > zu Schadstoffausträgen aus dem Tideelbestrom durch Deposition in Watt- und Seitenbereichen und
- > durch Entnahme und Unterbringung von Baggergut außerhalb des Gewässers

zu verbessern.

Um Unzulänglichkeiten in der Ermittlung der aktuellen oberstromigen Schadstoffeinträge am Ästuareingang zu verringern, soll die Probenahme am Ästuareingang (Wehr Geesthacht) in Abstimmung mit der Morphologie (siehe Kapitel 9.1) angepasst werden. Entscheidend ist eine parallele Erfassung von Schwebstofffrachten.

Zur Frage der Wirkung der Watt- und Seitenbereiche als Schadstoffsenken und -quellen können die unter 2) bereits erwähnten Untersuchungen von Sedimentkernen in den strömungsberuhigten Bereichen genutzt werden. Für die Bewertung der Untersuchungen in Watt- und Seitenbereichen sind Ergebnisse zur Erosionsstabilität (siehe Kapitel 9.1) heranzuziehen.

Zusammen mit der Analyse des Potenzials der Vorländer als Senke für Feinmaterial (siehe Kapitel 9.1) soll auch das Rückhaltevermögen der Vorländer für schadstoffbelastetes Material ermittelt werden, d. h. es sollen Sedimentkerne in Vorländern im Umfeld der Unterbringungsbereiche auf Schadstoffe untersucht werden. Für eine verbesserte Bilanzierung der jährlichen Schadstofffrachten sollte zudem die bereits von der HPA durchgeführte Abschätzung der Schadstofffrachten, die mit dem an Land untergebrachten Hamburger Baggergut aus dem Elbeästuar dauerhaft entfernt werden, um eine Differenzierung zwischen der Entnahme von Altablagerungen und frisch eingetragenen Sedimenten ergänzt werden.

#### **Zu 6) Wie wirkt sich die veränderte Unterbringungsstrategie auf die Schadstoffeinträge in die Nordsee aus?**

Für die Bewertung des Einflusses geänderter Unterhaltungsaktivitäten auf die jährlichen Schadstoffeinträge aus dem Elbeästuar in die Nordsee ist neben verbesserten Kenntnissen zu den oberstromigen Schadstoffeinträgen (siehe Frage 5) die Beschleunigung des Schadstofftransportes durch die Baggergutunterbringung zu betrachten. Zur Dauer des strömungsbedingten Transports feinkörniger Sedimente und der daran gebundenen Schadstoffe im Elbeästuar gibt es aus den Schadstoffmessungen an den Dauermessstationen der FGG Elbe und der BfG erste Hinweise. Die Auswertungen zeigten jedoch, dass die zeitliche Auflösung der Schadstoffuntersuchungen für zuverlässige Aussagen nicht ausreicht. Außerdem ist die Oberwasserabhängigkeit der Transportdauer für feststoffgebundene Schadstoffe zu berücksichtigen. An ausgewählten Stellen ist daher eine Verstärkung der Probenahmefrequenz, wie sie bereits heute bei extremen Hochwasserereignissen durchgeführt wird, vorzusehen und die Auswertung der Ergebnisse mit statistischen Methoden zu verbessern.

#### **Zu 7) Wie lassen sich Auswirkungen der Baggergutunterbringung auf die partikulär gebundenen Schadstoffgehalte von Auswirkungen durch andere Einflussgrößen abgrenzen?**

Wichtige Einflussgrößen auf die Dynamik und den Transport feststoffgebundener Schadstoffe wie Oberwasserabfluss und feststoffgebundener Schadstoffeintrag aus dem Binnenbereich der Elbe sowie der Stromauftransport gering belasteter Sedimente marinen Ursprungs sind zwar bekannt, doch die Kenntnisse zum Ausmaß der Auswirkungen von Veränderungen dieser Einflussgrößen auf die Schadstoffgehalte sind unzureichend. So sind z. B. die Zusammenhänge zwischen den unterschiedlich stark ausgeprägten Abnahmen der Konzentrationen verschiedener Schadstoffklassen und den möglichen Einflussfaktoren anhand der vorliegenden Daten zu analysieren. Die unzureichende Kenntnis quantitativer Zusammenhänge erschwert die Abgrenzung zu Auswirkungen von Maßnahmen im Rahmen der Wasserstraßenunterhaltung auf die Qualität der Sedimente und Schwebstoffe. Aussagen zu den Auswirkungen der Baggergutunterbringung auf die Schadstoffbelastung sind daher mit großen Unsicherheiten behaftet. Das betrifft sowohl Maßnahmen, die bereits umgesetzt werden als auch künftige Planungen.

Die Untersuchungen zu Schadstoffbelastungen und -frachten sind generell in enger Abstimmung mit der Bearbeitung von Fragen zur Hydrologie und Morphologie durchzuführen. Eine Ergänzung der Naturmessungen um Modellierungen des feststoffgebundenen Schadstofftransports ist anzustreben. Für eine Verbesserung der Kenntnisse zur Dynamik und dem Transport feststoffgebundener Schadstoffe im Elbeästuar bedarf es auch einer Abschätzung der Einflüsse weiterer anthropogener Eingriffe, z. B. durch Strombaumaßnahmen, Maßnahmen zur Umsetzung der WRRL in der Binnenelbe (wie Sanierungen zur Reduktion der Schadstoffbelastungen) oder im Ästuar.

## 9.3 Weiterer Untersuchungsbedarf

### 9.3.1 Sauerstoff

Grundsätzlich existieren für die Unterbringungsbereiche MaxTrüb und stromab MaxTrüb wenige Datengrundlagen für den Parameter Sauerstoff. Das durch die FGG Elbe koordinierte Elbemessprogramm (KEMP) umfasst oberflächennahe Sauerstoffmessungen im Rahmen des Längsprofils per Helikopter (6 mal pro Jahr) sowie 14-tägige Einzelmessungen des Sauerstoffs an den Stationen Brunsbüttel (km 693) und Cuxhaven (km 727). Es sollte daher darüber nachgedacht werden, bestehende Wissenslücken mit Hilfe von Dauermessungen des Sauerstoffgehaltes, die über längere Zeiträume durchgeführt werden, zu schließen. Insbesondere sohlnahe Messungen im Bereich von MaxTrüb wären hilfreich. Eine fortlaufende dauerhafte Überwachung des Sauerstoffhaushalts im Sinne eines Auswirkungsmonitorings ist aber derzeit nicht erforderlich, da eine Unterschreitung kritischer Sauerstoffgehalte nicht zu erwarten ist.

Neben der Erfassung von Messwerten kann mittels Gewässergütemodellierungen eine Quantifizierung der Auswirkungen von Baggergutunterbringungen auf den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe berechnet werden. Mit Hilfe von 1-d-Gewässergütemodellen können dabei besonders gut die großräumigen und langfristigen Auswirkungen unterschiedlicher Unterbringungsszenarien beurteilt und deren Auswirkungen gegenüber den natürlichen Stoffumsatzprozessen im Gewässer abgegrenzt werden.

### 9.3.2 Ökotoxikologie

Wie in den vorhergehenden Kapiteln dargestellt, können Schadstoffbelastungen in Sedimenten zu einer negativen Beeinträchtigung der Organismen und der vorhandenen Biozönose führen. Beim Management von Baggergut ist daher eine Verschlechterung des Biotops und damit eine Erhöhung des Belastungspotenzials der Sedimente möglichst zu vermeiden. Um positive und negative Veränderungen im betrachteten System und eine Erhöhung oder Verringerung des Belastungspotenzials der Sedimente durch ein geändertes Sedimentmanagement erfassen zu können, sollten regelmäßige ökotoxikologische Untersuchungen erfolgen. Vorrangig ist hierbei das ökotoxikologische Belastungspotenzial von Sedimenten über die Erfassung der integralen Wirkeffekte gegenüber ausgewählten Biotestsystemen zu betrachten (siehe Kapitel 6.4). Darüber hinaus sollten, wie in Kapitel 6.4.1 angeführt, nach Bedarf auch weiterführende Untersuchungen, z. B. zu chronischen Wirkeffekten auf Organismen und zu weiteren biologischen Endpunkten, durchgeführt werden.

Im Zuge des Sedimentmanagements können sich in Abhängigkeit vom betrachteten Bereich und der durchgeführten Managementmaßnahme folgenden Fragestellungen zu den zuvor angeführten Themenbereichen ergeben:

- > Gibt es positive oder negative Entwicklungen im ökotoxikologischen Belastungspotenzial der Sedimente im Bereich der Verbringstelle?
- > Ist ggf. eine Beeinträchtigung der Lebensgemeinschaften durch Wirkungen des Baggergut-/Sedimentmanagements festzustellen?
- > Sind mögliche Veränderungen in einem Verbringbereich auf die Umlagerungsstrategie und eine Baggergutumlagerung zurückzuführen?
- > Sind im Baggergut der Baggerbereiche selbst langfristig positive oder negative Veränderungen des ökotoxikologischen Belastungspotenzials festzustellen? Sind diese ggf. auf eine Veränderung der anteiligen Feinkornfraktionen zurückzuführen oder auf veränderte Schadstoffbelastungen in der Fraktion selbst?
- > Können weitere Maßnahmen durchgeführt werden, um Sedimentbelastungen in einzelnen Bereichen oder im gesamten Systembereich langfristig zu reduzieren?

Um die oben angeführten Fragestellungen zu Veränderungen des Systems erfassen zu können, sollten auch künftig Längsuntersuchungen in der Tideelbe durchgeführt werden, mit denen der großräumige ökotoxikologische Zustand und dessen langfristige Entwicklung erfasst werden können. Um Veränderungen im Tideelbesystem durch das ausgeübte Sedimentmanagement erfassen zu können, ist der Tideelbebereich ggf. bis einschließlich Geesthacht zu berücksichtigen. Zur Erfassung solcher langfristigen und großräumigen Veränderungen des Belastungspotenzials der Sedimente in der Tideelbe wird die bisherige Untersuchungsfrequenz (ca. alle 4 bis 6 Jahre) weiterhin zunächst als ausreichend erachtet. Bei entsprechenden Hinweisen auf eine ungewöhnliche Veränderung in der Sedimentbelastung aus dem chemischen Sedimentanalyseprogramm kann es ggf. erforderlich sein, die Untersuchungsfrequenz und die Anzahl der entnommenen Proben für bestimmte Abschnitte zu erhöhen. Untersuchungen zu kleinräumigen Veränderungen können ggf. in Abhängigkeit von der gewählten Umlagerungsstrategie/Baggergutbelastung erforderlich werden und sind maßnahmenabhängig abzustimmen, hierbei sind u. a. die Anforderungen der Handlungsanweisungen für den Umgang mit Baggergut zu berücksichtigen.

Die oben angeführten Fragestellungen sind allerdings nicht bei jeder Managementstrategie bzw. Verbringungsmaßnahme durch ein entsprechendes Monitoring zu begleiten. Bei umgelagertem Baggergut mit nicht nachweisbaren oder nur geringen ökotoxikologischen Belastungen kann z. B. auf begleitende Untersuchungen verzichtet werden oder der Untersuchungsumfang bzw. die Untersuchungsfrequenz können reduziert werden. Dies gilt ebenfalls für Maßnahmen, bei denen eine kleinräumige Umlagerung von Baggergut in Bereiche mit ähnlichen Belastungsprofilen erfolgt.

Mögliche durchzuführende Monitoringuntersuchungen sind unbedingt in Abstimmung mit den anderen Fachbereichen zu konzipieren, um hierüber auch fachübergreifende Zusammenhänge und ggf. vorhandene Abhängigkeiten erfassen zu können.

### 9.3.3 Makrozoobenthos

Parallel zu den Längsuntersuchungen zum ökotoxikologischen Zustand der Tideelbe (vgl. Kapitel 9.3.2) sollte alle 4 bis 6 Jahre eine Untersuchung des Makrozoobenthos erfolgen. Die bereits in der Vergangenheit praktizierte kombinierte Durchführung beider Zustandserfassungen ist sinnvoll, damit (wie bereits in Kapitel 9.3.2 diskutiert) fachübergreifende Zusammenhänge und ggf. vorhandene Abhängigkeiten besser erfasst werden können.

Um den Einfluss von Sedimentumlagerungen als einen wesentlichen Einflussfaktor auf Veränderungen in der Benthosfauna der Tideelbe zukünftig besser beurteilen zu können, wird weiterhin in Ergänzung zur nächsten Längsuntersuchung eine grundlegende Laboruntersuchung angeregt.

In einer Reihe von Untersuchungen in der Tideelbe wurde versucht, den Einfluss der Sedimentumlagerung auf die Benthosfauna in der Tideelbe zu bestimmen (u. a. BioConsult 2003a, 2003b, 2004a, 2004b, 2004c, 2004d, 2004e), aber in keinem dieser Berichte wurde die Überlebensfähigkeit von Benthosarten bei Sedimentüberdeckung getestet. Diese ist aber für die Interpretation der Ergebnisse von hoher Bedeutung.

In der Laborstudie sollten die wesentlichen Faktoren, die einen Einfluss auf die Überlebensrate der Tiere haben, getestet werden. Hierzu gehören die Faktoren Überdeckungshöhe, die Sedimentzusammensetzung und Temperatur. Dieses Experiment sollte mit den häufigsten Arten in der Tideelbe durchgeführt werden.

Das Ergebnis wird Hinweise darauf liefern, welche Arten bei welcher Kombination von Sedimentzusammensetzung und Überdeckungshöhe noch überlebensfähig sind. Ein solches Resultat lässt Rückschlüsse auf die Empfindlichkeit der Arten gegenüber Sedimentumlagerungen zu. Durch eine Verknüpfung dieser Information mit dem Vorkommen der Arten in der Tideelbe können so Bereiche identifiziert werden, in denen eine Sedimentumlagerung geringeren Einfluss auf die Benthosbesiedelung hat und besser eingeschätzt werden, wo Bereiche liegen, die empfindlicher reagieren.

### 9.3.4 Fische

Für eine zukünftige Unterbringung von Feinsedimenten gemäß der Empfehlungen von Kapitel 8 werden sehr geringe/keine (stromauf MaxTrüb, stromab MaxTrüb, Nordsee) bzw. geringe (MaxTrüb) Auswirkungen auf die Fischfauna erwartet (Tabelle 8). Um diese Einschätzung nach Umstellung des Sedimentmanagements zu überprüfen, sollten die Daten aus den für die WRRL durchgeführten Befischungen herangezogen und ausgewertet werden. Diese Befischungen decken den gesamten Längsverlauf der Tideelbe ab und werden im Frühjahr und Herbst mittels Hamen durchgeführt (IKSMS 2008). Der Datenvergleich „Vor-Umstellung-Sedimentmanagement“/„Nach-Umstellung-Sedimentmanagement“ kann allerdings nur auf „grobe“ Veränderungen der Fischbesiedelung hinweisen. Derartige Veränderungen müssen hinsichtlich möglicher kausaler Zusammenhänge zum Sedimentmanagement analysiert werden. Bei Verdacht auf einen ursächlichen Zusammenhang zwischen festgestellten Beeinträchtigungen und geändertem Sedimentmanagement sind ggf. weiter-

führende Untersuchungen, z. B. mit höherer räumlicher und zeitlicher Auflösung in betroffenen Gewässerbereichen erforderlich.

Die Daten (teilweise erweiterter) Befischungen für die WRRL werden im Tideelbebereich von den Ländern auch genutzt, um die Erhaltungszustände relevanter FFH-Arten wie der Finte in mehrjährigen Zeitabständen zu bewerten. Teilweise werden auch vertiefende Untersuchungen durchgeführt. Diese Daten (WRRL-Daten plus Daten aus vertiefenden Untersuchungen) sollten ebenfalls einer „Vorher-Nachher-Analyse“ unterzogen werden, um die fischökologischen Prognosen im Sinne einer Beweissicherung zu prüfen.

Speziell für die Finte (FFH, Anhang II) wurden bereits umfangreiche Untersuchungen zum Verlauf der Laichzeit sowie zum raum-zeitlichen Auftreten von Laich und Larven in den Jahren 2011, 2012 und 2013 im Auftrag des WSA Hamburg durchgeführt. Die Ergebnisse sollen u. a. Aufschluss darüber geben, ob und ggf. wo und wann Beeinträchtigungen durch Baggerungen und Umlagerungen auftreten können und wie diese ggf. vermieden oder minimiert werden können. Da die empfohlene Änderung des Sedimentmanagements die für die Reproduktion der Finte wichtigen Bereiche entlastet, ist eine Wiederholung dieser sehr umfangreichen Untersuchungen zur Überprüfung der Auswirkungen des geänderten Sedimentmanagements nicht zwingend geboten.

### 9.3.5 Vegetation

#### Schierlings-Wasserfenchel

Der Erhaltungszustand der prioritären Art Schierlings-Wasserfenchel muss nach FFH-Richtlinie von den Mitgliedsstaaten verpflichtend mindestens alle sechs Jahre überwacht werden. Durchgeführt wird das Monitoring im Rahmen der FFH-Berichtspflichten durch das MLUR Schleswig-Holstein, BSU Hamburg und NLWKN Niedersachsen. Im Jahr 2002 entschieden Vertreter der Landesämter Schleswig-Holstein, Hamburg und Niedersachsen gemeinsam mit einer Expertengruppe, eine jährliche Beobachtung der bekannten Vorkommen durchzuführen.

Darüber hinaus wird die Qualitätskomponente Makrophyten gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie in der Tideelbe im Rahmen des Koordinierten Elbemessprogramms (KEMP) untersucht und bewertet. Der Schierlings-Wasserfenchel ist Bestandteil der Qualitätskomponente.

Künftig werden des Weiteren Untersuchungen im Rahmen der Erfolgskontrollen zu den im LBP festgelegten Kohärenzmaßnahmen für die Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an 14,5 m tiefgehende Containerschiffe folgen.

Die in der Systemstudie vorgeschlagenen strategischen Empfehlungen für das Baggergutmanagement stehen im Einklang mit den Zielsetzungen der Vegetation. Negative Auswirkungen auf die Bestände oder Einzelvorkommen des Schierlings-Wasserfenchels sind durch die Strategieumstellung nicht zu erwarten, weshalb von einem über die derzeitigen Monitoringaktivitäten hinausgehenden Untersuchungsprogramm abgesehen werden kann.

## Seegras

Die in der Systemstudie ebenfalls behandelten Seegrasbestände werden derzeit über das Biologische Monitoring - Flora - Makrophyten im Rahmen des aktuellen Messprogramms der Arbeitsgemeinschaft Bund/Länder-Messprogramm für die Meeresumwelt von Nord- und Ostsee (BLMP) erfasst:

### Eulitoral der Küstengewässer

Flächenhafte Erfassung von Seegraswiesen mittels Fernerkundung und in-situ (als ground truthing). In Schleswig-Holstein und Niedersachsen werden jeweils unterschiedliche Methoden angewendet (vgl. BLMP 2012; NLWKN 2010):

- > Schleswig-Holstein: Es wird nach einer Methode von K. Reise gearbeitet (siehe Dolch et al. 2009). Diese beinhaltet Überflüge (3x pro Jahr im Sommer) zur räumlichen Kartierung und Bestimmung der Gesamtfläche von Seegras und terrestrische Untersuchungen zur Verifizierung der Flugdaten. Zudem wird jährlich 1/6 des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres auf Seegraswiesen kartiert, so dass innerhalb eines WRRL-Bewirtschaftungszeitraums der gesamte Seegras-Bestand erfasst wird.
- > Niedersachsen: Gesamterfassung durch Befliegung (Bildflug) in Verbindung mit Feldkartierung (alle 6 Jahre). Jährliche Beprobung ausgewählter Seegraswiesen (Dauermessstellen) zur Validierung der Befliegung sowie zur Erfassung der annualen Variabilität des Seegrases innerhalb des 6-Jahres-Zeitraums und kennzeichnender Begleitparameter (u. a. Dichte, Artenzusammensetzung, Biomasse).

### Sublitoral der Küstengewässer

- > Makrozoobenthos-Proben werden auf das Auftreten von Seegras hin überprüft, um Anhaltspunkte für ein Wiederauftauchen sublitoralen Seegrases zu erhalten (jährlich).

Beim biologischen Monitoring im Rahmen des aktuellen Messprogramms der Arbeitsgemeinschaft BLMP finden die Überwachungsanforderungen der verschiedenen EG-Richtlinien (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, Wasserrahmenrichtlinie, Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, Vogelschutz-Richtlinie), Meeresschutz-Übereinkommen (OSPAR, HELCOM, Trilaterales Monitoring- und Bewertungsprogramm) und anderer Regelwerke Berücksichtigung.

Die Strategievorschläge für die künftige Unterbringung von Feinsediment lassen keine Auswirkungen auf die rezenten Seegrasvorkommen im Dithmarscher Wattbereich und um die Insel Neuwerk erwarten, weshalb von einem über die derzeitigen Monitoringaktivitäten hinausgehenden Untersuchungsprogramm abgesehen werden kann.

## 10 Literaturverzeichnis

- Ackermann, F. & Schubert, B. (2007): Trace metals as indicators for the dynamics of (suspended) particulate matter in the tidal reach of the River Elbe. In: Förstner, U. & Westrich, B. (eds.): *Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers*, Chapter 7.4, S. 296 - 304. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Adam, B.; Faller, M.; Gischkat, S.; Hufgard, H.; Löwenberg, S. & Mast, N. (2012): Ergebnisse nach einem Jahr fischökologischen Monitorings am Doppelschlitzpass Geesthacht. *WasserWirtschaft* 102 (4), S. 49 - 57.
- Adolph, W. (2009): *Praxistest Monitoring Küste 2008 - Seegraskartierung. Gesamtbestands- erfassung der eulitoralischen Bestände im Niedersächsischen Wattenmeer und Beratung nach Wasserrahmenrichtlinie. Berichte des NLWKN 2009.*
- Anlage zur Verordnung über die Raumordnung in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone in der Nordsee (AWZ Nordsee-ROV) vom 21.09.2009 (Textteil und Kartenteil). Anlagenband zum Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 61 vom 25. September 2009.
- Anonymus (2009): *Gemeinsame Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern (GÜBAK) zwischen der Bundesrepublik Deutschland und den fünf Küstenländern, August 2009, 39 S.*
- Arbeitsgruppe Elbeästuar (2012): *Integrierter Bewirtschaftungsplan für das Elbeästuar.* <http://www.natura2000-unterelbe.de/links-Gesamtplan.php>
- ARGE Elbe (1980): *Schwermetalldaten der Elbe. Bericht über die Ergebnisse der Schwermetalluntersuchungen im Elbabschnitt von Schnackenburg bis zur Nordsee 1979/1980.*
- ARGE Elbe (1996): *Umgang mit belastetem Baggergut an der Elbe - Zustand und Empfehlungen. 104 S.*
- ARGE Elbe (1999): *Herkunft und Verteilung von Organozinnverbindungen in der Elbe und in Elbenebenflüssen. Bericht der Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe. 134 S.*
- ARGE Elbe (2001): *Biologisches Effektmonitoring an Sedimenten der Elbe mit *Potamopyrgus antipodarum* und *Hinia (Nassarius) reticulatus* (Gastropoda: Prosobranchia).- Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe.*
- ARGE Elbe (2004): *Sauerstoffhaushalt der Tideelbe, 7 S.*
- ARGE Elbe (2009): *Jahresfrachten der Elbe von 1985 bis 2009. Persönliche Mitteilung von Herrn Bergemann.*

- ARGE EU-Wasserrahmenrichtlinie (2001): Vorstudie zur Klärung der Relevanz der Gewässerflora (Makrophyten, Angiospermen, Großalgen) für die Bewertung des ökologischen Zustandes im Teileinzugsgebiet Tideelbe. Endbericht. Hamburg.
- BAW - Bundesanstalt für Wasserbau (2008): Wasserbauliche Systemanalyse zur Verlegung der Spülrohrleitung an den NOK-Schleusen Brunsbüttel. Gutachten, Nr. A39550210091, Hamburg.
- BAW - Bundesanstalt für Wasserbau (2009): Gutachten zu Sedimentumlagerungen in der Begegnungsstrecke BAW-DH, Nr. A39550310062.
- BAW - Bundesanstalt für Wasserbau (2011): Untersuchungen der BAW zum Strombau- und Sedimentmanagementkonzept - Grundlagen zur Evaluation des Konzeptes durch externe Experten. Vortrag anlässlich des BAW-Kolloquiums, Hamburg, 22.09.2011.  
[http://vzb.baw.de/digitale\\_bib/kolloquien.php?id=6d6eca0254a0e079756b048e820c3e5b](http://vzb.baw.de/digitale_bib/kolloquien.php?id=6d6eca0254a0e079756b048e820c3e5b)
- BAW - Bundesanstalt für Wasserbau (2012): Model validation and system studies for hydrodynamics, salt and sediment transport in the Elbe Estuary - Basic information for the River engineering and sediment management concept, Nr. A39550310069, Version 1.0, Hamburg.
- BAW - Bundesanstalt für Wasserbau (2013): Handlungsoptionen zur Optimierung der Unterhaltungsstrategie im Mündungstrichter der Tideelbe, Nr. A39550310069, Hamburg.
- Behrends, B.; Dittmann, S.; Liebezeit, G.; Kaiser, M.; Knoke, V.; Petri, G.; Rahmel, J.; Roy, M.; Scheiffahrt, G. & Wilhelmssen, U. (2004): Gesamtsynthese Ökosystemforschung Wattenmeer - Zusammenfassender Bericht zu Forschungsergebnissen und Systemschutz im deutschen Wattenmeer. UBA-Texte 03/04, 481 S.
- Below, H. & Bracht, H. (2009): Monitoring der Vorkommen von *Oenanthe conioides* (Schierlings-Wasserfenchel) nach der FFH-Richtlinie. Entwicklung der Populationen in Niedersachsen. Endbericht 2009. Hamburg.
- Bergemann, M. & Stachel, B. (2004). Gewässergütebericht der Elbe 2002. Hamburg, Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe - Wassergütestelle Elbe.
- Bergemann, M. (2004): Die Trübungszone in der Tideelbe - Beschreibung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (1995): Untersuchung der Einbringung von Baggergut aus dem Bereich der Schleuse Brunsbüttel in die Außenelbe. Im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Brunsbüttel. BfG-Bericht 0874, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2000): Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland (HABAB-WSV). 2. überarbeitete Fassung. BfG-Bericht 1251. Koblenz, 41 S.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2002): Untersuchung des ökologischen Entwicklungspotenzials der Unter- und Außenelbe (Ökologische Potenzialanalyse). BfG-Bericht 1346, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2004a): Unveröffentlichte Daten zur Schadstoffbelastung in Sedimenten des Osteriffs von 2001 bis 2004.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2004b): Umweltrisikoeinschätzung und FFH-Verträglichkeitseinschätzung für Projekte an Bundeswasserstraßen. Weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt mit einem Salzwassertiefgang von rd. 14,50 m. BfG-Bericht 1380, Koblenz

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2005): Abschätzung der ökologischen Auswirkungen der Verbringung von Baggergut aus der Hamburger Delegationsstrecke der Elbe auf die Umlagerungsstelle Tonne E3 nordwestlich von Scharhör. BfG-Bericht 1472, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2006): Untersuchung von Bagger- und Umlagerungsbereichen in Unter- und Außenelbe in Anlehnung an HABAK-/HABAB-WSV, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2008a): WSV-Sedimentmanagement Tideelbe - Strategien und Potenziale - eine Systemstudie. Ökologische Auswirkungen der Unterbringung von Wedeler Baggergut. BfG-Bericht 1584. Koblenz, 374 S.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2008b): Überprüfung der ökologischen Auswirkungen der Verbringung von Baggergut aus der Hamburger Delegationsstrecke der Elbe auf die Umlagerungsstelle Tonne E3 nordwestlich von Scharhör - Zwischenbericht 2007. BfG-Bericht 1594, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2009): Überprüfung bioakkumulativer Effekte auf der Umlagerungsstelle Tonne E3 nordwestlich von Scharhör. BfG-Bericht 1642, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2010): Untersuchungen zur Dynamik von Feststoffen und feststoffgebundenen Schadstoffen für den Verbringbereich bei Elbe-km 688/690. BfG-Bericht 1691, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2011a): Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel an der Tideelbe. Bericht 2009/2010. BfG-Bericht 1716, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2011b): Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel an der Tideelbe, Zwischenbericht 2010/2011, Berichtszeitraum Januar 2010 - August 2011. BfG-Bericht 1737, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2011c): BfG-Merkblatt „Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung“ - Ökotoxikologische Untersuchung von Sedimenten, Eluaten und Porenwässern. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2012a): Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel an der Tideelbe. Abschlussbericht. BfG-Bericht 1757, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2012b): Auswirkungsprognose für die Unterbringung von Baggergut im Verbringstellenbereich zwischen Elbe-km 686 und 690. BfG-Bericht 1744, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2013a): Überprüfung der ökologischen Auswirkungen der Verbringung von Baggergut aus der Hamburger Delegationsstrecke der Elbe auf die Verbringstelle Tonne E3 nordwestlich von Scharhörn. BfG-Bericht 1775 - Abschlussbericht 2011. Koblenz, 280 S.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2013b): Untersuchungen nach GÜBAK zum Unterhaltungsbaggergut der Schleusen Brunsbüttel und der Verbringstelle 700. Im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Brunsbüttel. BfG-Bericht 1766, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2013c): Auswirkungsprognose für die Umlagerung von Baggergut aus dem Abschnitt Osteriff auf die Verbringstelle VS 738 in der Außenelbe. Im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Cuxhaven. BfG-Bericht 1800, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2013d): Sedimentmanagement Tideelbe - Strategien und Potenziale - Systemstudie II. Ökologische Auswirkungen der Unterbringung von Feinmaterial. Statusbericht. Im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg. Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-1783, Koblenz.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2013e): Unveröffentlichte Daten aus Schadstoffuntersuchungen der BfG an Dauermessstationen im Elbeästuar und aus Sedimenttiefenprofilen im Elbeästuar; demnächst aus der Feststoffdatenbank über den SedKat WSV-Service der BfG abrufbar.

BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2014, in Vorbereitung): Sedimentmanagement  
Tideelbe - Ökologische Auswirkungen der Unterbringung von sandigem  
Material.

BFH - Büro für Fischerei- und Hydrobiologie (1998): Restverfüllung Vulkanhafen. Antrags-  
unterlagen zur Planfeststellung, Teil 3: Umweltverträglichkeitsstudie. Dipl.-  
Biol. Uwe Kohla im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Wirtschafts-  
behörde, Strom- und Hafenausbau.

BFH - Büro für Fischerei- und Hydrobiologie (2003): Ausbau der Liegeplätze 1 - 3 Predöhl-  
kai (Waltershofener Hafen). Umweltverträglichkeitsstudie. Dipl.-Biol. Uwe  
Kohla im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Wirtschaftsbehörde,  
Strom- und Hafenausbau.

BFH - Büro für Fischerei- und Hydrobiologie (2006): Makrozoobenthos und Fische im west-  
lichen Steinwerder Hafengebiet (Vorhafen und Ellerholzhafen). Fachbeitrag  
zur Umweltverträglichkeitsstudie, Ausbau Liegeplatz 5 Europakai mit Gelän-  
dehinterfüllung sowie Rückbau der Kaianlagen spitze Roßhöft und Sohlver-  
tiefungen. Dipl.-Biol. Uwe Kohla im Auftrag von planula, Planungsbüro für  
Naturschutz und Landschaftsökologie, Hamburg.

BFH - Büro für Fischerei- und Hydrobiologie (2007): Cruise Center II Edgar-Engelhard-Kai.  
Fachbeitrag zur Umweltverträglichkeitsstudie: Makrozoobenthos und Fische.  
Dipl.-Biol. Uwe Kohla im Auftrag des Planungsbüros EGL GmbH, Hamburg.

BFH - Büro für Fischerei- und Hydrobiologie (2008a): Errichtung einer Löschbrücke für  
Tankschiffe im Blumensandhafen. Umweltverträglichkeitsstudie (UVS). Dipl.-  
Biol. Uwe Kohla im Auftrag von Hamburg Port Authority.

BFH - Büro für Fischerei- und Hydrobiologie (2008b): Westerweiterung des CTH. Fachbei-  
trag zur Umweltverträglichkeitsstudie: Aquatische Tiere und Pflanzen. Dipl.-  
Biol. Uwe Kohla im Auftrag von Hamburg Port Authority.

BFH - Büro für Fischerei- und Hydrobiologie (2010): Anpassung Einfahrt Vorhafen und  
Restverfüllung Kohlenschiffhafen. Fachbeitrag zur Umweltverträglichkeits-  
studie: Aquatische Tiere und Pflanzen. Dipl.-Biol. Uwe Kohla im Auftrag von  
BWS GmbH.

BGBI I S. 3107 (2009): Verordnung über die Raumordnung in der deutschen ausschließ-  
lichen Wirtschaftszone in der Nordsee (AWZ Nordsee-ROV) vom 21.09.2009.

BGBI S. 1429 (2011): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer vom 20.07.2011

- Bijkerk, R. (1988): Ontsnappen of begraven blijven. De effecten op bodemdieren van een verhoogde sedimentatie als gevolg van baggerwerkzaamheden. Literatuuronderzoek, rdd aquatic ecosystems. Groningen, 72 S..
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2003a): Beweissicherung zur Fahrrinnenanpassung. Makrozoobenthos in der Außen- und Unterelbe (Fahrrinne). Unterelbe (km 647 - km 653). Ergebnisse Frühjahr 2002 und Vergleich 1999 - 2002. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2003b): Beweissicherung zur Fahrrinnenanpassung Makrozoobenthos in der Außen- und Unterelbe (Klappstelle, Fahrrinne und Transekt Außenelbe). Ergebnisse Frühjahr 2002 und interannueller Vergleich 1999 - 2002. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2004a): Beweissicherung Außenelbe 2003. Jahresergebnisse 2003. Interannueller Vergleich 1999 - 2003. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2004b): Beweissicherung Fahrrinnenanpassung 2003. Fahrrinne Unterelbe (km 647 - km 653). Jahresergebnisse 2003 und interannueller Vergleich 1998 - 2003. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2004c): Beweissicherung Fahrrinnenanpassung 2003. Baggergutablagerungsfläche Twielenfleth, Unterelbe. Jahresergebnisse 2003 und interannueller Vergleich 1998 - 2003. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2004d): Beweissicherung Außenelbe 2003. Ergänzende Erläuterungen zu den Ergebnissen der Klappstelle K 733. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2004e): Monitoring des Zoobenthos im Einbringungsbereich von Hamburger Baggergut bei Neßsand in der Unterelbe. Zusammenfassender Bericht der Untersuchungen 2000 - 2002. Bericht im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Wirtschaftsbehörde, Strom- und Hafenaufbau.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2006): Fischbasiertes Bewertungswerkzeug für Übergangsgewässer der norddeutschen Ästuare. Gutachten im Auftrag der Länder Niedersachsen und Schleswig-Holstein.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2009): Fischfauna des Elbeästuars. Vergleichende Darstellung von Bewertungsergebnissen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie in

den verschiedenen Gewässertypen des Elbeästuars. Gutachten im Auftrag des Sonderaufgabenbereichs Tideelbe, 71 S.

BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2010): Gutachten zur FFH-Erheblichkeit bei der FFH-Verträglichkeitsprüfung zur Fahrrinnenanpassung Unter- und Außenelbe. Gutachten im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord, 134 S.

BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2012a): Untersuchung zur zeitlichen und räumlichen Verteilung von Finteneiern und Fintenlarven in der Elbe bei km 643 sowie im Längsverlauf zwischen km 630 und 680. Eingangsuntersuchung 2011 von Ende April - Anfang Juni 2011. Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg, 78 S.

BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2012b): Die Fischfauna der Verbringstelle Tonne E3 nördlich von Scharhörn - Bestandsentwicklung 2005 - 2011. Entwurf Februar 2012. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag von Hamburg Port Authority, 148 S.

BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2012c): Zeitliche und räumliche Verteilung von Fintenlaichprodukten in der Tideelbe. Untersuchung Frühjahr 2012. Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg, 103 S.

BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2012d): Das Makrozoobenthos auf der Verbringungsstelle Tonne E3 nordwestlich von Scharhörn - Bestandsentwicklung 2005 bis 2011. Bericht im Auftrag von HPA, 97 S.

BLANO - Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (2011): Die Vorbereitung der deutschen Meeresstrategien: Leitfaden zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL-2008/56/EG) für die Anfangsbewertung, die Beschreibung des guten Umweltzustands und die Festlegung der Umweltziele in der deutschen Nord- und Ostsee.

BLANO - Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (2012a): Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie: Anfangsbewertung der deutschen Nordsee nach Artikel 8 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie.

BLANO - Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (2012b): Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie: Beschreibung eines guten Umweltzustands für die deutsche Nordsee nach Artikel 9 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie.

BLANO - Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee (2012c): Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie: Festlegung von Umweltzielen für die deutsche Nordsee nach Artikel 10 Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie.

BLMP (2012): Monitoring-Kennblatt Makrophyten (Stand 2012-06-11). Hamburg.

- BMU - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Nationaler Aktionsplan zum Schutz und zur Erhaltung des Europäischen Störs (*Acipenser sturio*), 83 S.
- BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2007): Leitfaden zur Umweltverträglichkeitsprüfung an Bundeswasserstraßen. Bonn, 39 S. + Anlagen.
- BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012): Leitfaden Umweltbelange bei der Unterhaltung von Bundeswasserstraßen. Gelbdruck.
- Borja, Á.; Franco, J. & Pérez, V. (2000): A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 40, S. 1100 - 1114.
- Botanischer Verein zu Hamburg e. V. (2000 - 2004): E & E Vorhaben „Pilotprojekt Schierlings-Wasserfenchel“. Veröffentlichung der Ergebnisse unter <http://www.bg-web.de/botanischerverein/oenanthe/index.htm> (Stand 24.01.2013).
- Brosse, L. (2003): Caractérisation des habitats des juvéniles d'esturgeon européen, *Acipenser sturio*, dans l'estuaire de la Gironde: Relations trophiques, hiérarchisation et vulnérabilité des habitats. Doktorarbeit: Université Paul Sabatier, Toulouse, 258 S.
- Brumm-Scholz, M.; Fiorino, P.; Ide, I.; Liebe, S.; Oehlmann, J.; Stroben, E. & Watermann, B. (1994): Durch Organozinnverbindungen (TBT) aus Unterwasseranstrichen hervorgerufene Schäden bei der Strandschnecke (*Littorina littorea*). In: Lozan, J. L.; Rachor, E.; Reise, K.; Westernhagen von, H.; Lenz, W. (Hrsg.): Warnsignale aus dem Wattenmeer: wissenschaftliche Fakten. Blackwell-Verlag 1994, ISBN 3-8262-3025-0, S. 159 - 163.
- Burgun, V. (2005): Eléments de connaissance de l'aspe *Aspius aspius* (Linné 1758) du bassin Rhin-Meuse. Rapport de Conseil Supérieur de la Pêche, 58 S.
- Calmano, W. (2001): Untersuchung und Bewertung von Sedimenten - Ökotoxikologische und chemische Testmethoden. Hrsg.: Wolfgang Calmano. Springer-Verlag, ISBN 978-3540421573.
- Dauvin, J.-C.; Rullet, T.; Desroy, N. & Janson, A.-L. (2007): The ecological quality status of the Bay of Seine and the Seine estuary: Use of biotic indices. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 55, 1 - 6. S. 241 - 257.
- Diercking, R. & Wehrmann, L. (1991): Artenschutzprogramm Fische und Rundmäuler in Hamburg. Schriftenreihe der Umweltbehörde Hamburg 38, 126 S.

Dolch, T.; Buschmann, C. & Reise, K. (2009): Seegrasmonitoring im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer 2008. Forschungsbericht zur Bodenkartierung ausgewählter Seegrasbestände. Im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Flintbek.

Dolch, T.; Buschbaum, C. & Reise, K. (2011): Monitoring von Seegras und Grünalgen zur Bewertung des Schleswig-Holsteinischen Wattenmeeres.

Duft, M.; Schmitt, C.; Bachmann, J.; Brandelik, C.; Schulte-Oehlmann, U. & Oehlmann, J. (2007): Prosobranch snails as test organisms for the assessment of endocrine active chemicals - an overview and a guideline proposal for a reproduction test with the freshwater mudsnail *Potamopyrgus antipodarum*. *Ecotoxicology* Vol.16, S. 169 - 182.

Ehrich, S.; Kloppmann, M. H. F.; Sell, A. F. & Böttcher, U. (2006): Distribution and assemblages of fish species in the German waters of North and Baltic Seas and potential impact of windparks. In: Köller, J.; Köppel, J. & Peters, W. (eds.): *Offshore Wind Energy. Research on Environmental Impacts*. Springer Verlag. S. 149 - 180.

Elliott, M. & Dewailly, F. (1995): The structure and components of European estuarine fish assemblages. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 29, S. 397 - 417.

Entelmann, I. (2012): Optimierung von Unterhaltungsstrategien an der Tideelbe. In Tagungsband 14. Gewässermorphologisches Kolloquium 3/2012, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

Essink, K. (1993): Ökologische Folgen von Baggern und Verklappen von Baggergut im Ems-Dollart-Ästuar und im Wattenmeer (Übersetzung von D. O. Steen, WSA Emden 1997). BAGHWAD Produkt 42. Schlussbericht des Projektes Baghwad 3. Bericht DGW-93.020 (Original in Niederländisch, 64 S., 1993 in Haren erschienen), 57 S.

Essink, K. (1996): Die Auswirkungen von Baggergutablagerungen auf das Makrozoobenthos. Eine Übersicht der niederländischen Untersuchungen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-Mitteilung 11, S. 12 - 17.

Europäische Kommission (2009): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document on exemptions to the environmental objectives. Guidance Document No. 20. Technical Report - 2009 - 027.

Europäische Kommission (2011): Leitfaden zur Umsetzung der Vogelschutz- und Habitatrichtlinie in Mündungsgebieten (Ästuaren) und Küstengebieten - unter beson-

derer Berücksichtigung von Hafenenwicklungs- und Baggermaßnahmen.  
50 S., ISBN 978-92-79-19358-3.

EU-WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik - Wasserrahmenrichtlinie/WRRL (Amtsblatt EG, 22.12.2000 L 327/1 - L327/72).

Ökologische  
Auswirkungen  
der Umlagerung  
von Feinmaterial

Endbericht

Faude, U.; Heuner, M.; Bauer, E.-M.; Kleinschmit, B.; Schiewe, J.; Schröder, U. & Schmidlein, S. (2011): Detektion von Störstellen und Neophyten im Ästuarvorland der Elbe mittels neuartiger Fernerkundungsdaten und -verfahren. In: Traub, K. P.; Kohlhus, J. & Lüllwitz, T. (Hrsg): Geoinformationen für die Küstenzone, Beiträge des 3. Hamburger Symposiums zur Küstenzone, 8. Strategie-Workshop zur Nutzung der Fernerkundung im Bereich der BfG/WSV, HCU Hamburg, 06. - 08.10.2010, S. 213 - 224.

BfG-1763

FGG Elbe (2008): Anhörungsdokument zu den wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen in der Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG-Elbe).

<http://www.fgg-elbe.de/anhoerung/wasserbewirtschaftungsfragen.html>

FGG Elbe (2009a): Hintergrundpapier zur Ableitung der überregionalen Bewirtschaftungsziele für die Oberflächengewässer im deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe für den Belastungsschwerpunkt Schadstoffe.

<http://www.fgg-elbe.de/hintergrundinformationen.html>

FGG Elbe (2009b): Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 der Richtlinie 2000/60/EG für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe.

<http://www.fgg-elbe.de/dokumente/fachberichte.html>

FGG Elbe (2013) Schadstoffuntersuchungen an Dauermessstationen der FGG Elbe im Elbeästuar.

<http://www.fgg-elbe.de/elbe-datenportal.html>

FGG Elbe (in Vorbereitung): Altsedimente Tideelbe; Beitrag zum Sedimentmanagementkonzept der FGG Elbe.

FHH - Freie und Hansestadt Hamburg, Wirtschaftsbehörde - Strom- und Hafenbau (1996): Umlagerung von Baggergut aus dem Hamburger Hafen in der Tideelbe. Ergebnisse aus dem Baggergutuntersuchungsprogramm. Heft 7, Hamburg.

FHH - Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (2012): Planfeststellungsbeschluss zur Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe. Hamburg, 23.04.2012. Az.: R/150.1401-200.

- Folk, R. & Ward, W. (1957): Brazos River: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27, S. 3 – 26.
- Freyhof, J. (2009): Rote Liste der im Süßwasser reproduzierenden Neunaugen und Fische (Cyclostomata & Pisces). *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70 (1), S. 291 - 316.
- Fricke, R.; Berghahn, R. & Neudecker, T. (1995): Rote Liste der Rundmäuler und Meeresfische des deutschen Wattenmeer- und Nordseebereichs (mit Anhängen: nicht gefährdete Arten). *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 44, S. 101 - 113.
- Garve, E. (2004): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. 5. Fassung vom 01.03.2004. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 24 (1), Hannover, S. 1 - 76.
- Gatzweiler, J. (2012): Auswertung von Schwebstoffmessungen in der Tideelbe. Bachelorarbeit an der Technischen Universität Darmstadt.
- Gaumert, D. & Kämmereit, M. (1993): Süßwasserfische in Niedersachsen. Hildesheim. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, 161 S.
- Geiß, C.; Sieratowicz, A.; Stange, D. & Oehlmann, J. (2012): Ökotoxikologisches Effektmonitoring an Sedimentproben aus dem Bereich der Tideelbe mit Mollusken. Untersuchungsbericht für die Bundesanstalt für Gewässerkunde. Institut für Ökologie, Evolution & Diversität, Frankfurt am Main.
- Geßner, J.; Tautenhahn, M.; von Nordheim, H. & T. Borchers (2010): Nationaler Aktionsplan zum Schutz und zur Erhaltung des Europäischen Störs (*Acipenser sturio*). Broschüre des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), 83 S.
- Gibbs, J. P.; Bryan, G. W.; Pascoe, P. L. & Burt, G. R. (1987): The use of dog-whelk *Nucella lapillus* as an indicator of tributyltin (TBT) contamination. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, Vol. 67, S. 507 - 523.
- GKSS (2007): Sedimenttransportgeschehen in der tidebeeinflussten Elbe, der Deutschen Bucht und in der Nordsee, GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH, GKSS 2007/20.
- Haesloop, U. (2004): Fischereibiologische Untersuchungen im Rahmen der HABAK/B Elbe. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg, 57 S. + Anhang.

- Hardisty, M. W. (1986): *Petromyzon marinus* Linnaeus, 1758. In: Holcik, J. (ed.): The Freshwater Fishes of Europe, Vol. 1, Part I Petromyzontiformes. Aula-Verlag, Wiesbaden, S. 94 - 116.
- Heininger, P.; Pelzer, J.; Claus, E. & Pfitzner, S. (2003): Results of Long-term Sediment Quality Studies on the River Elbe. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica 31 (2003) 4 - 5, S. 356 - 367.
- Heyer, H. & Schrottke, K. (2013). Aufbau von integrierten Modellsystemen zur Analyse der langfristigen Morphodynamik in der Deutschen Bucht - Aufmod. Gemeinsamer Abschlussbericht für das Gesamtprojekt mit Beiträgen aus allen sieben Teilprojekten.
- HPA - Hamburg Port Authority (2012a): Jahresberichte 2005 - 2011 Neßsand;  
<http://www.hamburg-port-authority.de/de/presse/studien-und-berichte/Seiten/default.aspx>
- HPA - Hamburg Port Authority (2012b): Jahresberichte 2005 - 2011 Tonne E3;  
<http://www.hamburg-port-authority.de/de/presse/studien-und-berichte/Seiten/default.aspx>
- HPA - Hamburg Port Authority & BSU - Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (2012): Übergangsregelung zum Handlungskonzept Unterbringung von Baggergut aus dem Hamburger Hafen in der Stromelbe, 16.03.2012.
- HPA - Hamburg Port Authority & UmweltPlan (2009): Verfüllung Südteil Steinwerder Hafen. Sondergutachten zu Makrozoobenthos- und Fischuntersuchungen.
- HPA - Hamburg Port Authority & WSV - Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (2010): Integrierter Bewirtschaftungsplan Elbeästuar - Fachbeitrag Wasserstraßen und Häfen.  
<http://www.natura2000-unterelbe.de/media/downloads/Fachbeitragschiffahrtdez2010.pdf>
- Hufgard, H., Adam, B. & Schwevers, U. (2013): Schriftenreihe Elbfisch-Monitoring 4, 103 S.
- IBL (2008): Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt. Planänderungsunterlage nach Bundeswasserstraßengesetz. - Fachbeitrag Artenschutz - Untersuchung zur speziellen und artenschutzrechtlichen Prüfung (UsaP). Planänderungsunterlage Teil 6.
- IBL (2010a): Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt. Planänderungsunterlage nach Bundeswasserstraßengesetz, Planänderung

III. Ergänzung des Fachbeitrags Artenschutz, Planänderungsunterlage III,  
Teil 6.

IBL (2010b): Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschiff-  
fahrt. Planänderung III. Fachbeitrag zur Wasserrahmenrichtlinie. Vereinbarkeit  
des Vorhabens mit den Bewirtschaftungszielen nach §§ 27 und 44 WHG. 69 S.

IBL (2013): Ergänzung des Fachbeitrags zur WRRL. Vorsorgliche Bewertung des Vorhabens  
im Hinblick auf das wasserrechtliche Verschlechterungsverbot und das wasser-  
rechtliche Verbesserungsgebot nach dem Maßstab einer strengen Status-Quo-  
Theorie.

IBL & BfBB (2010): Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an 14,5 m tiefgehende  
Containerschiffe. Quantifizierung der vorhabensbedingt zu erwartenden  
Beeinträchtigungen des Schierlings-Wasserfenchels (*Oenanthe coniooides*).

IBL & IMS (2007): Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Container-  
schiffahrt. Planfeststellungsunterlage nach Bundeswasserstraßengesetz.  
Schutzgut Tiere und Pflanzen, aquatisch - Teilgutachten Aquatische Fauna -  
(Bestand und Prognose). Unterlage H.5b. Gutachten im Auftrag des Wasser-  
und Schifffahrtsamtes Hamburg und von Hamburg Port Authority.

IKSE - Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (2008): Die Fischfauna des Elbe-  
stroms - Bewertung nach Wasserrahmenrichtlinie, 31 S.

Jäger-Kleinicke, T. (2003): Die Wiedereinbürgerung des Nordseeschnäpels. In: VDSF -  
Verband Deutscher Sportfischer (Hrsg.): Fisch des Jahres 1999: Der  
Nordseeschnäpel, S. 3 - 11.

Jaklin, S.; Petersen, B.; Adolph, W.; Petri, G. & Heiber, W. (2007): Aufbau einer Bewer-  
tungsmatrix für die Gewässertypen nach EG-WRRL im Küstengebiet der  
Nordsee, Schwerpunkt Flussgebietseinheit Weser und Elbe. Abschlussbericht  
Teil A: Nährstoffe, Fische, Phytoplankton, Makrophyten (Makroalgen und  
Seegras). Berichte des NLWKN 2007. 86 S.

Jankowski, R. (2001): Nahrung und Habitatwahl von Rapfen *Aspius aspius* (Linnaeus 1758)  
der Altersgruppe 0 in der limnischen Tideelbe. Diplomarbeit am Institut für  
Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft der Universität Hamburg, 74 S.

Kammerad, B. (2001a): Zur Geschichte des Schnäpelfanges in der Mittel-elbe. Teil 1.  
Fischer & Teichwirt 52 (5).

Kammerad, B. (2001b): Zur Geschichte des Schnäpelfanges in der Mittel-elbe. Teil 2.  
Fischer & Teichwirt 52 (6).

Kirschbaum, F.; Fredrich, F.; Williot, P. & Gessner, J. (2009): Wiedereinbürgerung des Europäischen Störs (*Acipenser sturio*) in Deutschland - Vorbereitende Maßnahmen und erster Besatz. *Naturschutz und Landschaftspflege in Brandenburg* 18 (3), S. 76 - 82.

KLS (2006): Kraftwerk Moorburg. Fachbeitrag Oberflächengewässer. Konzepte, Lösungen, Sanierungen im Gewässerschutz im Auftrag von Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG.

König, F. & Winterscheid, A. (2013): Use of satellite images for monitoring river systems, Vortrag beim SEFS Symposium, Münster.

Korneck, D.; Schnittler, M. & Vollmer, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (Pteridophyta et Spermatophyta) Deutschlands. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde (28). S. 21 - 187.

Krebs, F. (1988): Der pT-Wert: ein gewässertoxikologischer Klassifizierungsmaßstab. *GIT - Fachzeitschrift für das Laboratorium* 32: S. 293 - 296, zugleich *GIT Edition Umweltanalytik-Umweltschutz* 1, S. 57 - 63.

Krebs, F. (2000): Ökotoxikologische Bewertung von Baggergut aus Bundeswasserstraßen mit Hilfe der pT-Wert-Methode. *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 44. S. 301 - 307.

Krebs, F. (2001): Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung, Baggergutklassifizierung und Handhabungskategorien für Baggergutumlagerungen. In: Calmano, W. (Hrsg.): *Untersuchung und Bewertung von Sedimenten - ökotoxikologische und chemische Testmethoden*. Springer-Verlag, S. 333 - 352.

Krebs, F. (2005): The pT-method as a Hazard Assessment Scheme for sediments and dredged material. In: Blaise, C. & Féraud, J.-F. (eds.): *Small-scale Freshwater Toxicity Investigations, Volume 2: Hazard Assessment Schemes, Chapter 9*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, S. 281 - 304.

Krieg, H.-J. (2007). Überblicksweise Überwachung der Tideelbe. Durchführung der Untersuchung und Bewertung der Oberflächenwasserkörper des Tideelbestroms (QK benthische wirbellose Fauna), Koordinierungsraum Tideelbe (2007). Bericht im Auftrag des Sonderaufgabenbereich Tideelbe - Wasser-gütestelle Elbe.

Krieg, H.-J. (2010a). Najaden-Befischung im Bereich Blumensandhafen (Hamburg 2010). Bergung von Großmuscheln im Maßnahmengbiet Blumensandhafen. Büro Hydrobiologische Untersuchungen und Gutachten HUuG, Tangstedt im Auftrag von Hamburg Port Authority.

- Krieg, H.-J. (2010b): Najaden-Befischung im Haken (Hamburg 2010). Bergung von Großmuscheln im Maßnahmengbiet Haken und Hafenmund. Büro Hydrobiologische Untersuchungen und Gutachten HUuG, Tangstedt im Auftrag von Hamburg Port Authority.
- Krieg, H.-J. (2011): Najaden-Befischung im Reiherstieg (Hamburger Hafen im März 2011). Bergung von Großmuscheln im Maßnahmengbiet des Reiherstieges und deren Umsetzung. Büro Hydrobiologische Untersuchungen und Gutachten HUuG, Tangstedt im Auftrag von Hamburg Port Authority.
- Kurz, H. & Below, H. (2012): Monitoring der Vorkommen von *Oenanthe coniooides* (Schierlings-Wasserfenchel) nach der FFH-Richtlinie. Endbericht 2006 - 2012. Hamburg.
- LANU SH - Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (2004): Länderübergreifender Bericht zur Bestandsaufnahme im Zuge der WRRL für den Koordinierungsraum Tideelbe - C-Ebene - Kategorie Küstengewässer.
- LimnoBios (2009): Das Fischlarvenaufkommen im Bereich des Sedimentfangs bei Wedel. Gutachten im Auftrag von Hamburg Port Authority, 46 S.
- LimnoBios (2011): Fischlarven-Monitoring im Mühlenberger Loch. Gutachten im Auftrag von Hamburg Port Authority, 38 S.
- Magath, V. & Thiel, R. (2013): Stock recovery, spawning period and spawning area expansion of the twaite shad *Alosa fallax* in the Elbe estuary, southern North Sea. *Endangered Species Research* 20, S. 109 - 119.
- McDonnell, D. P.; Nawaz, Z.; Densmore, C.; Clark, J.; Weigel, N. L. & O' Malley, B. W. (1991): High level expression of biologically active estrogen receptor in *Saccharomyces cerevisiae*. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 39(3), S. 291 - 297.
- Meyer, L. & Beyer, K. (2002): Zum Laichverhalten des Meerneunauges (*Petromyzon marinus*) im gezeitenbeeinflussten Unterlauf der Luhe (Niedersachsen). *Verhandlungen der Gesellschaft für Ichthyologie* 3, S. 45 - 70.
- Meyer-Nehls, R. (1998): Auswirkungen der Umlagerung von Baggergut aus dem Hamburger Hafen auf die benthische Lebensgemeinschaft und die Fischfauna der Tideelbe, Literaturstudie. Gutachten im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Wirtschaftsbehörde, Strom- und Hafenaubau, 147 S.
- Meyer-Nehls, R. (2000): Das Wasserinjektionsverfahren - Ergebnisse einer Literaturstudie sowie von Untersuchungen im Hamburger Hafen und in der Untereelbe.

Ergebnisse aus Baggergutuntersuchungen, Heft 8. Freie und Hansestadt  
Hamburg, Wirtschaftsbehörde, Strom- und Hafenausbau. Hamburg.

Michaelis, H. & Reise, K. (1994): Langfristige Veränderungen des Zoobenthos im Watten-  
meer. In: Lozán, J. L.; Rachor, E.; Reise, K.; Westernhagen von, H.; Lenz, W.  
(Hrsg.): Warnsignale aus dem Wattenmeer. Blackwell-Verlag, S. 106 - 116.

Ökologische  
Auswirkungen  
der Umlagerung  
von Feinmaterial

Mierwald, U. & Romahn, K. (2006): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen in Schleswig-  
Holstein. LANU-SH - Natur - RL 18-1. ISBN: 3-937937-06-4, 122 S.

Endbericht

BfG-1763

Mohr, E. (1952): Der Stör. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig KG ,  
ISBN 978-3894325640, 66 S.

Muxika, I.; Borja, Á. & Bonne, W. (2005): The suitability of the marine biotic index (AMBI)  
to new impact sources along European coasts. Ecological indicators 5/1,  
S. 19 - 31.

Neubecker, J. (2010): Schutzkonzept für den endemischen Schierlings-Wasserfenchel  
(*Oenanthe conioides*). Natur und Landschaft 85, Heft 12, Verlag W. Kohl-  
hammer.

Neubecker, J.; Below, H. & Planula (2010): Monitoring des Schierlings-Wasserfenchels  
(*Oenanthe conioides*) in den Hamburger FFH-Gebieten - Erfassung 2009.  
Gutachten im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg. Behörde für  
Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Naturschutz und Landschaftsplanung.

Neubecker, J.; Below, H.; Bracht, H.; Köhler, S.; Obst, G. & Brandt, I. (2012): Monitoring  
des Schierlings-Wasserfenchels (*Oenanthe conioides*) in den Hamburger FFH-  
Gebieten - Erfassung 2011. Gutachten im Auftrag der Freien und Hansestadt  
Hamburg. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Amt für Naturschutz  
und Landschaftsplanung.

Neubecker, J.; Köhler, S.; Obst, G. & Jensen, K. (2005): Der Schierlings-Wasserfenchel.  
Erfolgreiche Ansiedlung einer prioritären FFH-Art an der Elbe. Naturschutz  
und Landschaftsplanung 8. S. 248 - 255.

Neumann, M. (2002): Die Süßwasserfische und Neunaugen Schleswig-Holsteins - Rote Liste,  
3. Fassung - November 2002, Flintbek: Landesamt für Natur und Umwelt des  
Landes Schleswig-Holstein, 58 S.

Newell, R. C.; Seiderer, L. J. & Hitchcock, D. R. (1998): The impact of dredging works in  
coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent  
recovery of biological resources on the sea bed. Oceanography and Marine  
Biology: an Annual Review, Vol. 36, S. 127 - 178.

- NLWKN (2010): Umsetzung der EG-WRRL - Bewertung des ökologischen Zustands der niedersächsischen Übergangs- und Küstengewässer (Stand: Bewirtschaftungsplan 2009). *Küstengewässer und Ästuare* 1/2010. 59 S.
- Nordheim, V. H.; Andersen, O. N. & Thisen, J. (Hrsg.) (1996): Red lists of biotops, flora and fauna of the trilateral wadden sea area. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*. Heft 47. Bonn-Bad Godesberg, 136 S.
- Nordheim, V. H. & Merck, T. (1995): Rote Listen der Biotoptypen, Tier- und Pflanzenarten des deutschen Wattenmeer- und Nordseebereichs. *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz*, Heft 44, Bundesamt für Naturschutz. Bonn-Bad Godesberg, 139 S.
- Obst, G.; Kurz, H. & Köhler, S. (2006): Kartierung potenzieller Standorte des Schierlings-Wasserfenchels an der Unterelbe zwischen Geesthacht und Glückstadt. In Zusammenarbeit mit dem Büro für biologische Bestandsaufnahmen im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, Behörde für Umwelt und Gesundheit, Naturschutzamt, unveröffentlicht.
- OECD (2010): Detailed Review Paper (DRP) on Molluscs Life-Cycle Toxicity Testing. Series on Testing and Assessment, No. 121, JT03284405, Organisation for Economic Co-operation and Development, ENV/JM/MONO (2010)9.
- Oehlmann, J. (1994): Imposex bei Muriciden (Gastropoda, Prosobranchia) -Eine ökotoxikologische Untersuchung zu TBT-Effekten. Cuvillier-Verlag.
- Oehlmann, J. & Schulte-Oehlmann, U. (2003): Endocrine disruption in invertebrates. *Pure and Applied Chemistry* Vol. 75, No. 11 - 12, S. 2207 - 2218.
- Oetken, M.; Bachmann, J.; Schulte-Oehlmann, U. & Oehlmann, J. (2004): Evidence for endocrine disruption in invertebrates. *International Review of Cytology* 236, S. 1 - 44.
- Petermeier, A. & Schöll, F. (1994): Historische Entwicklung der aquatischen Lebensgemeinschaft (Zoobenthos und Fischfauna) im deutschen Abschnitt der Elbe. BfG-Bericht 0832, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Petermeier, A.; Schöll, F. & Tittizer, T. (1996): Die ökologische und biologische Entwicklung der deutschen Elbe. Ein Literaturbericht. *Lauterbornia* 24, 95 S.
- Poppendieck, H.-H.; Bertram, H.; Brandt, I.; Engelschall, B. & Prandzinski, J. (2010): Der Hamburger Pflanzenatlas von A bis Z. Dölling & Galitz Verlag, 512 S.
- Quick, I.; Schöl, A.; Mäueler, J.; Gehres, N. & Schriever, S. (2011): Auswirkungen der Wasserinjektionsbaggerung im Unteren Vorhafen der Schleuse Herbrum auf

den Sedimenthaushalt und die Sauerstoffverhältnisse der Tideems. BfG  
Veranstaltungen 2/2011 „Umweltauswirkungen von Wasserinjektions-  
baggerungen“.

- Rachor, E. (1982). Indikatorarten für Umweltbelastungen im Meer. Decheniana-Beihefte  
(Bonn) 26. S. 128 - 137. Ökologische  
Auswirkungen  
der Umlagerung  
von Feinmaterial
- Rachor, E. & Nehmer, P. (2003): Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller  
Lebensräume in der Nordsee. Abschlussbericht für das F+E-Vorhaben FKZ  
899 85 310 (Bundesamt für Naturschutz). Endbericht  
BfG-1763
- Rat der Europäischen Gemeinschaft (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai  
1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere  
und Pflanzen. Amtsblatt der europäischen Gemeinschaften. Reihe L 206,  
S. 7 - 50.
- Reihwald, F. (2012). Auswertungen von Trübungs- und Schwebstoffgehaltsmessungen der  
Wasser- und Schifffahrtsverwaltung in der Tideelbe, Bachelorarbeit im  
Studiengang Wasserwirtschaft, Hochschule Magdeburg Stendal.
- Reise, K.; Jager, Z.; de Jong, D.; van Katwijk, M. & Schanz, A. (2005): Seagrass. In: Essink,  
K.; Dettmann, C.; Farke, H.; Laursen, K.; Lüerßen, G.; Marencic, H. & Wier-  
singa, W. (eds.). Wadden Sea Quality Status Report 2004. Common Wadden  
Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany. S. 155 - 160.
- Ridgway, J. & Shimmiel, G. (2002): Estuaries as Repositories of Historical Contamination  
and their Impact on Shelf Seas. Estuarine, Coastal and Shelf Science, Vol. 55,  
Issue 6, S. 903 - 928.
- Schäfer ,S.; Karrasch, M.; Hentschke, U. & Warendorf, D.-S. (2012): Bioakkumulation in  
aquatischen Organismen an einer Verbringstelle für Baggergut in der Deut-  
schen Bucht (Nordsee). Mitteilungen der Fachgruppe für Umweltchemie und  
Ökotoxikologie, Gesellschaft Deutscher Chemiker, ISSN 1618-3258, Jahrgang  
18, Heft 1/2012, S. 2 - 5.
- Schöl, A.; Hein, B.; Wyrwa, J. & Viergutz, C. (2014): Projektionen für den Sauerstoff-  
haushalt des Elbe-Ästuars - Folgen für die Sedimentbewirtschaftung und das  
ökologische Potenzial. Schlussbericht KLIWAS-Projekt 3.08. KLIWAS-  
42/2014. DOI: 10.5675/Kliwas\_42/2014\_3.08
- Schubert, B. & Hummel, D. (2008): Sedimentation areas of the Elbe estuary as secondary  
sources of contamination. Magdeburger Gewässerschutzseminar 2008,  
07.-10.10.2008, Magdeburg, S. 137 - 139.

- Schubert, H.-J. (2005): Kontrolluntersuchungen im Fischaufstieg am Elbewehr bei Geesthacht. Oktober - Dezember 2004. Arbeitsbericht im Auftrag der Wassergüte-stelle Elbe, 20 S.
- Schulte-Oehlmann, U; Oehlmann, J.; Bauer, B.; Fiorini, P.; Oetken, M.; Heim, M. & Markert, B. (2001): TBT-Effektmonitoring im Süßwasser: Beeinträchtigung der Fertilität limnischer Vorderkiemerschnecken. In: Oehlmann, J & Markert, B. (Hrsg.): Ökotoxikologie - Ökosystemare Ansätze und Methoden, Landsberg, Ecomed Verlag, S. 350 - 363.
- Schwarzbauer, J.; Claus, E.; Heininger, P. & Neumann-Hensel, H. (2009): Effektorientierte Untersuchungen zur Algentoxizität fraktionierter Porenwässer und Eluate aus Elbesedimenten. Umweltwissenschaften und Schadstoffforschung 21, Nr. 3. ISSN 1865-5084, S. 267 - 271.
- Simboura, N. & Reizopoulou, S. (2007): A comparative approach of assessing ecological status in two coastal areas of Eastern Mediterranean. Ecological Indicators Nr. 7/2. ISSN 1470-160X, S. 455 - 468.
- smile consult (2012): Morphodynamik des Elbmündungstrichters. Langfristige und großräumige Einordnung. Bericht im Auftrag der BAW-DH. Hannover.
- Steinmann, I. & Bless, R. (2004): Fische und Rundmäuler (Pisces et Cyclostomata) der FFH-Richtlinie. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 69, Bd. 2: Wirbeltiere, S. 199 - 341.
- Stiller, G. (2013): Untersuchung und Bewertung der Qualitätskomponenten Makrophyten und Angiospermen in der Tideelbe gemäß EG-WRRL im Rahmen des koordinierten Elbemessprogramms 2012. Endbericht. Hamburg.
- Sudfeldt, C.; Doer, D.; Hötter, H.; Mayr, C.; Unselt, C.; Lindeiner, A. & Bauer, H.-G. (2002): Important Bird Areas (Bedeutende Vogelschutzgebiete) in Deutschland. Ber. Vogelschutz 38. S. 17 - 109.
- Sutherland, R. A. (1998): Loss-on-ignition estimates of organic matter and relationships to organic carbon in fluvial bed sediments. Hydrobiologica 389, Springer Verlag, Netherlands, S. 153 - 167.
- Thiel, R. (2011): Die Fischfauna europäischer Ästuar. Eine Strukturanalyse mit Schwerpunkt Tideelbe. Dölling & Galitz Verlag, 157 S.
- Thiel, R. & Salewski, V. (2003): Verteilung und Wanderung von Neunaugen im Elbeästuar (Deutschland). Limnologica 33, S. 214 - 226.

- Thiel, R.; Sepulveda, A. & Oesmann, S. (1996): Occurrence and distribution of twaite shad (*Alosa fallax* Lacepede) in the lower Elbe River, Germany. In: Kirchhofer, A. & Hefti, D. (eds.): Conservation of Endangered Freshwater Fish in Europe. Basel. Birkhäuser Verlag, S. 157 - 170.
- Voß, J.; Knaack, J. & von Weber, M. (2010): Ökologische Zustandsbewertung der deutschen Übergangs- und Küstengewässer 2009. Meeresumwelt Aktuell Nord- und Ostsee 2010/2, 12 S.
- Wetzel, M. A.; von der Ohe, P. C.; Manz, W.; Koop, J. H. E. & Wahrendorf, D.-S. (2012): The ecological quality status of the Elbe estuary. A comparative approach on different benthic biotic indices applied to a highly modified estuary. Ecological Indicators 19, S. 118 - 129.
- WSA Cuxhaven (2012): Baggermengen am Osteriff und Oberwasser. Ein fraglicher Zusammenhang? Gewässerkundlicher Bericht 1/2012, Cuxhaven.
- WSA Hamburg (2013): Gewässerkundlicher Bericht 1/2013, Morphologische Strukturen im Fahrrinnenbereich der Tideelbe - Ein Beitrag zum Reviersteckbrief Tideelbe.
- WSA Hamburg & HPA - Hamburg Port Authority (Hrsg.) (2012): Anpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Abschlussbericht zur Beweissicherung (Bericht 2011). <http://www.portal-tideelbe.de/Projekte/FRA1999/Beweissicherung/bericht2011/index.html>  
[http://www.schleswig-holstein.de/LLUR/DE/Service/Vortraege/Monitoring\\_PDF/Monitoring\\_Seegras\\_\\_blob=publicationFile.pdf](http://www.schleswig-holstein.de/LLUR/DE/Service/Vortraege/Monitoring_PDF/Monitoring_Seegras__blob=publicationFile.pdf)
- WSA Lauenburg (2011): Gewässerkundliche Daten des Wasser- und Schifffahrtsamtes Lauenburg.
- WSD Nord (2012): Planfeststellungsbeschluss für die Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe für 14,5 m tiefgehende Containerschiffe, 23. April 2012.
- WSD Nord & HPA - Hamburg Port Authority (2008): Strombau- und Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe. 1. Juni 2008. 33 S.

## 11 Abkürzungen

ARGE Elbe	Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe
AWB	Artificial water bodies
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BAW-DH	Bundesanstalt für Wasserbau - Dienststelle Hamburg
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
BSU	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg
BWaStr	Bundeswasserstraße
Chla	Chlorophyll a
DMS	hier: Dautermessstation(en)
DOC	gelöstes organisches Material
FAP	hier: Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe für 14,5 m tiefgehende Containerschiffe
F:E	Das Verhältnis Flut- zu Ebbestromgeschwindigkeiten
FFH-Richtlinie	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie
FHH	Freie und Hansestadt Hamburg
FGG Elbe	Flussgebietsgemeinschaft Elbe
GDWS	Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, vormals Wasser- und Schifffahrtsdirektion
GÜBAK-WSV	Gemeinsame Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut im Küstenbereich
HABAB-WSV	Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland
HABAK-WSV	Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich
HQ	Höchster Wert der Abflüsse in einer Zeitspanne
HHQ	Höchster bekannter Wert der Abflüsse in einer Zeitspanne
HMWB	heavily modified water bodies
HPA	Hamburg Port Authority

		Bundesanstalt für Gewässerkunde
		Sediment- management Tideelbe Strategien und Potenziale Systemstudie II
HW	Höchster Wert der Wasserstände in einer Zeitspanne	
IBP	Integrierter Bewirtschaftungsplan	
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe	Ökologische Auswirkungen der Umlagerung von Feinmaterial
MaxTrüb	Maximale Trübungszone	
MHQ	Mittlerer höchster Wert der Abflüsse in einer Zeitspanne	Endbericht
MQ	Mittlerer Wert der Abflüsse in einer Zeitspanne	BfG-1763
MSRL	Europäische Meeresstrategie- Rahmenrichtlinie	
MThb	Arithmetischer Mittelwert der Tidehübe in einer Zeitspanne	
MThw	Arithmetischer Mittelwert der Tidehochwasser in einer Zeitspanne	
MTnw	Arithmetischer Mittelwert der Tideniedrigwasser in einer Zeitspanne	
NE	hier: Nebelbe	
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz	
NOK	Nord-Ostsee-Kanal	
NQ	Niedrigster Wert der Abflüsse in einer Zeitspanne	
NNQ	Niedrigster bekannter Wert der Abflüsse in einer Zeitspanne	
NSG	Naturschutzgebiet	
OSPAR	Völkerrechtlicher Vertrag zum Schutz der Nordsee und des Nordostatlantiks	
POC	Purgeable Organic Carbon, ausblasbarer organischer Kohlenstoff	
POM	Particulate organic matter, partikuläres organisches Material	
pT-Wert	Kenngroße zur ökotoxikologischen Charakterisierung ( <i>potentia Toxicologiae</i> )	
SchFG	hier: Schlickfallgebiet	
SSMK	Strombau- und Sedimentmanagementkonzept	
TBT	Tributylzinn	
Thb	Tidehub	
Thw	Tidehochwasser	
Tnw	Tideniedrigwasser	
TOC	gesamter organischer Kohlenstoff	

Bundesanstalt für  
Gewässerkunde

Sediment-  
management

Tideelbe  
Strategien und  
Potenziale  
Systemstudie II

Ökologische  
Auswirkungen  
der Umlagerung  
von Feinmaterial

Endbericht

BfG-1763

VS

VS

WRRL

WSD

WSV

Verbringstelle

Verbringstellenbereich

Europäische Wasserrahmenrichtlinie

Wasser- und Schifffahrtsdirektion, jetzt

Generaldirektion Wasserstraßen und  
Schifffahrt

Wasser- und Schifffahrtsverwaltung

## 12 Anhang

### Anhang 1: Definition der Bewertungsstufen

#### Feinsedimenthaushalt

Auswirkungen	Definition Bewertungsskala
stabilisierend	In einem stabilen Feinsedimenthaushalt kommt es mittelfristig weder zu einer starken Anreicherung noch zu einer starken Ausräumung von Feinsedimenten. Eine Maßnahme, die im Rahmen des Baggergut- und Sedimentmanagements umgesetzt werden soll und eine Entwicklung des Feinsedimenthaushaltes in die eine oder die andere Richtung (Anreicherung oder Ausräumung) bewirkt, wird je nach Einschätzung der Stärke der Auswirkung als „destabilisierend“ oder als nur „etwas destabilisierend“ bewertet. Bei dieser Bewertung wird auch die Entwicklung der (Teil-) Feinsedimenthaushalte in allen Untersuchungsbereichen (von stromauf MaxTrüb seewärts bis Nordsee (Schlickfallgebiet)) betrachtet. Die schlechteste Prognose für einen Teilbereich bestimmt die Gesamtbewertung. Umgekehrt wird eine stabilisierende Entwicklung mit den Stufen „stabilisierend“ oder nur „etwas stabilisierend“ bewertet.
etwas stabilisierend	
etwas destabilisierend	
destabilisierend	

#### Baggermengenentwicklung

Gegeben und bewertet wird eine Auswirkungsprognose für die Gesamtbaggermengenentwicklung in den Bereichen Hamburg, Wedel/Juelssand, NOK und Osteriff. Konkret wird die mögliche Auswirkung bestimmter Maßnahmen, die im Rahmen des Baggergut- und Sedimentmanagements umgesetzt werden soll, betrachtet. Der Prognose liegt eine mittelfristige Entwicklung der Baggermengen zugrunde. In einzelnen Jahren kann es z. B. aufgrund außergewöhnlicher hydrologischer Randbedingungen zu einem starken Anstieg oder Rückgang der Baggermengen kommen. Die Unterscheidung der Stufen „Abnahme“ und „starke Abnahme“ basiert auf einer qualitativen Einschätzung der möglichen Entwicklungstendenzen.

Auswirkungen	Definition Bewertungsskala
Starke Abnahme	Mittelfristig ist eine starke Abnahme der Baggermengen deutlich unterhalb des Referenzniveaus (vgl. Stufe „mittel“) möglich.
Abnahme	Mittelfristig ist eine Abnahme der Baggermengen unterhalb des Referenzniveaus möglich (vgl. Stufe „mittel“).
Referenzniveau	Mittelfristig muss mit einer Entwicklung der Baggermengen auf Referenzniveau gerechnet werden; dieser wird durch die mittleren Baggermengen im Zeitraum 2005 bis 2011 (der derzeitigen Unterbringungsstrategie) definiert.
Anstieg	Mittelfristig ist ein Anstieg der Baggermengen über Referenzniveau (vgl. Stufe „mittel“) möglich.

## Kreislaufbaggerungen

Auswirkungen	Definition Bewertungsskala
sehr gering/ keine	Die Intensität von Kreislaufbaggerungen wird im Wesentlichen durch drei Parameter bestimmt: Der Anteil des auf einer Unterbringungsstelle untergebrachten Baggergutes, welcher in den Stromauftransport geht (je höher der Anteil, desto intensiver die Kreislaufbaggerung). Für die Bewertung wird der ungünstigere Fall eines niedrigen Oberwasserabflusses angenommen.
gering	Die Gesamtmenge an Baggergut, die möglicherweise auf eine/n Stelle/ Bereich untergebracht werden soll (je größer die Menge, desto intensiver die Kreislaufbaggerung). Zuletzt ist für die Bewertung die Entfernung zum stromauf nächstgelegenen Baggerschwerpunkt für Feinmaterial von Bedeutung (je kürzer die Entfernung, desto intensiver die Kreislaufbaggerung).
mittel	Für die Bewertung werden die Intensitäten der bestehenden Kreislaufbaggerungen miteinander verglichen. Die Kreislaufbaggerungen, die ihren Ursprung auf den Stellen VS 700 und Neßsand haben, gelten bei der derzeitigen Unterbringungsstrategie als sehr intensiv (= hoch). Die anderen Bewertungsstufen werden relativ zu dieser starken Stufe vergeben.
hoch	

## Trübungsverhältnisse

Bewertet wird die Auswirkung von Baggergutunterbringung auf die lokalen Trübungsverhältnisse, die im schlechtesten Fall eine gegenüber der natürlichen Hintergrundtrübung deutlich erhöhte und/oder andauernd erhöhte Trübung bewirkt. Der schlechteste Fall und damit eine starke Auswirkung tritt im Fall großer gebaggerter Feinmaterialmengen, die kontinuierlich in den Wasserkörper eingebracht werden, auf. Von einer kontinuierlichen Einbringung in den Wasserkörper kann man durchaus schon ab zwei Unterbringungsverfahren pro Halbtide sprechen, da in Naturmessversuchen auf der Stelle Neßsand die unterbringungsbedingte Trübungsfahne über einen Zeitraum von wenigen Stunden beobachtet werden konnte.

Auswirkungen	Definition Bewertungsskala
sehr gering/ keine	Relativ zur natürlichen Hintergrundtrübung kann messtechnisch keine erhöhte Trübung nachgewiesen werden.
gering	Relativ zur natürlichen Hintergrundtrübung kann messtechnisch für kurze Zeit eine leicht erhöhte Trübung nachgewiesen werden.
mittel	Eine deutlich erhöhte Trübung relativ zur natürlichen Hintergrundtrübung kann festgestellt werden, bis zum Vorgang der nächsten Unterbringung ist die Trübung jedoch wieder auf das Niveau der natürlichen Hintergrundtrübung zurückgegangen, so dass man in diesem Fall von einer nicht andauernden Auswirkung auf die Trübungsverhältnisse sprechen kann.
hoch	deutlich und andauernd erhöhte Trübung relativ zur natürlichen Hintergrundtrübung, z. B. bei kontinuierlicher Einbringung von Feinsedimenten (< 63 µm).

## Sauerstoff

Auswirkungen/ Ausmaß	Zusätzliche O <sub>2</sub> -Zehrung	Auswirkung auf Sauerstoffhaushalt	Eutrophierungsfolgen
sehr gering/ keine	Baggergut-O <sub>2</sub> - Zehrungsraten sehr gering, Nähr- stoffbeladung sehr gering ( < RW1)	Stabiler Sauerstoff- haushalt, (> 80 %-Sätti- gung), sehr hohe Dynamik und/oder weiträumige Verdün- nung, sehr geringe sohlnahe Defizite möglich	Hohe Trübung unter- drückt Algenwachstum vollständig, Nährstoffgehalte sind nicht limitierend
gering	Baggergut-O <sub>2</sub> - Zehrungsraten gering, Nährstoffbeladung gering (> 1-fach bis < 2-fach RW1)	Überwiegend stabiler Sauerstoffhaushalt, hohe Dynamik und starke Verdünnung, geringe, kurzfristige sohlnahe Defizite möglich	Trübung oder starke Verdünnung unterdrückt Eutrophierungsfolgen weitgehend, Nährstoff- gehalte sind überwie- gend nicht limitierend, somit nur zeitweiliges und sehr geringes Algenwachstum möglich
mittel	Baggergut-O <sub>2</sub> - Zehrungsraten mittel, Nährstoff- beladung mittel ( > 2-fach RW1)	Sauerstoffhaushalt mit deutlichen Defiziten ( < 50 %-Sättigung), mehrere Tiden andauernde sohlnahe Defizite möglich	Geringe Trübung und geringe Verdünnung sowie zeitweise limitie- rende Nährstoffgehalte ermöglichen Eutrophie- rungsfolgen wie vermehrtes Algenwachs- tum

## Schadstoffe

<b>Erwartete Auswirkung/ Ausmaß</b>	<b>Erhöhte Belastung Baggergut gegenüber Unterbringungsstelle</b>	<b>Ausmaß der Schadstoffanreicherung/ Größe des beeinflussten Bereiches</b>	<b>Erhöhung der mobilen Schadstoffmenge an der Unterbringungsstelle im Ästuar/in Nordsee</b>	<b>Beschleunigung des Schadstoffeintrags in die Nordsee</b>
<b>sehr gering</b>	<1,5-fache der Belastung an Unterbringungsstelle	keine nachweisbare Erhöhung der Belastung	in jährl. Baggermenge <10 % / - des jährl. Schadstoffeintrags ins Ästuar	Entfernung Baggerbereich und Unterbringungsstelle <10 km
<b>gering</b>	1,5 - 3-fache der Belastung an Unterbringungsstelle	nicht auszuschließende Erhöhung der Belastung im Nahbereich der Unterbringungsstelle	in jährl. Baggermenge 10 - 25 % / < 10 % des jährl. Schadstoffeintrags ins Ästuar	Entfernung Baggerbereich und Unterbringungsstelle 10 - 35 km
<b>mittel</b>	3 - 6-fache der Belastung an Unterbringungsstelle	Erhöhung der Belastung im Nahbereich der Unterbringungsstelle möglich und/oder nicht auszuschließende Erhöhung der Belastung im größeren Umfeld der Unterbringungsstelle	in jährl. Baggermenge 25 -100 % / 10 - 50 % des jährl. Schadstoffeintrags ins Ästuar	Entfernung Baggerbereich und Unterbringungsstelle 35 -60 km
<b>hoch</b>	> 6-fache der Belastung an Unterbringungsstelle	deutliche Erhöhung der Belastung im Nahbereich der Unterbringungsstelle wahrscheinlich und/oder im größeren Umfeld der Unterbringungsstelle geringe Erhöhung der Belastung möglich	in jährl. Baggermenge >100 %/>50 % des jährl. Schadstoffeintrags ins Ästuar	Entfernung Baggerbereich und Unterbringungsstelle >60 km

## Ökotoxikologie

Die Einstufung und Klassifizierung der ökotoxikologischen Auswirkungen, die mit der Unterbringung von Baggergut verbunden sein können, werden im Folgenden Bewertungsschema angeführt. Die berücksichtigten Wirkaspekte beziehen sich hierbei vorrangig auf die mögliche Verschlechterung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials der Sedimente an der Unterbringungsstelle und dem umgebenden Bereich. Für den Bereich der Nordsee sind entsprechend Kapitel 6.4 und 7.4 auch potenzielle Schadstoffanreicherungen in Biota und adverse Beeinträchtigungen der Organismen in Betracht zu ziehen. Die Einschätzungen sind relativ und integrieren Eintrittswahrscheinlichkeit, Stärke der Auswirkungen und Ausdehnungsbereich der adversen Beeinträchtigungen.

Auswirkungen	Definition Bewertungsskala
sehr gering/ keine	<p>Beim ökotoxikologischen Belastungspotenzial besteht fast kein Unterschied zwischen Baggergut und Sediment im Bereich der Unterbringungsstelle (~ &lt; 1 pT-Stufe). Maßnahmenbedingte erhöhte Schadstoffanreicherungen und adverse Wirkeffekte auf Organismen des Umlagerungsbereiches sind nicht anzunehmen.</p> <p>Insgesamt sind negative Auswirkungen auf die Unterbringungsstelle und den umgebenden Bereich auch bei längerfristigen Maßnahmen nicht anzunehmen oder zu vernachlässigen.</p>
gering	<p>Der Unterschied in der ökotoxikologischen Sedimentbelastung von Bagger- und Umlagerungsbereich ist gering (~ 1 - 2 pT-Stufen). Schadstoffanreicherungen und adverse Wirkeffekte werden nicht erwartet und sind maximal gering.</p> <p>Insgesamt sind anzunehmende negative Auswirkungen bei längerfristigen Maßnahmen eher gering und können nicht ausgeschlossen werden.</p>
mittel	<p>Das Sediment des Baggerbereiches ist ökotoxikologisch deutlich stärker belastet als das Sediment im Umlagerungsbereich (~ 2 - 3 pT-Stufen). Eine Verschlechterung der ökotoxikologischen Sedimentbelastung im weiteren Umlagerungsbereich ist nicht auszuschließen. Schadstoffanreicherungen und adverse Wirkeffekte auf Organismen des Umlagerungsbereiches sind möglich.</p> <p>Insgesamt sind bei längerfristigen Maßnahmen negative Auswirkungen möglich.</p>
hoch	<p>Das Baggergut ist ökotoxikologisch erheblich stärker belastet als das Sediment im Umlagerungsbereich (~ &gt; 3 pT-Stufen). Eine Verschlechterung der Sedimentbelastung an der Unterbringungsstelle und im umgebenden Bereich kann in Abhängigkeit vom Strömungsgeschehen erfolgen. Für die Organismen an der Unterbringungsstelle sind maßnahmenbedingte Schadstoffanreicherungen und toxikologische Wirkeffekte anzunehmen, im weiteren Bereich der Umlagerung können ebenfalls adverse Effekte auf Organismen auftreten.</p> <p>Insgesamt sind bei längerfristigen Maßnahmen negative Auswirkungen anzunehmen.</p>

## Makrozoobenthos

Auswirkungen	Definition Bewertungsskala
sehr gering/ keine	Empfindlichkeit der betroffenen Benthosfauna gegenüber umlagerungsbedingten Störungen ist im betroffenen Bereich gering. Keine Beeinträchtigung von Individuen der Roten Liste.
gering	Empfindlichkeit der Benthosfauna gegenüber Umlagerung und Sedimentation ist im betroffenen Bereich erhöht. Sehr geringe Bestandsrückgänge von Rote-Liste-Arten und geringe Bestandsrückgänge häufiger Arten sind möglich.
mittel	Empfindlichkeit der Benthosfauna gegenüber Umlagerung und Sedimentation ist im betroffenen Bereich erhöht. Geringe Bestandsrückgänge von Rote-Liste-Arten und mittlere Bestandsrückgänge häufiger Arten sind möglich. Es besteht das Risiko der Schadstoffanreicherung und Schädigung von Organismen.
hoch	Empfindlichkeit der Benthosfauna gegenüber Umlagerung und Sedimentation im betroffenen Bereich erhöht. Bestandsgefährdung von Rote-Liste-Arten und Bestandsrückgänge häufiger Arten mit deutlichen Auswirkungen auf das gesamte Nahrungsnetz möglich. Schadstoffanreicherung in den Organismen möglich oder sogar wahrscheinlich.

## Fische

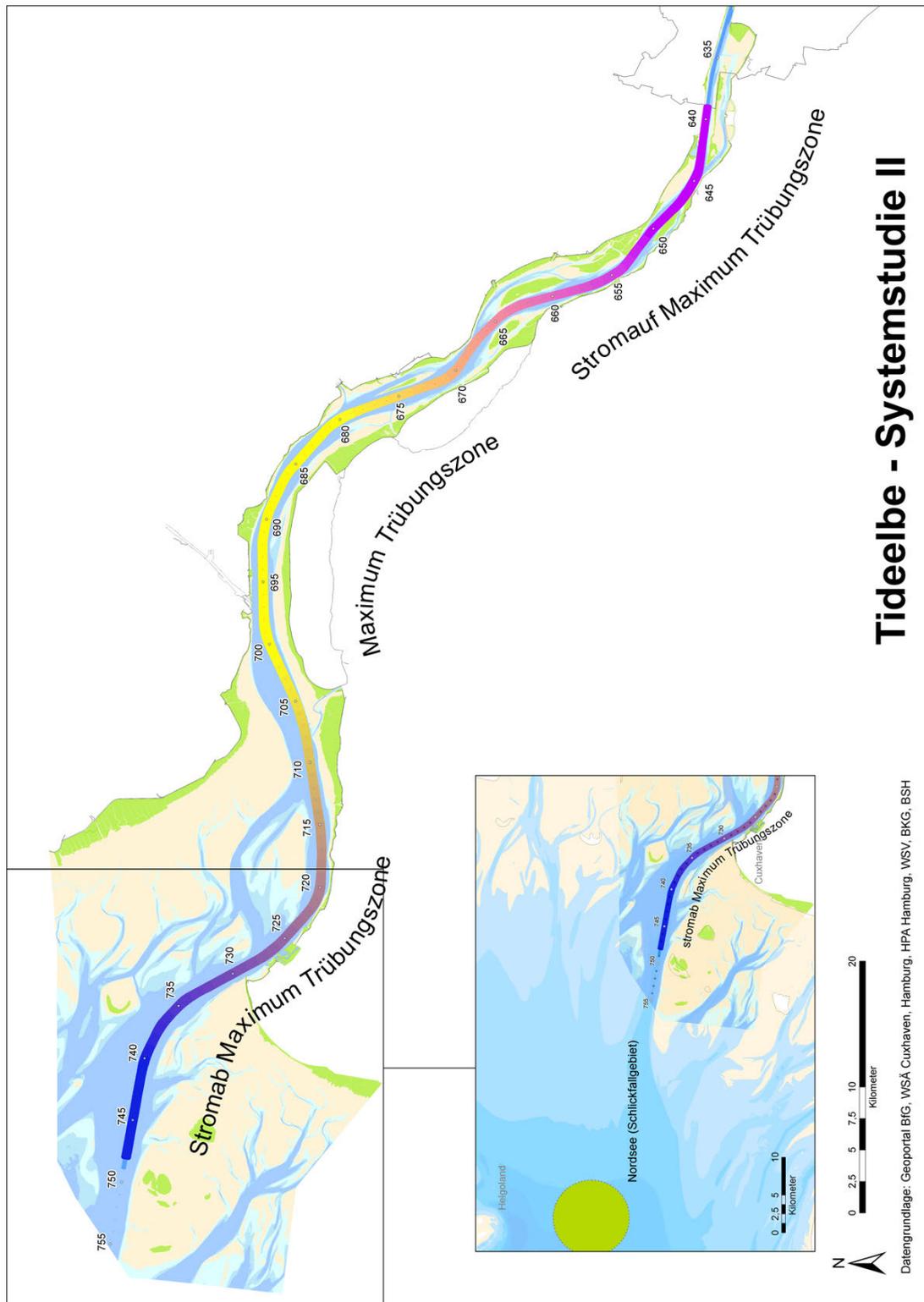
Auswirkungen	Definition Bewertungsskala
sehr gering/ keine (ggf. positiv)	Beeinträchtigung von Individuen gefährdeter Arten (z. B. Finte) und geringe Bestandsrückgänge häufiger Arten mit zentraler Bedeutung im Ökosystem (z. B. Stint, Flunder) sind möglich.
gering	Sehr geringe Bestandsrückgänge gefährdeter Arten und geringe Bestandsrückgänge häufiger Arten sind möglich.
mittel	Geringe Bestandsrückgänge gefährdeter Arten und mittlere Bestandsrückgänge häufiger Arten sind möglich.
hoch	Bestandsgefährdung gefährdeter Arten und Bestandsrückgänge häufiger Arten mit deutlichen Auswirkungen auf das gesamte Nahrungsnetz ist möglich.

## Vegetation

Aufgrund einer derzeit unzureichenden Datengrundlage zu Sensibilitäts- oder Toleranzwerten des Schierlings-Wasserfenchels bezüglich möglicher (Ver-)Änderungen im Feinsedimenthaushalt und gleichzeitiger Unkenntnis über die künftige Populationsentwicklung der Art vor dem Hintergrund natürlicher Prozessabläufe, ist eine Beurteilung, ob eine künftig auftretende Auswirkung x zu einem Anteil y nur auf die geführte Unterhaltungspraxis (Baggergutumlagerung) zurückzuführen ist, nicht möglich.

Da eine potenzielle Auswirkung aus der Baggergutumlagerung nicht in allen Fällen ausgeschlossen werden kann, kann in dieser Systemstudie nur bewertet werden, ob ein Risiko einer negativen Auswirkung besteht (Ja/Nein-Betrachtung). Aussagen über das Ausmaß einer Auswirkung bzw. eine Wertung der Auswirkung (gering, mittel, hoch) sind somit nicht möglich.

## Anhang 2: Übersicht Trübungszone



## Anhang 3: Vorgaben zu Baggermengen

**Tabelle A4-1: Verbringmengen - IST-Zustand**

	Zeitraum	Gesamt (Feinmaterial + Grobmaterial)	davon Feinmaterial	mittlere Menge pro Jahr – nur Feinmaterial -	max. Menge pro Jahr in Zeitraum - nur Feinmaterial
Neßsand (Achtung Profilmäß BASSIN!)	2005 - 2011	20,8 Mio. m <sup>3</sup>	20,8 Mio. m <sup>3</sup>	3,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	6,1 Mio. m <sup>3</sup> in 2005
VSB 686/690	2006 - 2011	18,3 Mio. m <sup>3</sup>	11,5 Mio. m <sup>3</sup>	1,9 Mio. m <sup>3</sup> /a	2,9 Mio. m <sup>3</sup> in 2008
Spülleitung NOK	2006 - 2011	13,7 Mio. m <sup>3</sup>	13,7 Mio. m <sup>3</sup>	2,3 Mio. m <sup>3</sup> /a	2,6 Mio. m <sup>3</sup> in 2009
VS 700	2006 - 2011	21,5 Mio. m <sup>3</sup>	21,5 Mio. m <sup>3</sup>	3,6 Mio. m <sup>3</sup> /a	4,8 Mio. m <sup>3</sup> in 2006
VS 731	2007 - 2011	6,8 Mio. m <sup>3</sup>	2,5 Mio. m <sup>3</sup>	0,5 Mio. m <sup>3</sup> /a	1,0 Mio. m <sup>3</sup> in 2008
VS 738	2009 - 2011	8,9 Mio. m <sup>3</sup>	5,6 Mio. m <sup>3</sup>	1,9 Mio. m <sup>3</sup> /a	3,4 Mio. m <sup>3</sup> in 2010
VS 751	2008 - 2011	5,8 Mio. m <sup>3</sup>	0,8 Mio. m <sup>3</sup>	0,2 Mio. m <sup>3</sup> /a	0,5 Mio. m <sup>3</sup> in 2011
Tonne E3*	2005 - 2010	(6,7 Mio. m <sup>3</sup> )	(6,7 Mio. m <sup>3</sup> )	(1,1 Mio. m <sup>3</sup> /a)	(1,8 Mio. m <sup>3</sup> in 2006)

\* Umlagerung HPA Baggergut bei Tonne E3 von 2005 bis 2010 war zeitlich befristet, nicht Bestandteil der Unterbringungsstrategie im IST-Zustand

**Tabelle A4-2: Annahme Verbringmengen (nur Feinmaterial) – auf 0,5 Mio. m<sup>3</sup>/a gerundete Angaben**

	Stromauf TrübMax	TrübMax			Stromab TrübMax	Nordsee (Schlickfallgebiet)
Referenz- verbringstelle	Neßsand (1) (PB)	VSB 686/690 (2)	VS 700 + Spülleitung	Summe	VS 738 (3) + (VS 731 & 751)	Tonne E3
Szenario 1a	4,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	3,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	6,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	9,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	2,5 Mio. m <sup>3</sup> /a	0 Mio. m <sup>3</sup> /a
Szenario 1b	4,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	3,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	6,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	9,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	2,5 Mio. m <sup>3</sup> /a	0 Mio. m <sup>3</sup> /a
Szenario 2a	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>7 Mio. m<sup>3</sup>/a (4)</b>	6,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>13,0 Mio. m<sup>3</sup>/a (4)</b>	2,5 Mio. m <sup>3</sup> /a	0 Mio. m <sup>3</sup> /a
Szenario 2b	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	3,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	6,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	9,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	2,5 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>4,0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>
Szenario 3a	4,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	6,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>6,0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>5,5 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	0 Mio. m <sup>3</sup> /a
Szenario 3b	4,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	6,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>6,0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	2,5 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>3,0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>
Szenario 4a	4,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	3,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>2,5 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>5,5 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>6,0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	0 Mio. m <sup>3</sup> /a
Szenario 4b	4,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	3,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>2,5 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>5,5 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	2,5 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>
Szenario 5	4,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	3,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	6,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	9,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>2,5 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>
<b>Hypothetische Szenarien für ein verbessertes Systemverständnis</b>						
Szenario Hypo1	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>
Szenario Hypo2	<b>7,0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	6,0 Mio. m <sup>3</sup> /a	<b>6,0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	2,5 Mio. m <sup>3</sup> /a	0 Mio. m <sup>3</sup> /a
Szenario Hypo3	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>	<b>0 Mio. m<sup>3</sup>/a</b>

- (1) Inklusive Mengen nach Tonne E3, Angaben hier in m<sup>3</sup> Profilmäß BASSIN
- (2) Stets inkl. Mehrmenge 1 Mio. m<sup>3</sup>/a wg. FAP, nicht enthalten 1,1 Mio. m<sup>3</sup>/a Grobmaterial
- (3) Nicht enthalten 1,1 Mio. m<sup>3</sup>/a Grobmaterial
- (4) Achtung hier sind m<sup>3</sup> Laderaumvolumen m<sup>3</sup> Profilmäß BASSIN verrechnet worden!

## Anhang 4: Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ)

Im Rahmen der Länderbeteiligung wandte sich der niedersächsische Umweltminister, Dr. Birkner, an Senator Horch (Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation der Freien und Hansestadt Hamburg); u. a. regte er an „...zu prüfen, ob nicht in der AWZ Bereiche identifiziert werden können, bei denen ein durch natürliche Prozesse induzierter Transport ins Küstenmeer ausgeschlossen werden kann.“

Aufgrund dessen wird in der Systemstudie II die Baggergutunterbringung in die Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) Deutschlands unter Beteiligung des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) Hamburg und der Bundesanstalt für Wasserbau Hamburg (BAW-DH) kursorisch geprüft.

In der Deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) existieren vielfältige und noch zunehmende Nutzungen (z. B. Schifffahrt, Fischerei, Offshore-Windenergieparks, Marine, Wissenschaft), die untereinander sowie mit den Umwelt- und Naturschutzzielen zu Konflikten führen können ([http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Raumordnung\\_in\\_der\\_AWZ/index.jsp](http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Raumordnung_in_der_AWZ/index.jsp)). Das BMVBS hat für die deutsche AWZ in der Nordsee einen Raumordnungsplan festgelegt. In diesem werden Leitlinien zur räumlichen Entwicklung formuliert und Ziele und Grundsätze, insb. Gebiete, für Funktionen und Nutzungen festgelegt (BGBl I S. 3107, 2009 und Anlagen).

Die Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) liegt im Geltungsbereich des Hohe-See-Einbringungsgesetzes<sup>9</sup> (HoheSeeEinbrG). Hier gelten die Regelungen der London-Konvention einschließlich des Protokolls 1996<sup>10</sup>. Nach § 4 ist das Einbringen von Abfällen und sonstigen Stoffen und Gegenständen in die Hohe See verboten. Ausgenommen von diesem Verbot sind neben Urnen auch Baggergut. Nach § 5 (2) ist allerdings auch die Einbringung von Baggergut zu versagen, wenn geeignete Möglichkeiten zur Verwertung oder Beseitigung an Land bestehen, ohne dass dadurch unangemessene Kosten oder Gefahren für die Gesundheit oder Umwelt entstehen. Für die Genehmigung sowie die Festlegung der Untersuchungen von Baggergut-Unterbringungsstellen im Bereich der AWZ ist nach § 8 (1) HoheSeeEinbrG das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) zuständig.

Für eine mögliche Baggergut-Unterbringung in der deutschen AWZ sind neben den oben genannten Aspekten auch die in Kapitel 4 aufgeführten rechtlichen Rahmenbedingungen zur FFH-RL, Vogelschutz-RL, MSRL und den Artenschutz zu beachten. Insgesamt sind 31,5 % der deutschen AWZ in der Nordsee als Natura 2000-Gebiete ausgewiesen (<http://www.bfn.de/habitatmare/de/natura2000-in-der-deutschen-awz.php>). Fast ein Drittel der AWZ unterliegt als Natura 2000-Gebiete somit besonderen Schutzauflagen.

---

<sup>9</sup> Hohe-See-Einbringungsgesetz vom 25. August 1998 (BGBl. S. 2455), das zuletzt durch Artikel 72 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407) geändert wurde.

<sup>10</sup> Gesetz zur Ausführung des Protokolls vom 7. November 1996 zum Übereinkommen über die Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Einbringen von Abfällen und anderen Stoffen von 1972

Die Simulationsergebnisse der hydromorphologischen Modelle von BAW und BSH (z. B. F&E-Projekt AufMod) zeigen u. a. vor der niedersächsischen Küste einen großräumigen Sedimenteintrag aus Westen in die Mündungsgebiete der Elbe- und Weser-Ästuare. Im Bereich des Helgoländer und Sylter Außenriffs weisen die morphodynamischen Simulationsergebnisse auf Umlagerungsprozesse hin, die auf einen Sediment austausch zwischen AWZ und schleswig-holsteinischem Küstenmeer zurückgeführt werden können. Neben der Betrachtung der natürlichen morphodynamischen Prozesse ist für die aufgeworfene Frage auch die Verdriftung von umgelagertem Baggergut als Suspensionsfracht in die Wassersäule von Bedeutung. Basierend auf den Ergebnissen der hydromorphologischen Simulationsberechnungen lässt sich nicht ausschließen, dass bei entsprechenden Wetterlagen und Strömungsverhältnissen in der AWZ untergebrachtes Baggergut bis auf die Watten transportiert werden kann. Hieraus kann jedoch nicht abgeleitet werden, dass mögliche resultierende Ablagerungen messtechnisch nachweisbar wären.

Anhand dieser Modellergebnisse können bezüglich der Anfrage von Dr. Birkner derzeit keine Bereiche in der AWZ identifiziert werden, bei denen ein durch natürliche Prozesse induzierter Transport ins Küstenmeer ausgeschlossen werden kann.

Aufgrund dieses Ergebnisses und auch vor dem Hintergrund des rechtlichen Rahmens sowie der sehr weiten Transportwege (CO<sub>2</sub>-Emissionen etc.) wird eine Baggergutunterbringung aus der Tideelbe in die AWZ in dieser Studie nicht weiter betrachtet.

## Anhang 5: Natura 2000- und IBA-Gebiete

Nachfolgend werden die im Betrachtungsraum vorkommenden Natura 2000- und IBA-Gebiete summarisch vorgestellt und die für die vorliegende Betrachtung relevanten Erhaltungsziele aufgeführt (Quellen: <http://www.nlwkn.niedersachsen.de>, <http://www.hamburg.de/start-natura-2000/>, <http://www.schleswig-holstein.de/Umwelt> Landwirtschaft, <http://www.ffh-gebiete.de>, Sudfeldt et al. (2002)). Detaillierte Informationen zu den Natura 2000-Gebieten mit Erhaltungszielen, Artenlisten, Erhaltungszuständen, Angaben zu Flächen etc. sind darüber hinaus den jeweiligen Standarddatenbögen der Länder zu entnehmen.

Eine gesonderte Betrachtung anderer Schutzgebietskategorien (z. B. Naturschutzgebiet) erfolgt nicht, da diese in den betroffenen Bereichen flächendeckend als Natura 2000-Gebiete ausgewiesen sind und die Ziele durch Natura 2000 abgedeckt sind.

### FFH-Gebiet Hamburger Untereibe (2526-305)

Dieses 707 ha große Gebiet umfasst das von Hochwasserschutzanlagen eingefasste limnische Elbeästuar von Teilen der Norder- und Süderelbe sowie der Dove-Elbe. Breiteres Vorland ist nur abschnittsweise vorhanden und das Gebiet ist z. T. stark anthropogen überformt. Erhaltungsziel ist die Erhaltung und Entwicklung von u. a. Finte (*Alosa fallax*), Rapfen (*Aspius aspius*), Lachs (*Salmon salar*), Fluss- und Meerneunauge (*Lampetra fluviatilis*, *Petromyzon marinus*) sowie des Schierlings-Wasserfenchels (*Oenanthe conioides*).

### FFH-Gebiet Borghorster Elblandschaft (2527-303)

Für dieses 230 ha große Gebiet ist das generelle Erhaltungsziel nach Artikel 3 der FFH-Richtlinie zu beachten: Gewährleistung des Fortbestandes oder ggf. der Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes der natürlichen Lebensraumtypen des Anhangs I und Habitate der Arten des Anhangs II in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet. Im Wesentlichen sind die Erhaltungsziele dem Schutzzweck der NSG-Verordnung NSG Borghorster Elblandschaft § 2 zu entnehmen. Demnach sind insbesondere von natürlicher Dynamik geprägte Standorte mit den typischen, in sich geschlossenen Vegetationsabfolgen von Trockenstandorten bis hin zu Feuchtwiesen einschließlich des Elbufers sowie den darin beheimateten artenreichen Lebensgemeinschaften als Ganzes und als Lebensraum für gefährdete und vom Aussterben bedrohte Tier- und Pflanzenarten zu erhalten und zu entwickeln. Dies umfasst u. a. den LRT Ästuar sowie den Schierlings-Wasserfenchel und Nordseeschnäpel.

### FFH-Gebiet Zollenspieker/Kiebitzbrack (2627-301)

Das 109 ha große Gebiet setzt sich aus Vorland der Tideelbe sowie Wattflächen, Röhrichten, Auwäldern und extensivem Grünland zusammen. Es ist das generelle Erhaltungsziel nach Artikel 3 der FFH-Richtlinie zu beachten: Gewährleistung des Fortbestandes oder ggf. der Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes der natürlichen Lebensraumtypen des Anhangs I und Habitate der Arten des Anhangs II in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet. Dazu zählt u. a. die Erhaltung und Entwicklung von Finte, Rapfen, Fluss- und Meerneunauge, Steinbeißer (*Cobitis taenia*) sowie des Schierlings-Wasserfenchels.

### **FFH-Gebiet Heuckenlock/Schweenssand (2526-302)**

Für dieses 129 ha große Gebiet mit tideabhängigen Süßwasserwatten, Sand- und Schlickwatt, Tideröhrichten sowie Auwäldern ist das generelle Erhaltungsziel nach Artikel 3 der FFH-Richtlinie zu beachten: Gewährleistung des Fortbestandes oder ggf. der Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes der natürlichen Lebensraumtypen des Anhangs I und Habitats der Arten des Anhangs II in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet. Dazu zählt u. a. die Erhaltung und Entwicklung von Finte, Rapfen, Fluss- und Meerneunauge sowie des Schierlings-Wasserfenchels. Im Wesentlichen sind die Erhaltungsziele dem Schutzzweck der NSG-Verordnung § 2 zu entnehmen.

### **FFH-Gebiet Elbe zw. Geesthacht und Hamburg (2526-332)**

Dieses Gebiet im Süßwasser-Tidebereich der Unterelbe hat eine Fläche von ca. 573 ha und umfasst Wattflächen, Schilfröhrichte, Grünland, Weiden-Auwälder und Hochstaudenfluren. Die Erhaltungsziele umfassen den Schutz und die Entwicklung von

- > naturnahen Ästuarbereichen und ihrer Lebensgemeinschaften mit dem typischen Mosaik verschiedener Lebensraumbereiche mit einer möglichst naturnahen Dynamik,
- > extensiv genutzten Grünland-Grabenkomplexen als (Teil-)Lebensraum von Brut- und Rastvögeln,
- > Auwäldern und feuchten Hochstaudenfluren und
- > die Erhaltung und Entwicklung eines durchgängigen Flusslaufes für Wanderfischarten.

### **FFH-Gebiet Mühlenberger Loch/Neßsand (2424-302)**

Auf einer Fläche von 804 ha umfassen die Erhaltungsziele den Erhalt und die Entwicklung

- > des LRT Ästuar sowie des prioritären LRT Auenwälder mit den jeweils charakteristischen Tier- und Pflanzenarten,
- > der von Finte und Rapfen als Nahrungs-, Aufwuchs- oder Laichgebiet genutzten Lebensstätten aus Flachwasserbereichen, Süßwasserwatten, Stromkanten und Tiefwasserbereichen,
- > des von Fluss- und Meerneunauge genutzten Wandergebietes und
- > der Lebensstätten für den Schierlings-Wasserfenchel.

### **EU-Vogelschutzgebiet Mühlenberger Loch (2424-401)**

In dem 737 ha großen Gebiet bieten die großflächigen Süßwasserwatten und Flachwasserbereiche Lebensstätte für zahlreiche Rastvögel. Erhaltungsziel ist, den günstigen Erhaltungszustand von Löffelente (*Anas clypeata*), Krickente (*Anas crecca*) und Spießente (*Anas acuta*) mit ihren Rastgebieten zu erhalten und zu entwickeln. Besonders schützenswert sind Zwergmöwe (*Hydrocoloeus minutus*), Trauerseeschwalbe (*Chlidonias niger*) und Flusseeeschwalbe (*Sterna hirundo*) mit ihren als Rastgebiet genutzten Lebensstätten aus Flachwasserbereichen und Strömungskanten.

### **FFH-Gebiet Rapfenschutzgebiet Hamburger Stromelbe (2424-303)**

Dieses 420 ha große Gebiet umfasst den Bereich der Hamburger Stromelbe zwischen Tinsdal und Nienstedten. Das Erhaltungsziel ist die Erhaltung und Entwicklung eines durchgängigen

Flusslaufes als (Teil-)Lebensraum von FFH-Anhang-II-Fischarten: Flussneunauge, Meerneunauge, Finte, Rapfen und Lachs.

### **FFH-Gebiet Schleswig-Holsteinisches Elbästuar und angrenzende Flächen (2323-392)**

Dieses FFH-Gebiet mit einer Größe von ca. 19.280 ha umfasst den schleswig-holsteinischen Teil der Elbe vom Mündungsgebiet bis zur Untereibe bei Wedel inkl. der Unterläufe der Nebenflüsse Stör, Krückau, Pinnau, Wedeler Au, das Vorland St. Margarethen sowie Haseldorfer und Wedeler Marsch.

Flächenmäßig bedeutsam ist der Lebensraumtyp Ästuar (1130), welcher Salzwiesen (1330) sowie vorgelagerte Watten, teils mit Quellerbeständen (1140, 1310), Sandbänke und Flachwasserzonen einschließt. Das Elbmündungsgebiet stellt insbesondere für die Finte einen bedeutsamen Teil-Lebensraum und der Medemgrund bietet einen wichtigen Liegeplatz für Seehunde. Als Rast- und Brutgebiet ist das Elbeästuar für zahlreiche Vogelarten von internationaler Bedeutung.

Übergreifende Ziele für das **Teilgebiet Neufelder Vorland** und **Medemgrund** umfassen u. a. die Erhaltung oder ggf. Wiederherstellung des Tideeinflusses, der natürlichen Bodenstruktur und Morphodynamik sowie die barrierefreie Wanderstrecke für Wasserorganismen. Für Lebensraumtypen und Arten von besonderer Bedeutung sind für den LRT Ästuarien die Erhaltung von unbeeinträchtigten Bereichen, ein Mosaik verschiedener Biotopkomplexe, die natürliche Überflutungsdynamik und das Vorkommen charakteristischer Vegetation zu berücksichtigen. Für die Finte sind die Erhaltung oder ggf. Wiederherstellung der Population, für das Flussneunauge der Erhalt sauberer Fließgewässer, unverbauter Flussabschnitte, störungsarmer Bereiche und der Erhalt der bestehenden Population ausgewiesen. Für den Seehund (*Phoca vitulina*) sind die Aspekte störungsarme Ruheplätze, insbesondere störungsarme Wurfplätze zwischen Mai und Juli sowie naturnahe Küstengewässer und eine ausreichende Nahrungsgrundlage bedeutend.

Für das **Teilgebiet Elbe mit Deichvorland und Inseln** kommen zu den bereits o. g. Aspekten die Erhaltung der Vegetation, insbesondere des Schierlings-Wasserfenchels hinzu. Für die Anhang-II-Fischarten ist neben der Erhaltung/Wiederherstellung der Wasserqualität und des Beutefischspektrums der Aspekt der möglichst geringen anthropogenen Feinsedimenteinträge in die Laichgebiete aufgeführt.

Übergreifende Ziele für das **Teilgebiet Unterläufe von Stör, Krückau und Pinnau oberhalb der Sperrwerke** beinhalten u. a. die Erhaltung und ggf. Wiederherstellung

- > des Tideeinflusses mit seiner charakteristischen Zonierung,
- > der weitgehend natürlichen Dynamik,
- > von unbeeinträchtigten Bereichen und
- > von barrierefreien Wanderstrecken und Laichgebieten für Fischarten.

Neben den o. g. Aspekten für Lebensraumtypen und Arten von besonderer Bedeutung sind in diesem Teilgebiet zudem der günstige Erhaltungszustand für Schlammpeitzger (*Misgurnis fossilis*) und Steinbeißer (*Cobitis taenia*) zu berücksichtigen.

Die übergreifenden Ziele für das **Teilgebiet Eingedeichte Haseldorfer und Wedeler Marsch** umfassen neben den bereits genannten Aspekten insbesondere die Erhaltung und ggf. Wiederherstellung des Tideeinflusses im Süßwasserabschnitt mit den charakteristischen Lebensgemeinschaften.

Für das **Teilgebiet Elbe bei Brunsbüttel/St. Margarethen** sind als übergreifende Erhaltungsziele u. a. der Erhalt

- > der weitgehend natürlichen Bodenstruktur und Morphodynamik,
- > der weitgehend natürlichen Sedimentations- und Strömungsverhältnisse sowie der weitgehend natürlichen Dynamik im Flussbereich und der Uferbereiche vor St. Margarethen und
- > der Funktion als barrierefreie Wanderstrecke für an Wasser gebundene Organismen, insbesondere zahlreicher Fischarten und Neunaugen, zu Laichgebieten an den Oberläufen

genannt.

### **EU-Vogelschutzgebiet Unterelbe bis Wedel (2323-401)**

Das Gebiet mit 7.426 ha Größe umfasst den schleswig-holsteinischen Teil der Elbmündung mit dem Neufelder Vorland sowie weite Teile des Elbeästuars. Dazu gehören die Unterelbe mit den Inseln zwischen der Krückau-Mündung und Wedel, die Mündungsbereiche von Pinnau und Stör sowie die eingedeichte Haseldorfer und Wedeler Marsch.

Besonders schutzwürdig ist das Gesamtgebiet aufgrund des zahlreichen Vorkommens von Brut- und Rastvogelarten sowie als Überwinterungsgebiet u. a. für Gänse. Übergreifendes Schutzziel ist die Erhaltung der besonderen Bedeutung der Unterelbe als Brutgebiet für Blaukehlchen (*Luscinia svecica*), Flusseeeschwalben, Vögel des Grünlands und der Röhrichte sowie als Rastgebiet insbesondere für Watvögel, Seeschwalben und Enten.

### **FFH-Gebiet Unterelbe (2018-331)**

Das ca. 18.680 ha große Gebiet umfasst die Außendeichsflächen im Elbeästuar mit u. a. Brack- und Süßwasserwatten, Röhrichten, Salzwiesen, artenreichen Mähwiesen und Altarmen zwischen Cuxhaven und dem Mühlenberger Loch. Die allgemeinen Erhaltungsziele für dieses Gebiet umfassen u. a.

- > Schutz und Entwicklung naturnaher Ästuarbereiche und ihrer Lebensgemeinschaften mit einem dynamischen Mosaik aus Flach- und Tiefwasserbereichen, Stromarmen, Watt- und Röhrichtflächen, Inseln, Sänden und terrestrischen Flächen und einer möglichst naturnahen Ausprägung von Tidekennwerten, Strömungsverhältnissen, Transport- und Sedimentationsprozessen sowie
- > Erhaltung und Entwicklung einer ökologisch durchgängigen Elbe und ihrer Nebengewässer (u. a. Borsteler Binnenelbe, Ruthenstrom, Wischhafener Nebenelbe) als (Teil-)Lebensraum von Wanderfischarten.

Für vorkommende Arten des Anhangs II der FFH-RL gelten spezielle Erhaltungsziele. Diese umfassen für Schweinswal (*Phocoena phocoena*) und Seehund die Erhaltung geeigneter Lebensräume inkl. störungsarmer Liegeplätze, ausreichende Nahrungsverfügbarkeit und unbehinderte Wechselmöglichkeit zu Teillebensräumen. Für die Finte ist die Erhaltung und Entwicklung von überlebensfähigen Laichpopulationen sowie von naturnahen Laich- und Aufwuchsgebieten in Flachwasserbereichen, Nebengerinnen und Altarmen der Ästuare bedeutend. Für Rapfen, Fluss- und Meerneunaugen sowie Lachs sind die Erhaltung und Entwicklung von langfristig überlebensfähigen Populationen, geeignete Laich- und Aufwuchshabitate und durchgängige Flussläufe wichtige Aspekte.

### **EU-Vogelschutzgebiet Unterelbe (2121-401)**

Insgesamt erstreckt sich dieses Gebiet über ca. 16.715 ha. Teile zählen zum Feuchtgebiet internationaler Bedeutung (Ramsar-Gebiet). Es besteht aus einem Mosaik tidebeeinflusster Brack- und Süßwasserbereiche sowie Salzwiesen, Röhrichten und extensiv genutztes Grünland. Es handelt sich um ein wichtiges Brut- und Rastgebiet, insbesondere als Winterrastplatz und Durchzugsgebiet für nordische Gänse, andere Wasservögel und Limikolen sowie als Brutplatz für Vogelarten des Grünlandes, Salzwiesen und Röhrichte. Zu den allgemeinen Erhaltungszielen zählen u. a. die Erhaltung und Wiederherstellung

- > von Brack- und Süßwasserwatten,
- > von durch natürliche Gewässerdynamik geprägten Standorten und
- > eines Strukturmosaiks mit enger Verzahnung offener Wasserflächen, Flachwasser- und Verlandungszonen und strukturreicher Priele und Gräben.

### **FFH-Gebiet Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und angrenzende Küstengebiete (0916-391)**

Das Gesamtgebiet mit 452.455 ha ist als großflächiges Gezeitengebiet mit seinem äußerst vielfältigen Spektrum an Lebensräumen und Arten besonders schutzwürdig. Auf Einzelflächen gibt es unterschiedliche übergreifende Ziele.

Übergreifendes Schutzziel für das Wattenmeer und die angrenzenden Meeresbereiche ist es, ungestörte Abläufe der Naturvorgänge insbesondere auch als Lebensraum für Seehunde, Kegelrobben (*Halichoerus grypus*) und Schweinswale sowie Neunaugen und zahlreiche Fischarten zu erhalten. Besonders wichtig ist dabei die Erhaltung der Beziehungen und der Austauschprozesse zwischen den einzelnen Teilbereichen des Gesamtgebietes und den angrenzenden Schutzgebieten auf den Nordfriesischen Inseln und im Bereich des Festlandes. Unter anderem sind auch eine gute Wasserqualität und eine möglichst naturnahe Gewässerdynamik zu erhalten. Für den günstigen Erhaltungszustand von Arten mit besonderer Bedeutung (prioritäre Arten) wie dem Schweinswal sowie Arten von Bedeutung wie dem Großen Tümmler (*Tursiops truncatus*) ist die Sicherstellung einer möglichst geringen Schadstoffbelastung der Meeres- und Küstengewässer zu berücksichtigen.

### **EU-Vogelschutzgebiet Ramsar-Gebiet Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und angrenzende Küstengebiete (0916-491)**

Dieses Gebiet umfasst eine Fläche von 463.907 ha. Das Wattenmeer ist als Drehscheibe für Millionen von ziehenden Wat- und Wasservögeln aus skandinavischen und arktischen

Brutgebieten sowie Brut-, Mauser- und Überwinterungsgebiet für hunderttausende Wat- und Wasservögel zu erhalten. Der Offshore-Bereich ist als wichtiges Nahrungs-, Mauser- und Rastgebiet für Seevogelarten wie Seetaucher und Meerestenten zu erhalten. Oberstes Erhaltungsziel im Nationalpark ist der Prozessschutz. Dieser schließt u. a. die Erhaltung einer möglichst hohen Wasserqualität ein.

### **EU-Vogelschutzgebiet Vorland St. Margarethen (2121-402)**

Das ca. 244 ha große Gebiet umfasst einen Teil der letzten Deichvorländer der Elbe. Hier finden sich tidebeeinflusste beweidete Grünländer und ausgedehnte Röhrichte, teilweise von Prielen durchzogen, sowie Stillgewässer, Flutmulden und Weidengebüsche. Hier brütet verbreitet der Wachtelkönig (*Crex crex*) und das Blaukehlchen. Von den Rastvögeln sind insbesondere Nonnengänse (*Branta leucopsis*) und Kampfläufer (*Philomachus pugnax*) zu nennen. Für diese Arten von besonderer Bedeutung (nach Anhang I der Vogelschutz-RL) ist das Vorland mit seinen o. g. Strukturen als bedeutendes Brut-, Nahrungs- und Rastgebiet besonders schutzwürdig.

### **FFH-Gebiet Nationalpark Hamburgisches Wattenmeer (2016-301)**

Für das 13.750 ha umfassende FFH-Gebiet Nationalpark Hamburgisches Wattenmeer ist das generelle Erhaltungsziel nach Artikel 3 der FFH-Richtlinie zu beachten: Gewährleistung des Fortbestandes oder ggf. der Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustandes der natürlichen Lebensraumtypen des Anhangs I und Habitats der Arten des Anhangs II in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet.

Im Wesentlichen sind die Erhaltungsziele dem Schutzzweck des Nationalparkgesetzes (von 1990, zuletzt geändert Mai 2010), § 2, zu entnehmen:

- (1) *Schutzzweck ist, das Wattenmeer einschließlich der Insel Neuwerk sowie der Düneninseln Scharhörn und Nigehörn in seiner Ganzheit und seiner natürlichen Dynamik um seiner selbst willen und als Lebensstätte der auf diesen einmaligen Lebensraum Watt angewiesenen Arten und der zwischen diesen Arten bestehenden Lebensgemeinschaften zu erhalten und vor Beeinträchtigungen zu schützen. Zudem ist die großflächige und ungestörte, zwischen den Mündungstrichtern von Elbe und Weser gelegene Naturlandschaft für die Wissenschaft von besonderer Bedeutung.*
- (2) *Insbesondere sind Sand- und Schlickwatten, Priele, Sande, Platen sowie Dünen und die diese Landschaftsteile untereinander verbindende, ungestörte und natürliche Entwicklungsdynamik zu erhalten. Weiter ist die ursprüngliche Dünen- und Salzvegetation zu schützen und, sofern erforderlich, zu entwickeln. Schließlich sind für die auf den Lebensraum Watt angewiesenen Arten als Lebensstätten insbesondere die geeigneten Fischlaich- und Fischeaufzuchtgebiete, die Liege- und Aufzuchtplätze der Seehunde auf der Robbenplate, dem Wittsand und dem Bakenloch, die Brut- und Rastplätze der Seeschwalben auf Neuwerk, Nigehörn und Scharhörn, die Brut- und Rastplätze sowie Nahrungsgebiete der verschiedenen Wattvogelarten und die Mauserplätze der Brandente zu erhalten.*

### **EU-Vogelschutzgebiet Nationalpark Hamburgisches Wattenmeer (2016-401)**

Dieses Gebiet ist mit 11.700 ha kleiner als der Nationalpark bzw. das gemeldete FFH-Gebiet. Im Wesentlichen sind die Erhaltungsziele dem Schutzzweck des Nationalparkgesetzes vom 5. April 2001 § 2 zu entnehmen (s. o.)

### **EU-Vogelschutzgebiet Seevogelschutzgebiet Helgoland (1813-491)**

Das 161.333 ha große Gebiet ist insgesamt als eines der bedeutendsten Gebiete für See- und Küstenvögel im gesamten Nordseeraum besonders schutzwürdig. Übergreifendes Schutzziel ist die Erhaltung günstiger Lebensbedingungen für Seevögel und die Aufrechterhaltung stabiler Bestände sowie die Sicherung der Verbreitungsgebiete der genannten Vogelarten. Hierzu ist die Erhaltung guter Rast- und Ernährungsbedingungen besonders wichtig. Ziel ist des Weiteren die Erhaltung der besonderen Bedeutung des Gebietes für den Vogelzug zahlreicher Vogelarten aus skandinavisch-arktischen Brutgebieten. In diesem Zusammenhang kommt der Erhaltung störungsarmer und hindernisfreier Bereiche sowie einer hohen Wasserqualität der Nordsee eine besondere Bedeutung zu.

### **FFH-Gebiet Helgoland mit Helgoländer Felssockel (1813-391)**

Für die vorliegende Betrachtung in dem 5.509 ha großen Gebiet ist für den Erhaltungsgegenstand Schweinswal als Anhang-II-Art u. a. der Aspekt der Erhaltung einer möglichst geringen Schadstoffbelastung der Küstengewässer relevant.

Die **IBA-Gebiete Mühlenberger Loch (036), Elbmarsch Stade-Otterndorf (107), Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (289) und Nationalpark Hamburgisches Wattenmeer (034)** werden nicht weiter betrachtet, da sie flächendeckend als Natura 2000-Gebiete ausgewiesen sind und die Ziele durch Natura 2000 abgedeckt sind.

### **IBA Pinneberger Elbmarschen (025)**

In diesem ca. 7.500 ha großen IBA-Gebiet bevölkern regelmäßig mehr als 20.000 Wasservögel auf ihrem Durchzug das Gebiet. Zudem brütet hier der Wachtelkönig - eine weltweit in ihrem Bestand gefährdete Vogelart, die jedoch nicht die IBA-Kriterien erfüllt. Für den Zwergschwan (*Cygnus bewickii*), die Nonnengans und die Zwergmöwe (*Hydrocoloeus minutus*) ist das Gebiet von internationaler Bedeutung. Für die Graugans (*Anser anser*) sind diese Elbmarschen europaweit bedeutend.

### **IBA Östliche Deutsche Bucht (mit Helgoland) (291)**

Für vorliegende Betrachtung ist dieses IBA-Gebiet relevant, da die Umlagerungsstelle Tonne E3 in diesem Gebiet liegt. Die IBA ist im östlichen Teil bereits als EU-Vogelschutzgebiet Seevogelschutzgebiet Helgoland (1813-491) ausgewiesen. Der westliche Teil des Gebietes wurde bisher nicht an die EU-Kommission gemeldet. Eine ausführliche Beschreibung mit Auflistung relevanter Vogelarten und deren Nahrungsspektren und Tauchtiefen ist in BfG-1594 (BfG 2008b) zu finden.

## Anhang 6: Historische Referenzfischfauna der Tideelbe

Historische Referenzfischfauna der Tideelbe nach BioConsult (2006, Gilde der „marinen Gäste“) und Bioconsult (2009) sowie Angaben zur Gefährdung nach Roten Listen und FFH-Richtlinie; Legende siehe Tabellenende

Gilde/Art	Rote-Liste-Status					FFH-Status <sup>7</sup>
	NI <sup>1</sup>	SH <sup>2</sup>	HH <sup>3</sup>	BRD <sup>4</sup>	WM/Nordsee <sup>5</sup>	
<b>Gilde „Süßwasserarten“</b>						
Aland	*	*	3	*	-	-
Bachschmerle	3	R	-	-	-	-
Barbe	2	0	1	*	-	V
Bitterling	1	D	2	*	-	II
Brassen	*	*	*	*	-	-
Döbel	*	R	3	*	-	-
Flussbarsch	*	*	*	*	-	-
Giebel	◆	F	F	*	-	-
Gründling	*	*	*	*	-	-
Güster	*	*	*	*	-	-
Hasel	*	3	3	*	-	-
Hecht	3	3	3	*	-	-
Karausche	3	*	P	2	-	-
Karpfen	◆	F	F	*	-	-
Kaulbarsch	*	*	3	*	-	-
Moderlieschen	P	V	P	V	-	-
Nase	1	-	-	V	-	-
Plötze, Rotaugen	*	*	*	*	-	-
Quappe	3	3	2	V	-	-
Rapfen	3	3	3	*	-	II
Rotfeder	*	*	3	*	-	-
Schlammpeitzger	2	2	2	2	-	II
Schleie	*	*	*	*	-	-
Steinbeißer	2	*	2	*	-	II
Ukelei	3	3	3	*	-	-
Weißflossiger Gründling	◆	-	-	*	-	II
Wels	2	R	0	*	-	-
Zährte	2	0	1	3	-	-
Zander	P	*	*	*	-	-
Zope	P	R	P	V	-	-
Zwergstichling	-	*	P	*	-	-
<b>Gilde „Diadrome Arten“</b>						
Aal	*	3	*	-	*	-
Dreistachliger Stichling	*	*	P	*	*	-
Dünnlippige Meeräsche	-	-	-	-	*	-

Gilde/Art	Rote-Liste-Status					FFH- Status <sup>7</sup>
	NI <sup>1</sup>	SH <sup>2</sup>	HH <sup>3</sup>	BRD <sup>4</sup>	WM/Nordsee <sup>5</sup>	
Europäischer Stör	0	0	0	0	0	II*, IV
Finte	2	*	1		3	II, V
Flussneunauge	2	3	2	3	2	II, V
Lachs <sup>B</sup>	1	1	0	1	1	II, V
Maifisch	1	0	0	1	1	II, V
Meerforelle	2	2	2	*	2	
Meerneunauge	1	2	2	V	2	II
Schnäpel <sup>B</sup> ( <i>C. maraena</i> )	0	1	1	3	0	II*, IV
Stint	P	*	P	V	*	
<b>Gilde „Ästuarine Arten“</b>						
Aalmutter					*	
Butterfisch					*	
Fleckengrundel					P	
Flunder	*	*	P		*	
Froschdorsch					*	
Glasgrundel					*	
Grasnadel					2	
Großer Scheibenbauch					3	
Große Seenadel					3	
Kleiner Sandaal					*	
Kleine Schlangennadel						
Kleine Seenadel					*	
Krummschnauzige Schlangennadel					*	
Sandgrundel			F		*	
Seeskorpion					*	
Seestichling					3	
Steinpicker					*	
Strandgrundel			P		*	
<b>Gilden „Marine Arten - juvenil“</b>						
Dorsch, Kabeljau	-	-	-	-	*	-
Franzosendorsch	-	-	-	-	*	-
Glattbutt	-	-	-	-	*	-
Hering	-	-	-	-	*	-
Kliesche	-	-	-	-	*	-
Pollack	-	-	-	-	*	-
Roter Knurrhahn	-	-	-	-	*	-
Scholle	-	-	-	-	*	-
Seezunge	-	-	-	-	*	-
Steinbutt	-	-	-	-	*	-
Wittling	-	-	-	-	*	-
Wolfsbarsch	-	-	-	-	GD	-

Gilde/Art	Rote-Liste-Status					FFH- Status <sup>7</sup>
	NI <sup>1</sup>	SH <sup>2</sup>	HH <sup>3</sup>	BRD <sup>4</sup>	WM/Nordsee <sup>5</sup>	
<b>Gilde „Marine Arten - saisonal“</b>						
Dicklippige Meeräsche	-	-	-	-	*	-
Fünfbärtlige Seequappe	-	-	-	-	*	-
Goldmeeräsche	-	-	-	-	*	-
Grauer Knurrhahn	-	-	-	-	*	-
Hornhecht	-	-	-	-	*	-
Sardelle	-	-	-	-	*	-
Seehase	-	-	-	-	P	-
Sprotte	-	-	-	-	*	-
Stechrochen	-	-	-	-	3	-
<b>Gilde „Marine Arten - Gäste“</b>						
Felsenbarsch	-	-	-	-	P	-
Gefleckter Dornhai	-	-	-	-	3	-
Gefleckter Glatthai	-	-	-	-	P	-
Gestreifter Leierfisch	-	-	-	-	*	-
Glattrochen	-	-	-	-	*	-
Großer Sandaal	-	-	-	-	*	-
Große Schlangennadel	-	-	-	-	P	-
Großes Petermännchen	-	-	-	-	0	-
Heilbutt	-	-	-	-	*	-
Heringskönig	-	-	-	-	2	-
Kleines Petermännchen	-	-	-	-	3	-
Kleingefleckter Katzenhai	-	-	-	-	*	-
Kristallgrundel	-	-	-	-	*	-
Lammzunge	-	-	-	-	*	-
Leng	-	-	-	-	*	-
Limande	-	-	-	-	*	-
Lozano-Grundel	-	-	-	-	*	-
Makrele	-	-	-	-	*	-
Meeraal	-	-	-	-	*	-
Mittelmeer-Seequappe	-	-	-	-	*	-
Nagelrochen	-	-	-	-	3	-
Rauer Rochen	-	-	-	-	*	-
Sandaal	-	-	-	-	*	-
Schellfisch	-	-	-	-	*	-
Seebull	-	-	-	-	*	-
Seehecht	-	-	-	-	*	-
Seekuckuck	-	-	-	-	*	-
Seelachs	-	-	-	-	*	-
Seeteufel	-	-	-	-	*	-

Gilde/Art	Rote-Liste-Status					FFH- Status <sup>7</sup>
	NI <sup>1</sup>	SH <sup>2</sup>	HH <sup>3</sup>	BRD <sup>4</sup>	WM/Nordsee <sup>5</sup>	
Seewolf	-	-	-	-	*	-
Sternrochen	-	-	-	-	*	-
Stöcker	-	-	-	-	*	-
Streifenbarbe	-	-	-	-	*	-
Vierbärtlige Seequappe	-	-	-	-	*	-
Zungenbutt	-	-	-	-	*	-
Zwergbutt	-	-	-	-	*	-
Zwergdorsch	-	-	-	-	*	-
Zwergzunge	-	-	-	-	*	-

1 = n. Gaumert & Kämmereit (1993), 2 = n. Neumann (2002), 3 = n. Diercking & Wehrmann (1991), 4 = n. Freyhof (2009), 5 = n. Fricke et al. (1995), 7 = n. Der Rat der Europäischen Gemeinschaften (1992)  
 B = Vorkommen beruht überwiegend auf Besatz  
 0 = ausgestorben oder verschollen, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet,  
 F = Fremdfisch, V = Vorwarnliste, \* = ungefährdet, ♦ = nicht bewertet, P = potenziell gefährdet, D = Daten unzureichend, R = extrem selten, GD = gefährdeter Durchzügler, - = nicht in Liste enthalten  
 II = Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesses, für deren Erhaltung Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen; II\* = prioritäre Art von gemeinschaftlichem Interesse; IV = streng zu schützende Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse, V = Tier- und Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse, deren Entnahme aus der Natur Gegenstand von Verwaltungsmaßnahmen sein kann

Bundesanstalt für  
Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1  
56068 Koblenz

Tel.: 0261/1306-0  
Fax: 0261/1306-5302

E-Mail: [posteingang@bafg.de](mailto:posteingang@bafg.de)  
Internet: [www.bafg.de](http://www.bafg.de)