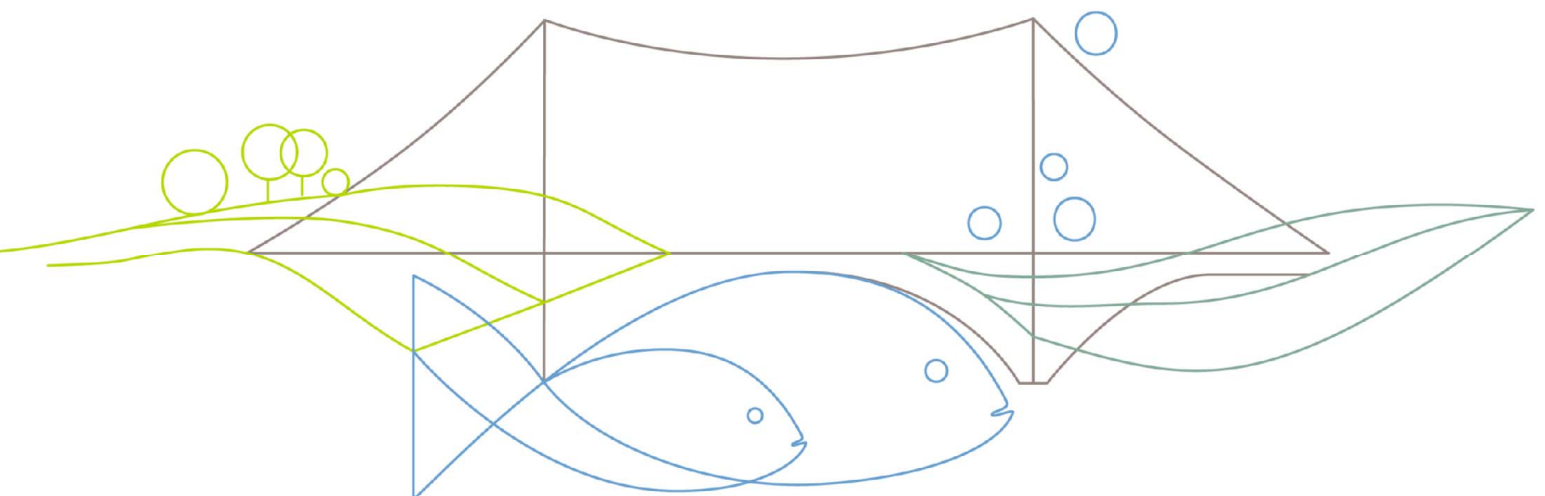


BfG-1794

# Bericht

## Sedimentmanagementkonzept Tideweser



Zitiervorschlag:

BfG (2014): Sedimentmanagementkonzept Tideweser. Untersuchung im Auftrag der WSÄ Bremen und Bremerhaven. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-Bericht 1794.

BfG-1794

# Bericht

## Sedimentmanagementkonzept Tideweser

15.04.2014

Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsämter Bremen und  
Bremerhaven

Auftragsnummer: M 39630104030

Anzahl der Seiten: 253





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

### **Federführung**

Mailin Eberle

Dr. Michael Fiedler

### **Fachliche Bearbeitung**

Hydrologie

Christoph Blasi

Hydromorphologie

Dr. Frauke König

Wasserbeschaffenheit/Phytoplankton

Andreas Schöl

Schadstoffe in Feststoffen

Dr. Birgit Schubert

Ökotoxikologie

Dr. Ute Feiler

Fauna

Dr. Markus Wetzell

Christian von Landwüst

Vegetation

Dr. Andreas Sundermeier

### **Bearbeitung/Fachliche Begleitung im WSA Bremen**

Rüdiger Oltmanns

Friederike Piechotta (Bearbeitung Kapitel 2)

### **Bearbeitung/Fachliche Begleitung im WSA Bremerhaven**

Ulrich Günther

Sven Dunker

Jürgen Lange

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Anlass und Zielsetzung.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Übersicht über das Bearbeitungsgebiet.....</b>	<b>13</b>
<b>2. Aktuelles Sedimentmanagement .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Unterhaltungszuständigkeiten .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Unterhaltungstechniken.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3 Feststellung des Baggerbedarfs und zeitlicher Rahmen bis zur Baggerung .....</b>	<b>20</b>
2.3.1 Feststellung des Baggerbedarfs .....	20
2.3.2 Zeitlicher Rahmen von der Peilung bis zur Baggerung .....	21
<b>2.4 Übersichten zu Unterhaltungsbaggervolumina .....</b>	<b>23</b>
2.4.1 Vergleich von Unterhaltungsbaggervolumina in den Ästuaren Ems, Weser und Elbe.....	23
2.4.2 Unterhaltungsbaggervolumina in Unter- und Außenweser .....	23
<b>2.5 Aktuelles Sedimentmanagement in Teilabschnitten der Unter-         und Außenweser .....</b>	<b>26</b>
2.5.1 Datengrundlagen.....	26
2.5.2 Gliederung des Untersuchungsgebietes .....	27
2.5.3 Überblick Unterhaltungsbaggerungen in der Unterweser.....	28
2.5.4 Unterhaltungsbaggerungen UW-km 1,4 bis km 20 .....	31
2.5.5 Unterhaltungsbaggerungen UW-km 20 bis km 51 .....	34
2.5.6 Unterhaltungsbaggerungen UW-km 51 bis km 65 .....	38
2.5.7 Unterhaltungsbaggerungen in der Außenweser .....	40
<b>2.6 Unterhaltungsbaggerungen im Hauptlaichgebiet der Finte in der         Unterweser .....</b>	<b>46</b>
<b>2.7 Unterbringung von Baggergut aus Unter- und Außenweser.....</b>	<b>55</b>
2.7.1 Unterbringungsstellen in der Unterweser .....	55
2.7.2 Unterbringungsstellen in der Außenweser.....	58
2.7.3 Ufervorspülungen in der Unterweser.....	75
<b>2.8 Aktuelles Sedimentmanagement in der Tidehunte.....</b>	<b>77</b>
<b>3. Kurzcharakteristik des ökologischen Systems.....</b>	<b>85</b>
<b>3.1 Ökologisches Leitbild .....</b>	<b>85</b>
<b>3.2 Hydrologie.....</b>	<b>86</b>
3.2.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands .....	86
3.2.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP .....	93
<b>3.3 Hydromorphologie .....</b>	<b>93</b>
3.3.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands .....	93
3.3.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP .....	104
<b>3.4 Wasserbeschaffenheit und Phytoplankton.....</b>	<b>105</b>
3.4.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands .....	105
3.4.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP .....	116

<b>3.5 Schadstoffbelastungen und ökotoxikologische Wirkungen .....</b>	<b>117</b>
3.5.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands .....	118
3.5.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP .....	136
<b>3.6 Fauna .....</b>	<b>137</b>
3.6.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands .....	137
3.6.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP .....	141
<b>3.7 Vegetation.....</b>	<b>143</b>
3.7.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands .....	144
3.7.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP .....	148
<b>3.8 Interdisziplinäre Sicht auf Sedimenthaushalt und Trübung.....</b>	<b>148</b>
3.8.1 Feststoffhaushalt/-bilanz.....	148
3.8.2 Trübung in Abhängigkeit gewässerkundlicher Parameter .....	154
<b>3.9 Zusammenfassung der wichtigsten Defizite und Bezug zum Sedimentmanagement .....</b>	<b>158</b>
<b>4. Zusammenhänge zwischen Sedimentmanagement und ökologischem System .....</b>	<b>164</b>
<b>4.1 Abhängigkeiten der Baggervolumina vom Oberwasserabfluss .....</b>	<b>164</b>
<b>4.2 Auswirkungen der Unterhaltungsbaggerung in der Tideweser auf das ökologische System .....</b>	<b>168</b>
<b>5. Diskussion von Handlungsoptionen .....</b>	<b>189</b>
<b>5.1 Minimierung von Unterhaltungsbaggerungen bzw. Optimierung von Unterhaltungsmengen und -zeiten .....</b>	<b>189</b>
5.1.1 Weitere Möglichkeiten zur bedarfsorientierten Unterhaltung .....	190
5.1.2 Optimierung des Vorratsmaßes .....	191
5.1.3 Minimierung von Unterhaltungsbaggerungen in der Hauptlaichzeit der Finte und während anderer sensibler Zeiten .....	193
5.1.4 Weitergehende Ansätze zur Minimierung des Unterhaltungsbedarfs (Fahrrinnenverschwenkungen, Strombau u. ä.).....	196
<b>5.2 Minimierung der Auswirkungen des Baggervorgangs .....</b>	<b>198</b>
5.2.1 Hopperbaggerung .....	199
5.2.2 Wasserinjektionsverfahren.....	200
5.2.3 Zeitliche Aspekte (Beschränkung der Baggerungen auf bestimmte Tidephasen und Tageszeiten).....	202
<b>5.3 Optimierung der Unterbringung von Baggergut .....</b>	<b>203</b>
5.3.1 Diskussion der vorhandenen Unterbringungsstellen .....	204
5.3.2 Ökologische Vor- und Nachteile des Sedimentverbleibs beim WI-Verfahren.....	206
5.3.3 Zeitliche Aspekte (Tidephasen, Oberwasser) .....	208
5.3.4 Möglichkeiten der Nutzung von Baggergut zur Ufersicherung (Sandvorspülungen).....	208
5.3.5 Möglichkeiten zur Sicherung/Förderung von Strukturvielfalt durch Nutzung von Baggergut (oder gezielte Unterhaltungsbaggerungen).....	209
5.3.6 Möglichkeiten der Nutzung von Baggergut zur Dämpfung der Tideenergie .....	211
5.3.7 Nutzung von Baggergut als Baustoff.....	211

5.3.8	Baggergutentnahme aus dem System zur Verbesserung der Schadstoffsituation .....	212
<b>5.4</b>	<b>Weitere Handlungsfelder .....</b>	<b>212</b>
5.4.1	Unterhaltung von Nebenarmen .....	212
5.4.2	Einflussnahme zur Reduzierung von Schadstoffeinträgen .....	214
5.4.3	Einflussnahme auf organischen Eintrag, Nährstoff- und Salzeinträge aus der Mittelweser bzw. dem gesamten Einzugsgebiet.....	214
<b>6.</b>	<b>Konzept/Empfehlungen für das Sedimentmanagement und Ausblick.....</b>	<b>216</b>
6.1	Steckbriefe zu Teilabschnitten mit Empfehlungen für die Unterhaltung .....	216
6.2	Allgemeine Empfehlungen .....	225
6.3	Empfehlungen zu Monitoring und Untersuchungen für das Sedimentmanagement .....	227
<b>7.</b>	<b>Abkürzungen.....</b>	<b>230</b>
<b>8.</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>232</b>

## **Anhang**

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.2-1: Übersichtskarte des Betrachtungsraums .....	14
Abbildung 1.2-2: Entwicklung der Ausbautiefen in Tideweser und Hunte .....	15
Abbildung 2.3-1: Ausschnitt aus dem Baggerauftrag vom 30.06.2010, km 29 bis 30,25.....	22
Abbildung 2.4-1: Jährliche Baggervolumina Hauptfahrwasser Ems, Weser und Elbe ohne Berücksichtigung von Investitionsmaßnahmen und Sandentnahmen Dritter (Quelle: Daten BBK).....	23
Abbildung 2.4-2: Jährliche Baggervolumina in der Tideweser mit Wendestelle Bremerhaven (Quelle: Daten BBK).....	24
Abbildung 2.4-3: Jährliche Baggervolumina in Unter- und Außenweser mit Wendestelle in Bremerhaven (Quelle: Daten BBK).....	25
Abbildung 2.5-1: Jährliche Baggervolumina in den vier Teilbereichen der Unterweser.....	28
Abbildung 2.5-2: Prozentanteil bezogen auf die jährliche Gesamtbaggermenge UW.....	28
Abbildung 2.5-3: Prozentanteil bezogen auf die jährliche Gesamtbaggermenge UW und AW.....	29
Abbildung 2.5-4: Mittlere Baggervolumina bezogen auf die Fahrrinnenfläche des Teilabschnitts .....	29
Abbildung 2.5-5: Mittlere jährliche Baggervolumina bezogen auf den Flusskilometer .....	30
Abbildung 2.5-6: Mittlerer Mindertiefenanteil bezogen auf die Fahrrinnenfläche des Teilabschnittes .....	30
Abbildung 2.5-7: Jährliche Baggervolumina in Teilabschnitten km 1,4 bis km 20 (Quelle: Daten BBK) .....	32
Abbildung 2.5-8: Mittlerer jährlicher Mindertiefenanteil km 1,1 bis km 10 .....	33
Abbildung 2.5-9: Mittlerer jährlicher Mindertiefenanteil km 10 bis km 20 .....	33
Abbildung 2.5-10: Darstellung von Unterhaltungsbaggerungen in der Riffelstrecke der Unterweser .....	35
Abbildung 2.5-11: Jährliche Baggervolumina in Teilabschnitten km 20 bis km 51 (Quelle: Daten BBK) .....	36
Abbildung 2.5-12: Mittlerer Mindertiefenanteil km 20 bis km 35,5.....	36
Abbildung 2.5-13: Mittlerer Mindertiefenanteil km 35,5 bis km 52,5.....	37
Abbildung 2.5-14: Mittlerer Mindertiefenanteil km 52,5 bis km 65.....	39
Abbildung 2.5-15: Mittlerer Mindertiefenanteil km 65 bis km 91.....	42
Abbildung 2.5-16: Mittlerer Mindertiefenanteil km 91 bis km 119.....	42
Abbildung 2.5-17: Baggervolumina in Teilabschnitten der Außenweser ohne Sandentnahmen .....	43
Abbildung 2.5-18: Prozentanteil bezogen auf die jährlichen Baggervolumina der Außenweser ohne Sandentnahmen .....	44
Abbildung 2.5-19: Jährliche Baggervolumina bezogen auf die Fahrrinnenfläche ohne Sandentnahmen .....	44
Abbildung 2.5-20: Jährliche Baggervolumina bezogen auf den Flusskilometer ohne Sandentnahmen .....	45
Abbildung 2.5-21: Mittlerer Mindertiefenanteil bezogen auf die Fahrrinnenfläche des Teilabschnittes .....	45

Abbildung 2.6-1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes.....	46
Abbildung 2.6-2: Baggervolumina im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 - 35).....	48
Abbildung 2.6-3: Anzahl der Baggerkampagnen im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 - 35).....	49
Abbildung 2.6-4: Anzahl der Baggertage im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 - 35).....	49
Abbildung 2.6-5: Anzahl der Baggerstunden im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 - 35).....	50
Abbildung 2.6-6: Baggervolumina in Teilabschnitten des Hauptlaichgebietes der Finte (km 20 - 35).....	52
Abbildung 2.6-7: Baggerhäufigkeiten in Teilabschnitten des Hauptlaichgebietes der Finte (km 20 - 35).....	52
Abbildung 2.6-8: Baggertage in Teilabschnitten des Hauptlaichgebietes der Finte (km 20 - 35).....	52
Abbildung 2.6-9: Baggerstunden in Teilabschnitten des Hauptlaichgebietes der Finte (km 20 - 35).....	52
Abbildung 2.6-10: Mittlerer Flächenanteil von Mindertiefen an der Fahrrinne im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 - km 35).....	53
Abbildung 2.6-11: Flächenanteil von Mindertiefen im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 - km 35).....	54
Abbildung 2.6-12: Maximaler Flächenanteil von Mindertiefen in Teilabschnitten des Hauptlaichgebietes der Finte (km 20 - km 35).....	54
Abbildung 2.7-1: Längsprofil Richtfeuerlinie km 40 - km 55 mit Angabe der Unterbringungsbereiche (Quelle: WSA Bremerhaven 2009).....	56
Abbildung 2.7-2: Beschickung der Unterweser-Unterbringungsstellen im Zeitraum 1996 - 2011 (Quelle: WSA Bremerhaven).....	57
Abbildung 2.7-3: Lageplan Außenweser-Unterbringungsstellen (Quelle: WSA Bremerhaven).....	58
Abbildung 2.7-4: Beschickung Unterbringungsstellen in der Außenweser (Quelle: WSA Bremerhaven).....	60
Abbildung 2.7-5: Jährliche Menge untergebrachtes Baggergut in der Außenweser zwischen 1999 und 2010 (Quelle: WSA Bremerhaven).....	60
Abbildung 2.7-6: Lageplan der Unterbringungsstellen Robbensüdsteert (K1) und Wremer Loch (T1).....	61
Abbildung 2.7-7: Topographie im weiteren Umfeld der Unterbringungsstellen Robbensüdsteert (K1) und Wremer Loch (T1).....	62
Abbildung 2.7-8: Querprofil auf der Unterbringungsstelle Robbensüdsteert (K1) bei km 80,50 in Flucht der Buhnen.....	62
Abbildung 2.7-9: Lageplan der Unterbringungsstellen Langlütjensand Nord (K2) und Robbenplate Nord (K3).....	64
Abbildung 2.7-10: Topographie im Umfeld der Unterbringungsstellen Langlütjensand Nord (K2) und Robbenplate Nord (K3).....	65
Abbildung 2.7-11: Querprofil im Bereich der Unterbringungsstellen K2 und K3 bei Weser-km 87,9.....	65
Abbildung 2.7-12: Topographie im Umfeld der Unterbringungsstellen Robbennordsteert (K4) und Fedderwarder Fahrwasser (T2).....	67

Abbildung 2.7-13: Tiefenlinienänderungen SKN, - 8 mSKN und - 16 mSKN (LAT 2004 - 2006) .....	67
Abbildung 2.7-14: Lage und Topographie im Umfeld der Unterbringungsstellen Dwarsgat (K5) und Hoheweg Rinne (T3) .....	68
Abbildung 2.7-15: Topographie im Umfeld der Unterbringungsstelle Roter Grund (K6) .....	70
Abbildung 2.7-16: Zeit-Weg-Profil bei km 113,8 (Mittelplate - Leuchtturm Roter Sand - Leuchtturm Alte Weser) .....	70
Abbildung 2.7-17: Querprofil km 81 auf Höhe der Unterbringungsstelle T1 .....	72
Abbildung 2.7-18: Querprofil km 91 auf Höhe Unterbringungsstelle T2 in den Jahren 2001 und 2009 .....	73
Abbildung 2.7-19: Topographie im Umfeld der Unterbringungsstelle Hoheweg Rinne (T3) .....	74
Abbildung 2.7-20: Längsprofil in der Richtfeuerlinie (Peilung 2007) .....	74
Abbildung 2.7-21: Jährliche Gesamtvolumina Ufervorspülungen Unterweser km 23,5 bis km 40 .....	76
Abbildung 2.7-22: Schematische Darstellung von Ufervorspülungen Unterweser-km 23,5 bis km 40 .....	76
Abbildung 2.8-1: Übersichtsplan der Unteren Hunte (Ausschnitt aus der DBWK 200) .....	78
Abbildung 2.8-2: Baggerungen in der Tidehunte von 1980 bis 2012 .....	80
Abbildung 2.8-3: Mittlerer jährl. Mindertiefenanteil bezogen auf die Fahrrinnenfläche (Hunte-km 0 - 12,3) .....	82
Abbildung 2.8-4: Mittlerer jährl. Mindertiefenanteil bezogen auf die Fahrrinnenfläche (Hunte-km 12,3 - 24,7) .....	82
Abbildung 3.2-1: Vieljährig gemittelte Tageswerte der Zeitreihe 1858 - 2010 am Pegel Intschede (rot) sowie die höchsten und niedrigsten Tageswerte (blau) (Daten: WSA Verden) .....	87
Abbildung 3.2-2: Abflüsse: Tageswerte (blau) und Monatsmittelwerte (rot) für die Zeitspanne vom 1. November 1991 bis 31. Oktober 2010 am Pegel Intschede (Daten: WSA Verden) .....	88
Abbildung 3.2-3: Hydrologischer Längsschnitt des Tidebereichs der Weser für das gewässerkundliche Jahr 2010 (rot) sowie die 10-jährigen Mittelwerte 2001 - 2010 (gestrichelt) (WSA Bremen und WSA Bremerhaven) .....	89
Abbildung 3.2-4: Entwicklung des Tidehubes an den Pegeln Nordenham, Elsfleth, Vegesack und Große Weserbrücke von 1881/91 bis 2011 (Daten: WSÄ Bremen und Bremerhaven) .....	91
Abbildung 3.2-5: Verlauf der Tidekurve vom Leuchtturm Alte Weser bis zur Großen Weserbrücke am Beispiel der Tide vom 14.08.2010 (WSÄ Bremen und Bremerhaven) .....	91
Abbildung 3.3-1: Korngrößenverteilung der Weser in der Fahrrinne (Daten: WSA Bremerhaven) .....	96
Abbildung 3.3-2: Verhältnis des mittleren Geschiebetransport mit dem Flutstrom zum mittleren Geschiebetransport mit dem Ebbestrom (F:E), Summe aller Fraktionen (BAW 2006) .....	97

Abbildung 3.3-3: Morphologische Zonen (Flachwasserbereiche, Tiefenwasserbereiche etc.) in der Unterweser .....	99
Abbildung 3.3-4: Differenzenraster für die Jahre 2005 und 2006 für km 50 bis km 52,5 der Weser (WSA Bremerhaven) .....	100
Abbildung 3.4-1: Längsprofile des Sauerstoffgehaltes, der Leitfähigkeit sowie der Trübung in der Unterweser bis km 80 am 07. August 2003 .....	106
Abbildung 3.4-2: Längsprofile der Sauerstoffsättigung, der Leitfähigkeit sowie der Trübung in der Unterweser bis km 80 am 27. März 2003 .....	107
Abbildung 3.4-3: Jahresgang des Sauerstoffgehaltes in der Unterweser bei Farge (km 26) im Jahr 2005 (Messwerte alle 5 Minuten) .....	108
Abbildung 3.4-4: Jahresgang des Sauerstoffgehaltes in der Unterweser bei Farge (km 26) im Jahr 2011 .....	108
Abbildung 3.4-5: Schema über die Zusammensetzung von Schwebstoffen .....	110
Abbildung 3.4-6: Längsprofil der Sauerstoffsättigung, des Salzgehaltes, des Schwebstoffs, des Chlorophylls sowie des TOC- und DOC-Gehaltes in der Unter- und Außenweser im Juni 2011. ....	111
Abbildung 3.4-7: Längsprofil der Sauerstoffsättigung, des Salzgehaltes, des Schwebstoffs, des Chlorophylls sowie des TOC- und DOC-Gehaltes in der Unter- und Außenweser im August 2011. ....	112
Abbildung 3.4-8: Korrelationen von Schwebstoffgehalt und Chlorophyll-a-Gehalt für die Messfahrten in der Tideweser der Jahre 2009 und 2010. Proben aus dem limnischen Abschnitt (grün), aus dem Brackwasserabschnitt (orange) und aus dem polyhalinen Abschnitt (blau).....	113
Abbildung 3.4-9: Dauermessungen des Sauerstoffgehaltes in der Hunte an der Station Reithörne in den Jahren 2010 und 2011 .....	115
Abbildung 3.5-1: Gehalte ausgewählter Schwermetalle und von Arsen in der Fraktion < 20 µm von rezenten Feststoffen im Längsverlauf der Tideweser (2008 - 2010) .....	120
Abbildung 3.5-2: Gehalte ausgewählter organischer Schadstoffe und von TBT in der Fraktion < 20 µm von rezenten Feststoffen im Längsverlauf der Tideweser (2008 - 2010) .....	120
Abbildung 3.5-3: Zinkgehalte in Schichttiefen bis zu 90 cm aus strömungsberuhigten Seitenbereichen der Tideweser (Probenahme August 2011) .....	122
Abbildung 3.5-4: Gehalte ausgewählter Schwermetalle und organischer Schadstoffe in Oberflächenproben aus strömungsberuhigten Seitenbereichen der Tideweser (Probenahme August 2011) .....	123
Abbildung 3.5-5: Zeitliche Entwicklung der Cadmiumgehalte an Dauermessstationen im Längsverlauf der Weser von 1989 bis 2010 und Oberwasserabfluss bei Intschede, Weser-km 331 (durchgezogene Linien: Trendlinien; orangenes Oval kennzeichnet Beispiel für parallelen Verlauf Cd-Konzentration - Oberwasserabfluss bei Farge) .....	132
Abbildung 3.5-6: Gradient des ökotoxikologischen Potenzials an Oberflächen- und Bohrkernsedimenten im Verlauf der Tideweser (km 6 bis km 110) aus den Jahren 1997, 1998, 2001, 2004, 2005, 2011 .....	136



Abbildung 3.8-1: Monatliche Schwebstoffkonzentration und Oberwasserabfluss am Pegel Intschede zwischen 2004 und 2011 .....	150
Abbildung 3.8-2: Tagesmittelwerte für Chlorophyll und Trübung an der Station Oslebshausen (UW-km 8) im Zeitraum März bis Oktober 2011 .....	151
Abbildung 3.8-3: Räumliche und zeitliche Entwicklung der Cadmiumgehalte in der Tideweser und Oberwasserabfluss am Pegel Intschede .....	152
Abbildung 3.8-4: Anteile mariner Feinsedimente im Längsverlauf des Weserästuars .....	153
Abbildung 3.8-5: Mittlere monatliche Werte für Trübung an verschiedenen Messstellen in der Tideweser und Oberwasserabfluss am Pegel Intschede .....	155
Abbildung 3.8-6: Lage des Trübungsmaximums basierend auf Naturmessungen des WSA Bremerhaven (Punkte) und Modellergebnissen (durchgezogene Linie) für verschiedene Oberwasserabflüsse (Daten aus Kösters & Grabemann (in Vorbereitung)) .....	156
Abbildung 3.8-7: Häufigkeitsverteilung der Lage der oberen Brackwasserzone bei Flut- und Ebbestromkenterung bei einem Salzgehalt von 2,5‰ für den Zeitraum 06/1997 bis 10/2011. Intervallbreite für die Häufigkeitsverteilung 500 m (WSA Bremerhaven 2012) .....	157
Abbildung 4.1-1: Zeitlicher Verlauf des monatlichen Mittel des Oberwasserabflusses sowie der monatlichen Baggermengen der Tideweser von km 20 - 51 (2004 - 2010) .....	164
Abbildung 4.1-2: Zeitlicher Verlauf des monatlichen Mittel des Oberwasserabflusses sowie der monatlichen Baggermengen der Tideweser von km 51 - 58 (2004 - 2010) .....	165
Abbildung 4.1-3: Zeitlicher Verlauf des monatlichen Mittel des Oberwasserabflusses sowie der monatlichen Baggermengen der Tideweser von km 58 - 65 (2004 - 2010) .....	166
Abbildung 4.1-4: Trübung an der Messstelle in Blexen und monatliche Baggermengen im Abschnitt km 58 - 65 .....	167
Abbildung 4.1-5: Zeitlicher Verlauf des monatlichen Mittel des Oberwasserabflusses sowie der monatlichen Baggermengen der Tideweser von km 65 - 78 (2004 - 2010) .....	167
Abbildung 4.2-1: Übersicht der Wirkungszusammenhänge bei Unterhaltungsbaggerungen (verändert nach BfG 2008) .....	168
Abbildung 4.2-2: Schematische Darstellung der Verbringewege von Unterhaltungsbaggergut in der Tideweser .....	171
Abbildung 4.2-3: Zusammenhang zwischen TOC-Gehalt und Feinkornanteil im Baggergut der Unterweser mit Zuordnung der Proben zu Hauptstrom bzw. Seitenbreichen .....	176
Abbildung 4.2-4: Zusammenhang zwischen N-Gehalt und TOC-Gehalt im Baggergut der Unterweser mit Zuordnung der Proben zu Hauptstrom bzw. Seitenbreichen und Angabe des Richtwertes 1 für Gesamt-N-Gehalt der Sedimente der GÜBAK .....	176

Abbildung 4.2-5: Zusammenhang zwischen P-Gehalt und TOC-Gehalt im Baggergut der Unterweser mit Zuordnung der Proben zu Hauptstrom bzw. Seitenbereichen und Angabe des Richtwertes 1 für Gesamt-P-Gehalt der Sedimente der GÜBAK .....	176
Abbildung 4.2-6: Zusammenhang zwischen Sauerstoffzehrung und TOC-Gehalt im Baggergut der Unterweser mit Zuordnung der Proben zu Hauptstrom bzw. Seitenbereichen und Bewertung der Sauerstoffzehrung nach BfG-Verfahren (Müller et al. 1998) .....	177
Abbildung 5.1-1: Beispielhafte Übersicht über relevante Wanderungs- und Laichzeiten (Quelle: Maßnahmenblatt I-2 aus NLWKN & SUBV 2012) .....	193

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.2-1: Salzgehaltszonen im Weserästuar (nach KÜFOG 2011) .....	13
Tabelle 2.7-1: Kenndaten Unterbringungsstellen der Außenweser (Quelle: WSA Bremerhaven 2007a) .....	58
Tabelle 3.5-1: Schadstoffbelastung der Sedimente und Schwebstoffe der Unter- und Außenweser (in < 20 µm-Fraktion) .....	125
Tabelle 3.5-2: Schadstoffbelastung der Sedimente und Schwebstoffe der Unter- und Außenweser (in < 20 µm-Fraktion) .....	126
Tabelle 4.2-1: Mittlere Zusammensetzung frischer Sedimente an der BfG-Dauermessstelle Nordenham und Bremerhaven für den Zeitraum 2011 und 2012, n = 24. ....	177

# 1. Einleitung

## 1.1 Anlass und Zielsetzung

Die Tideweser ist als seewärtige Zufahrt zu den Seehäfen in Bremen, Brake, Nordenham und Bremerhaven eine international bedeutsame Wasserstraße. Sie ist für die im- und exportorientierte Wirtschaft von nationaler Bedeutung und bildet gleichzeitig für die Unterweserregion eine wichtige wirtschaftliche Lebensader. Aufgabe der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) ist es daher, zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs u. a. das Gewässerbett und die Ufer dieser Bundeswasserstraße in einem ordnungsgemäßen Zustand zu halten. Hierfür sind insbesondere die erforderlichen Tiefen und Breiten der planfestgestellten Fahrrinne zu gewährleisten.

Zugleich ist die Tideweser ein besonders wertvolles Ökosystem, dessen auch aus europäischer Sicht herausragender Bedeutung angemessen gerecht zu werden die WSV gleichermaßen verpflichtet ist. Die sich aus der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) ergebenden Anforderungen wurden in dem Bewirtschaftungsplan und Maßnahmenprogramm für die Flussgebietseinheit Weser (FGG Weser 2009a + b) festgelegt bzw. ergeben sie sich aus dem Integrierten Bewirtschaftungsplan (IBP) Weser (NLWKN & SUBV 2012). Beide Planwerke zielen auf eine ganzheitliche Betrachtung, sowohl in räumlicher Hinsicht (ganzes Flusssystem bzw. Ästuar) als auch bzgl. einer integrierten Betrachtung relevanter Schutzgüter und anderer Belange/Nutzungen.

Ein geeignetes Instrument zur Erfüllung der verkehrlichen und der ökologischen Anforderungen ist ein beide Aspekte integrierendes Sedimentmanagement; es wurde daher jeweils in den v. g. Bewirtschaftungsplänen als Maßnahme aufgenommen (insbes. IBP-Maßnahme I-8, Maßnahmenblatt im Anhang). Die Wasser- und Schifffahrtsämter (WSÄ) Bremen und Bremerhaven haben aus diesem Grunde die Bundesanstalt für Gewässerkunde beauftragt, ein diesen Ansprüchen genügendes Sedimentmanagementkonzept zu entwickeln.

Das hier vorliegende Sedimentmanagementkonzept zeigt Handlungsoptionen für die Berücksichtigung ökologischer und verkehrswirtschaftlicher Gesichtspunkte bei Unterhaltungsbaggermaßnahmen auf und versteht sich als WSV-Beitrag für die WRRL- und Natura-2000-Bewirtschaftungsplanung. Es dient damit zugleich der Umsetzung der erweiterten WSV-Aufgabe „wasserwirtschaftliche Unterhaltung“ (siehe hierzu BMVBS 2010). Dabei sind ökologische und verkehrlich-wirtschaftliche Zielsetzungen nicht grundsätzlich gegensätzlich, es gibt durchaus übereinstimmende Ziele, insbesondere die Minimierung von Baggerungen und Transportwegen. Außerdem soll das vorliegende Konzept dazu beitragen, gegensätzliche Ziele innerhalb der ökologischen/naturschutzfachlichen Betrachtung ebenso transparent zu machen wie den Umgang mit diesen Zielkonflikten im Rahmen des Sedimentmanagements.

Unter einem Sedimentmanagement versteht man die auf eine definierte räumliche Einheit (z. B. Ästuar, inneres Küstengewässer oder Flussgebiet) bezogene Gesamtheit aller Aktivitäten, welche den bestehenden quantitativen und qualitativen Sedimentzustand unter der Maßgabe der Nachhaltigkeit beeinflussen (Definition nach HABAG (in Vorbereitung)). Hierzu zählen Maßnahmen, denen der direkte Umgang mit dem Sediment eigen ist, wie Baggerungen und ein Geschiebemanagement. Daneben gibt es weitere auf den Sedimenthaushalt des Systems zielende Maßnahmen wie zum Beispiel Strombau, Oberwasser- und Tidesteuerung durch Wehre bzw. Sperrwerke sowie die Anlage von Flachwasserzonen/Tidespeicherbecken. Solche weiteren Maßnahmen wurden teils durch die WSV, teils im Rahmen der Aufstellung der oben genannten Bewirtschaftungspläne im Hinblick auf ihre grundsätzliche Eignung beurteilt und, soweit als Erfolg versprechend erkannt, in jenen Bewirtschaftungsplänen gesondert aufgenommen. Da die WSÄ Bremen und Bremerhaven die so festgelegten Maßnahmen, insofern sie dafür zuständig sind, gesondert ebenfalls verfolgen, konzentriert sich das hier vorgelegte Konzept auf das Sedimentmanagement in einem engeren Sinne, d. h. auf die Baggerungen und die Unterbringung im System.

Das Konzept betrachtet Möglichkeiten zur Minimierung des Umfangs von Baggerungen, verschiedene Baggerverfahren, die Unterbringung von Baggergut, zeitliche Aspekte sowie verschiedene räumliche Ebenen (ästuarbezogene bis ausgewählte lokale Fragestellungen). Qualitative Aspekte des Baggerguts werden ebenfalls mit behandelt. Anders als bei der in Bearbeitung befindlichen HABAG, welche als allgemeingültige Vorschrift den Umgang mit dem Baggern und Unterbringen von Sedimenten regelt, geht es in dem Sedimentmanagementkonzept darum, wie diese Unterhaltungstätigkeiten speziell im Weserästuar zum Erreichen übergeordneter verkehrswasserbaulicher, gewässerökologischer und naturschutzfachlicher Ziele angepasst werden können. Es soll - nach fachlicher Einbindung der am IBP Weser beteiligten Mitglieder der zuständigen Behörden Niedersachsens und Bremens - in den auftraggebenden Wasser- und Schifffahrtsämtern die Grundlage für das konkrete Baggergutmanagement der jeweils anstehenden Baggermaßnahmen bilden.

Dem ganzheitlichen Ansatz folgend werden alle Unterhaltungsbaggerungen/Umlagerungen der WSV im Zuständigkeitsbereich der WSÄ Bremen und Bremerhaven berücksichtigt, soweit dort Tideeinfluss besteht, d. h. insbesondere diejenigen in der Unter- und Außenweser (einschließlich der hafenbezogenen Wendestelle Bremerhaven), grundsätzlich jedoch auch im Lesum-Mündungsbereich und der Unteren Hunte. Umlagerungen von Sediment als alternative Form der Ufersicherung („weicher Strombau“) werden gleichfalls mit einbezogen.

## 1.2 Übersicht über das Bearbeitungsgebiet

Das Bearbeitungsgebiet umfasst die Tideweser vom Bremer Weserwehr bei km -4 bis zur seewärtigen Grenze etwa bei km 130 (vgl. Abbildung 1.2-1). Die wesentlichen Teilbereiche sind

- > die Außenweser (km 65 bei Bremerhaven bis km 130) und
- > die Unterweser (Bremer Weserwehr bis km 65).

Wie im vorigen Unterkapitel bereits erwähnt, wird auch die Untere Hunte ab Oldenburg im vorliegenden Konzept mit betrachtet. Die seitliche Grenze des Bearbeitungsgebiets orientiert sich an der MThw-Linie, sofern fachlich geboten werden jedoch auch oberhalb liegende Bereiche berücksichtigt.

Entsprechend dem zum Meer hin zunehmenden Salzgehalt ergibt sich die in Tabelle 1.2-1 aufgeführte Zonierung des Weserästuars (vgl. auch Abbildung 1.2-1), wobei die tatsächliche Lage der Zonen in Abhängigkeit von Tidephase und Oberwasserverhältnissen variabel ist.

**Tabelle 1.2-1: Salzgehaltszonen im Weserästuar** (nach KÜFOG 2011)

Lage	Salinitätszone
bis ca. km 40 bei Brake	limnischer Bereich (Süßwasser)
ca. km 40 bis km 65	Oligohalinikum (Brackwasserzone)
ca. km 65 bis km 80	Mesohalinikum
ca. km 80 bis km 115	Polyhalinikum
ca. ab km 115	Euhalinikum (marine Zone)

Für das Sedimentmanagement ist außerdem der Abschnitt der sogenannten „Schlickstrecke“ etwa von km 55 bis km 58 von besonderer Bedeutung.

Entsprechend der Typisierung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie zählt der seewärtige Teil der Außenweser stromab km 85 zum Küstengewässer bzw. der äußerste Bereich bereits zum Küstenmeer (vgl. Abbildung 1.2-1). Das Übergangsgewässer reicht von km 40 bei Brake bis km 85 (Grenze Übergangs- zum Küstengewässer, zugleich seeseitige Grenze des Planungsraums des IBP Weser). Die Unterweser stromauf von Brake zählt zum Gewässertyp „Ströme der Marschen“ und der betrachtete Abschnitt der Hunte ist dem Typ „Flüsse der Marschen“ zugeordnet (FGG Weser 2005, KÜFOG 2011).

Nahezu die gesamte Tideweser ist Teil des europäischen Schutzgebietsnetzes „Natura 2000“, also als FFH- und/oder europäisches Vogelschutzgebiet ausgewiesen. Nur ein kleiner Abschnitt der Unterweser und in der Außenweser die Fahrrinne ab km 85 sind ausgenommen (vgl. NLWKN & SUBV 2012 und Karte der Natura-2000-Gebiete in Anhang II).

Ebenfalls im Anhang findet sich eine Karte mit den wichtigsten im Text verwendeten Ortszeichnungen (Anhang I).

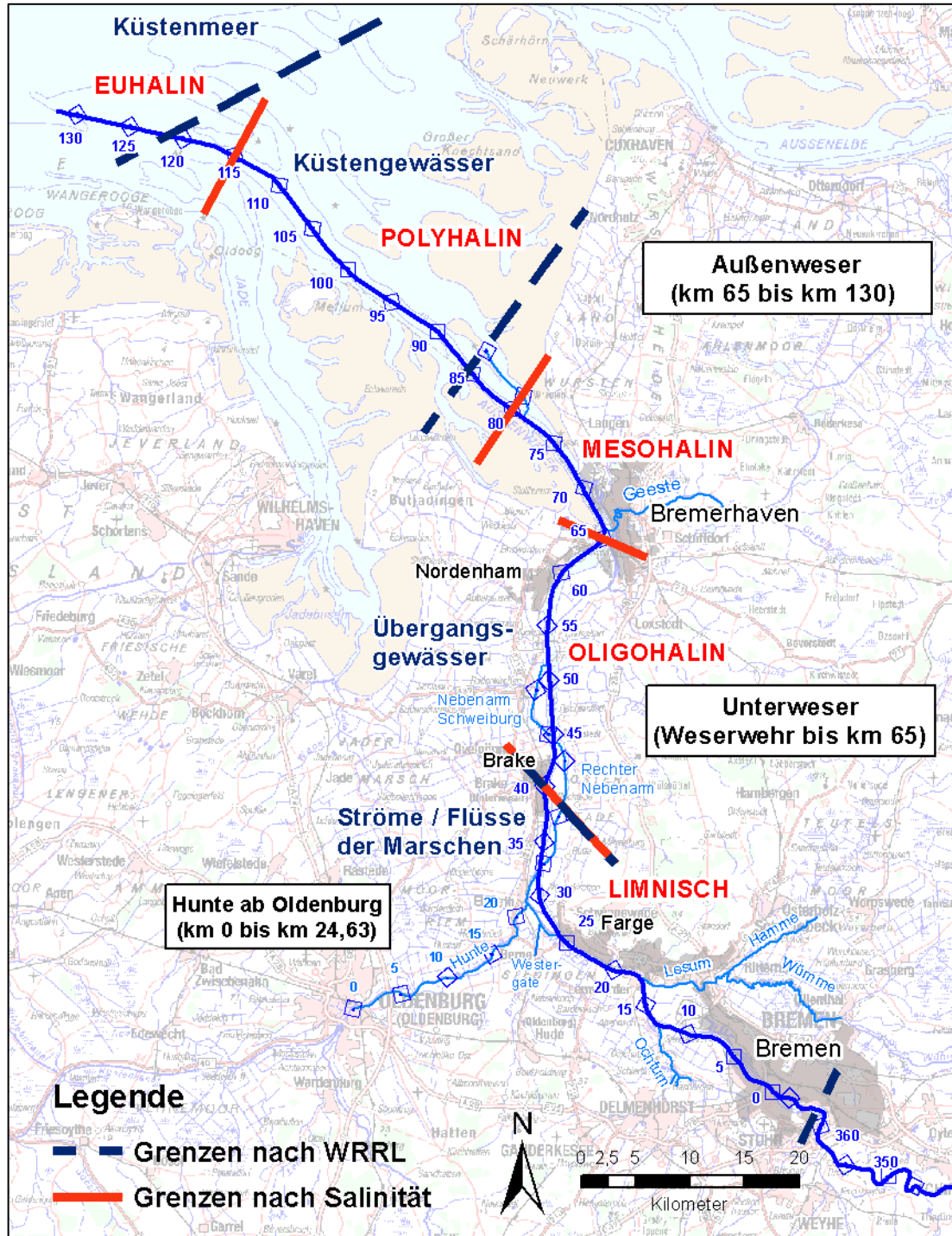


Abbildung 1.2-1: Übersichtskarte des Betrachtungsraums

Abbildung 1.2-2 zeigt eine Übersicht der planfestgestellten Ausbautiefen für Tideweser und Hunte im Längsschnitt - sowohl für den aktuellen Zustand als auch im Rückblick und wie mit der Weseranpassung beantragt.

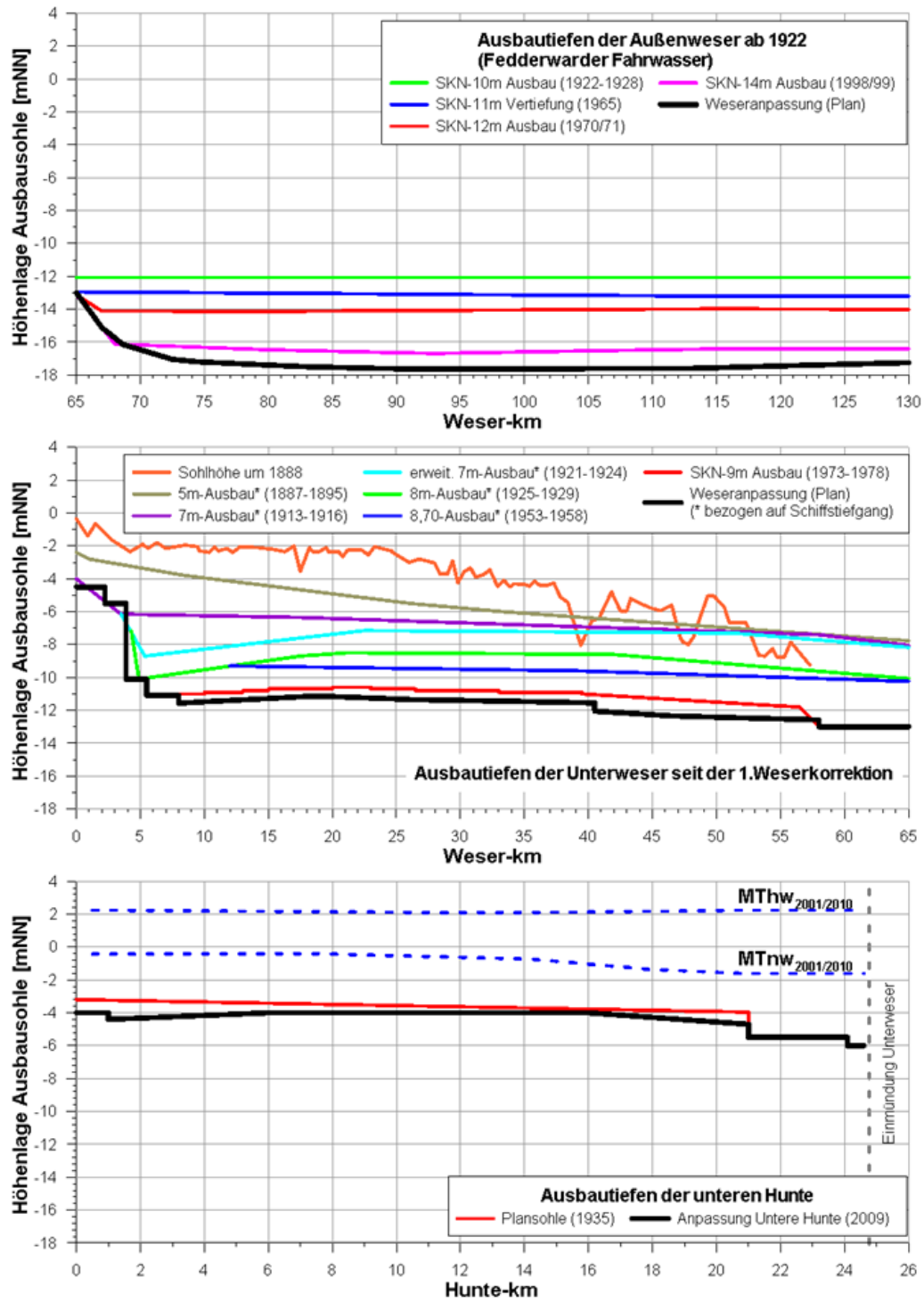


Abbildung 1.2-2: Entwicklung der Ausbautiefen in Tideweser und Hunte

## 2. Aktuelles Sedimentmanagement

Das folgende Kapitel des Sedimentmanagementkonzepts, einschließlich der dazugehörigen in den Anhängen III bis VII zusammengestellten Abbildungen und Tabellen, wurde durch den Sachbereich 2/Gewässerkunde im WSA Bremen erstellt (Bearbeiterin: F. Piechotta) und ist in größtenteils identischer Form auch separat als Gewässerkundlicher Bericht erschienen (WSA Bremen 2013).

Das derzeitig an der Tideweser praktizierte Sedimentmanagement hat sich auf der Grundlage von Untersuchungen und Erfahrungswissen entwickelt und wurde durch weiterführende Untersuchungen und Optimierungsbestrebungen der WSÄ Bremen und Bremerhaven kontinuierlich weiter entwickelt.

### 2.1 Unterhaltungszuständigkeiten

Zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs ist die Sohlhöhe des Gewässers zu überwachen und durch Baggerungen auf die planfestgestellte Sollsohltiefe zu unterhalten. Seitens der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung wird in der Tideweser die Fahrrinne auf einer Gesamtlänge von ca. 130 km unterhalten. Ergänzend zur Fahrrinne, die der Schifffahrt die Zufahrt zu den Häfen entlang der Unter- und Außenweser gewährleistet, werden seitens der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung in der Unterweser auch die WSV-eigenen Bauhäfen der Außenbezirke und Bauhöfe, die Schweiburg, die Wendestellen Brake und Nordenham sowie das Strohauser Sieltief unterhalten. Die Zuständigkeit zur Unterhaltung der Wendestelle Bremerhaven liegt anteilig bei der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung und bei bremenports. Die Tidehunte wird auf der Gesamtlänge von ca. 25 km von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung unterhalten.

Während die Fahrrinnen in der Zuständigkeit der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung liegen, erfolgt die Unterhaltung der Häfen einschließlich der Hafenzufahrten durch die jeweiligen Hafenbetreiber und auch die Unterhaltung der Sportboothäfen wird durch die Sportbootvereine in Eigenregie geregelt.

### 2.2 Unterhaltungstechniken

Bei den Unterhaltungstechniken werden prinzipiell mechanische und hydrodynamische Verfahren unterschieden. Zu den mechanischen Verfahren gehören Baggerungen mit dem Tieflöffelbagger, dem Seilbagger, dem Greifbagger und dem Hopperbagger. Zu den hydrodynamischen Verfahren zählen der Einsatz eines Wasserinjektionsgerätes (WI-Gerät) und einer Schlickegge. Der wesentliche Unterschied zwischen den mechanischen und den hydrodynamischen Verfahren besteht darin, dass beim Einsatz mechanischer Bagger das Sediment von der Sohle gelöst, in einen Behälter (Schute, Laderaum etc.) aufgenommen,



transportiert und an anderer Stelle an Land oder im Gewässer wieder eingebracht wird. Bei den hydrodynamischen Verfahren entfällt 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.

In der Tideweser und der Tidehunte kommen derzeit sowohl mechanische als auch hydrodynamische Unterhaltungstechniken zum Einsatz. Im Rahmen der Unterhaltungstätigkeit durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung sowie durch bremenports werden in der Tideweser Hopperbagger und Wasserinjektionsgeräte eingesetzt, von bremenports außerdem auch Eimerkettenbagger. Seitens einiger Sportbootverbände erfolgt der Einsatz von Schlickeggen sowie Wasserinjektionsgeräten unterschiedlicher Bauart.

Im Folgenden werden die Unterhaltungstechniken, die seitens der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung in der Tideweser und Tidehunte eingesetzt werden, kurz vorgestellt (zur Diskussion von Vor- und Nachteilen aus ökologischer Sicht, vgl. auch Kap. 5.2).

### **Hopperbagger**

Hopperbagger sind selbst fahrende Laderaumsaugbaggerschiffe, mit denen das Baggergut (festes Material) durch Schleppköpfe von der Gewässersohle gelöst und durch ein Saugrohr in den Laderaum im Schiff gepumpt wird. Hopperbagger arbeiten mit Hilfe einer oder mehrerer Kreiselpumpen. Am unteren Ende einer Saugleitung, die seitlich am Schiff angebracht ist, befinden sich so genannte Schleppköpfe. Diese lösen an der Gewässersohle das Sediment, welches als Baggergut bei langsamer Vorwärtsfahrt in den Laderaum gepumpt wird. Das hierbei mit in den Laderaum gepumpte Wasser wird durch einen Überlauf abgelassen. Mit dem Ziel, möglichst viel Feststoff im Laderaum zu haben und andererseits möglichst wenig Material mit dem Wasser in das Gewässer zurückzuführen (Trübungsminimierung), wird für sandiges und schlickiges Material in der Tideweser folgendes Vorgehen praktiziert:

Beim Befüllen des Laderaumes mit Sand wird das bereits vor Baggerbeginn im Laderaum vorhandene Wasser und das beim Baggern hinzukommende Wasser durch die Ladung verdrängt und läuft über Überlaufwehre zurück in den Fluss. Hierbei werden kleinere Mengen Feststoffs mit in das Gewässer zurückgegeben. Je voller der Laderaum wird und je weniger Zeit dem Material zum Absetzen bleibt, desto größer ist der Anteil. In der Praxis wird die Baggerung beendet, wenn es keine Zuladung mehr gibt, d. h. wenn sich kaum noch Material im Laderaum absetzt.

Bei Baggerungen im Schlick wird der Laderaum in der Regel vor Baggerbeginn leer gepumpt, um das gebaggerte Material nicht weiter zu verdünnen. Ansonsten ist das Vorgehen analog zu den Sandbaggerungen, nur dass die Baggerungen bei bindigem Material in der Regel frühzeitig beendet werden. Aufgrund der Dichte des Materials gibt es kaum Zuwachs im Laderaum, wenn dieser voll ist und das Baggergut beginnt, über die Überlaufwehre wieder in das Gewässer zu gelangen. Daher wird mit vollem Laderaum i. d. R. auch der Baggervorgang beendet (WSA Bremerhaven mdl. 2013).

Nach Beendigung des Baggervorgangs wird das Baggergut zu Unterbringungsstellen transportiert und dort umgelagert (siehe Kap. „Unterbringung von Baggergut“). Sofern Ufersicherungsmaßnahmen anstehen, wird sandiges Baggergut auch im Bereich der Unterweserstrände verspült (siehe Kap. „Uferverspülungen in der Unterweser“).

Aufgrund der Gerätegrößen und der Unterhaltungstechnik werden Hopperbagger in der Tideweser vorrangig im Bereich flächiger Sedimentablagerungen wie beispielsweise in der Schlickstrecke der Unterweser sowie in der Außenweser eingesetzt. 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. In den Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ (EAU 2012) werden für Hopperbaggerungen von Sand in einer Wassertiefe zwischen 10 m und 20 m und Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,50 m/s und 1,0 m/s gerätespezifische vertikale Baggertoleranzen von 40 cm bis 50 cm mit einem Zuschlag von 20 cm angegeben und für Schlickbaggerungen vertikale Baggertoleranzen von 30 cm bis 40 cm mit einem Zuschlag von ebenfalls 20 cm.

### **Tieflöffel- und Seilbagger**

Mit Hilfe des Tieflöffelbaggers können auch in schwer erreichbaren Gebieten oder engem Raum kleinere Baggerungen sandigen oder schlickigen Materials vorgenommen werden. Durch den Hydraulikarm können die Baggerungen vergleichsweise präzise durchgeführt werden. Durch die Schneidetechnik der Schaufel kann eine Vermischung der Schichten verhindert werden. Insbesondere bei mit Schadstoffen belasteten Böden eignet sich die Baggerung mit geschlossener Schaufel zur Verminderung der Resuspension beim Auftransport und Verladen in die Schute.

Seilbagger können auf einem Kranschiff oder einem selbstfahrenden oder geschleppten Ponton zum Einsatz kommen. Das sandige oder schlickige Material wird mit einem Greifer aufgenommen und in Schuten zum Abtransport verbracht. Die Arbeitstiefe des Seilbaggers wird durch die Länge des Seils, an dem der Greifer hängt, bestimmt. Dieses Verfahren eignet sich eher für flachere Gewässer mit geringerer Strömung, da der Greifer bei starker Strömung entsprechend verdriftet und Baggerstellen unter diesen Bedingungen weniger präzise abgearbeitet werden können als beispielsweise mit dem Hydraulikbagger.

Früherer und aktueller Einsatz der Baggertechniken in der Tidehunte sind im folgenden Unterabschnitt zum WI-Verfahren mitbehandelt.

### **Wasserinjektionsgerät (WI-Gerät)**

Das Prinzip des Wasserinjektionsverfahrens beruht auf einer Resuspendierung von Sedimenten durch Wasserstrahlen. Durch Düsen, deren Anzahl und Durchmesser je nach WI-Gerät variiert, werden große Mengen Wasser mit geringem Druck in die obere Sedimentschicht gepresst, wobei über der Gewässersohle ein Wasser-Sediment-Gemisch unter Vermeidung einer starken Aufwirbelung der Sedimente entsteht. Dieses Verfahren ist bei sandigem wie

auch im schlackigen Material anwendbar. Die Schichtdicke der Dichteströmung ist abhängig von der Sedimentzusammensetzung. Je größer der Feinkornanteil ist, desto größer sind die Suspensionsfähigkeit und die Höhe der vertikalen Durchmischung in der Wassersäule. Aufgrund der Gerätegrößen und der vergleichsweise guten Manövrierfähigkeit sind Wasserinjektionsgeräte auch für Unterhaltungsarbeiten in engen Revierabschnitten geeignet.

In der Tideweser werden WI-Geräte seit ca. Mitte 2003 eingesetzt. Die Erfahrungen mit dem WI-Gerät haben gezeigt, dass lokale Ablagerungen durch diese Unterhaltungstechnik kleinräumig und effektiv beseitigt werden können. Die Genauigkeit, mit der Sedimentablagerungen beseitigt werden können, hängt maßgeblich von der Gerätetechnik (Anzahl und Wasserdruck der Düsen), den Sedimenteigenschaften und auch der Erfahrung der Schiffsbesatzung ab. In den EAU (2012) sind keine Angaben für Baggertoleranzen beim Einsatz von Wasserinjektionsgeräten enthalten. Erfahrungen mit dem WI-Gerät haben gezeigt, dass die angestrebte Sohlentiefe bei weichen Bodenschichten mit einer gerätespezifischen vertikalen Baggertoleranz von ca. 30 cm hergestellt werden kann. In der Tideweser werden WI-Geräte vorrangig in der Unterweser in dem Streckenabschnitt zwischen dem Weserwehr und Nordenham eingesetzt. In der Außenweser ist der Einsatz von WI-Geräten aufgrund der schnell wechselnden Witterungslage und des fehlenden Dünungskompensators nur bedingt möglich.

Untersuchungen zu den Auswirkungen des WI-Verfahrens auf das Makrozoobenthos, basierend auf einer groß angelegten Messkampagne im Juni 2008 in zwei repräsentativen Gewässerabschnitten der Unterweser, haben gezeigt, dass die Auswirkungen auf den Schwebstoffhaushalt in den überwiegend sandigen Einsatzbereichen des WI-Gerätes in der Unterweser im Allgemeinen gering sind. Erhöhungen der Trübung und des Schwebstoffgehalts traten im Zuge der Baggeraktivitäten nur über kurze Zeiträume und Entfernungen auf. Im Zuge der umfangreichen Messkampagne konnte nachgewiesen werden, dass der Abtransport der durch das WI-Gerät mobilisierten sandigen Sedimente sohlennah erfolgt. In den untersuchten Dünenstrecken zwischen Elsfleth und Farge sowie unterhalb von Rechtenfleth haben sich die durch das WI-Gerät mobilisierten sandigen Sedimente im Umkreis von ca. 50 m um die Baggerstellen (Dünenkuppen) herum in den angrenzenden Dünenflanken und Tälern abgelagert, wobei der Abtransport und die Sedimentation der mobilisierten Sedimente in Hauptströmungsrichtung erfolgte.

Die Ergebnisse der Untersuchungen, die im Rahmen eines Workshops der BfG und der WSÄ Bremen und Bremerhaven im Juni 2010 vorgestellt wurden, sind u. a. in BfG (2011b) veröffentlicht.

In der Tidehunte erfolgten Unterhaltungsbaggerungen in der Vergangenheit in der Regel mit Seil- oder Hydraulikbaggern (Tiefloffelbagger) und Klappschuten. Mit dem Ziel, die Möglichkeiten und den Erfolg anderer Unterhaltungstechniken zu untersuchen, wurden in den Jahren 2001 und 2002 im Gewässerabschnitt unterhalb von km 21 Versuchs-baggerungen mit einem Hopper (2001) und dem WI-Gerät durchgeführt. Der Einsatz des WI-Gerätes stellte sich bei dem in diesem Hunteabschnitt anzutreffenden sandigen Material als eine wirtschaftlich und ökologisch gute Alternative zu den Schwimmgreifern und zum Hopper heraus, so

dass anfallende Unterhaltungsbaggerungen unterhalb von km 21 ab dem Jahr 2002 mit dem WI-Gerät durchgeführt wurden. Nach Fertigstellung der Ausbaumaßnahmen in der Tidehunte erfolgte im Juli 2011 auf der gesamten Strecke eine Versuchsbaggerung mit dem WI-Gerät. Das WI-Gerät erzielte hierbei gute Ergebnisse bei der Beseitigung geringer Mindertiefen. Die besten Ergebnisse wurden erreicht, wenn in der Nähe der Baggerstellen Übertiefen in der Gewässersohle vorhanden sind, in die das mobilisierte Sediment verdriften kann. Bei der Baggerung bindiger Sedimente, die überwiegend im oberen Bereich der Tidehunte oder in strömungsberuhigten Seitenbereichen auftreten, ist die Unterhaltungstechnik auch von der Qualität der Sedimente abhängig.

Sofern Schadstoffbelastungen vorliegen, ist der Einsatz eines Hydraulik- oder Seilbaggers erforderlich, um die belasteten Sedimente aus dem Gewässersystem zu entfernen. Bei unbelasteten bindigen Sedimenten ist der WI-Einsatz möglich. Um mögliche negative Auswirkungen auf die Trübungs- und Sauerstoffentwicklung in der Tidehunte zu verhindern, werden Unterhaltungsbaggerungen mit dem WI-Gerät möglichst zwischen Herbst und Frühjahr durchgeführt. Grundsätzlich gelten in der Tidehunte für die Umlagerung unbelasteter, bindiger Sedimente mit dem WI-Gerät Empfehlungen zur Minimierung ökologischer Auswirkungen u. a. bzgl. Sauerstoffgehalt und Wassertemperatur (vgl. Kap. 2.8).

## **2.3 Feststellung des Baggerbedarfs und zeitlicher Rahmen bis zur Baggerung**

### **2.3.1 Feststellung des Baggerbedarfs**

#### **Feststellung des Baggerbedarfs in der Fahrrinne**

Für die zu beauftragenden Baggerungen werden dem Baggerbüro von der Seevermessung Peilungen zur Verfügung gestellt. Diese Peilungen finden in Abständen von 4 Wochen (in der Unterweser) bis hin zu 3 Monaten (in der äußeren Außenweser) statt. Die Peilungen erfolgen im Rahmen eines zwischen den Ämtern abgestimmten Peilkonzeptes. Derzeitig stehen für die Durchführung der Gewässerpeilungen zwei WSV-eigene Peilschiffe zur Verfügung. Während die Vermessung der Gewässersohle früher durch Linienpeilungen erfolgte, werden die Verkehrssicherungspeilungen auf der Unter- und Außenweser seit etwa 2003 routinemäßig mittels Fächerecholot durchgeführt. Aufbereitet zu Peilplänen bilden die flächenhaften Darstellungen der Gewässersohle für die Nautik und das Baggerbüro die Grundlage zur Festlegung der Baggerstellen und zur Beauftragung des Baggereinsatzes an den Unternehmer und den WSV-eigenen Hopperbagger „Nordsee“.

Das Baggerbüro legt die zu baggernden Baggerfelder fest und ermittelt die zu baggernden Volumina. Die Ausweisung von Baggerstellen erfolgt händisch durch den jeweiligen Bearbeiter im Baggerbüro sowie bei Bedarf in Abstimmung mit der Gewässerkunde und der Nautik. Der Festlegung von Baggerstellen und deren Reihenfolge zur Abarbeitung liegen revierspezifische Besonderheiten, Erfahrungswissen bei der Befahrbarkeit des Reviers, die Dringlichkeit der Mindertiefenbeseitigung, ökonomische Aspekte sowie Abschätzungen über die höhen- und flächenmäßige Entwicklung von Mindertiefen zu Grunde.

## **Feststellung des Baggerbedarfs in den Nebenarmen**

In den Nebenarmen erfolgen zur Überprüfung der Sohllage nach Bedarf jedoch mindestens einmal jährlich Peilungen der Gewässersohle. Während die Unterhaltungsbaggerungen in der Fahrrinne auf die Anforderungen der Schifffahrt ausgerichtet sind, resultiert der Baggerbedarf in den Nebenarmen aus bestehenden Bestickverpflichtungen zur Einhaltung bestimmter Wassertiefen für die Sielentwässerung. Im Rechten Nebenarm finden seitens der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung keine Unterhaltungsbaggerungen statt. In der Schweiburg erfolgen vereinzelt Unterhaltungseinsätze mit dem WI-Gerät. Die Sedimentumlagerung im Bereich von Mindertiefen erfolgt hierbei nicht auf der gesamten Gewässerslänge der Schweiburg, sondern ist gemäß der bestehenden Bestickverpflichtungen von 1973 und 2011 auf den Gewässerabschnitt zwischen km 5,4 und km 7,7 zur Aufrechterhaltung der Sielfunktion beschränkt.

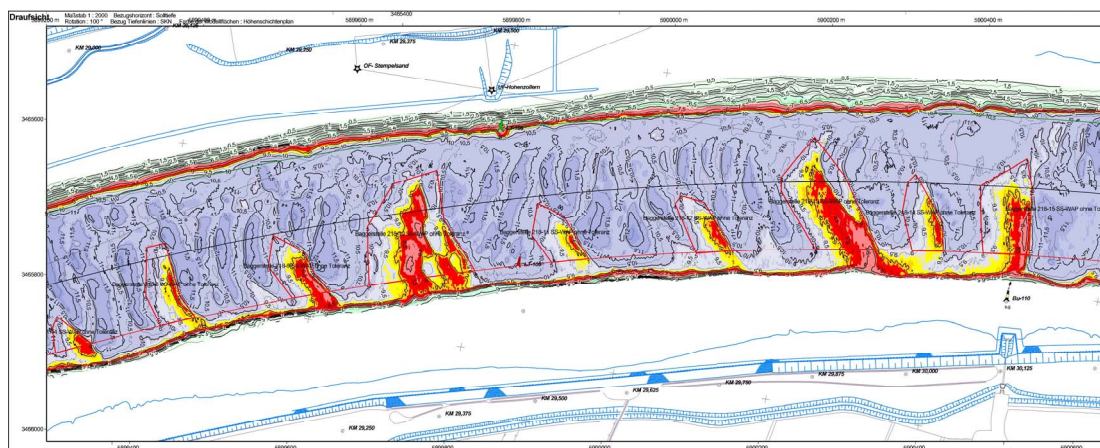
### **2.3.2 Zeitlicher Rahmen von der Peilung bis zur Baggerung**

Für die Beseitigung der Mindertiefen gelten zwischen der Peilung und der Beseitigung der Mindertiefen im Fahrwasser folgende zeitliche Vorgaben:

Gemäß dem Qualitätsmanagement aQua hat das Peilbüro nach Durchführung der Verkehrssicherungspeilungen drei Arbeitstage Zeit, um die Messwerte zu plausibilisieren, zu einem digitalen Geländemodell (DGM) aufzubereiten und die Peilpläne auf Grundlage des DGM mit abgestimmter Farbtabelle zur Kennzeichnung der Mindertiefen dem Baggerbüro und der Nautik zur Verfügung zu stellen.

Die Mitarbeiter im Baggerbüro benötigen in der Regel ein bis drei Tage, um den Baggerbedarf auf Grundlage der Peilpläne mit der Nautik abzustimmen und festzulegen und den Auftrag zur Beseitigung der Mindertiefen zu erteilen.

Während das Durchführen der Fächerecholotpeilungen und die Aufbereitung der Peilpläne seitens der WSV durchgeführt werden, sind die Baggerarbeiten größtenteils über Unterhaltungsverträge an Dritte vergeben. Mit Erteilung des Baggerauftrags durch die WSV werden dem Unternehmer die Peilpläne mit Kennzeichnung der zu baggernden Bereiche (rote Umrandungspolygone, vgl. Abbildung 2.3-1), den Koordinaten sowie einer Massenermittlung übergeben. Gemäß der vertraglichen Vereinbarung hat der Unternehmer innerhalb von 72 Stunden einen Bagger in das Revier zu schicken und mit der Abarbeitung der Mindertiefen zu beginnen.



**Abbildung 2.3-1: Ausschnitt aus dem Baggerauftrag vom 30.06.2010, km 29 bis 30,25**

Die Festlegung, wo die Baggerarbeiten begonnen werden, erfolgt durch die Baggerbüros unter Berücksichtigung der durch die Nautik festgelegten vorrangig zu bearbeitenden Bereiche. Bei besonderer Dringlichkeit kann durch rechtzeitige Anmeldung des Baggerbedarfs die 72-Stunden-Regelung auch verkürzt werden und der Bagger nach vorheriger Abstimmung bei Bedarf auch schon früher mit der Abarbeitung der prioritär zu beseitigenden Mindertiefen beginnen. Je nach Höhe, Lage und Beschaffenheit der Mindertiefen werden für den Baggereinsatz zur Beseitigung aller beauftragten Baggerstellen in der Regel bis zwei Wochen benötigt.

Die Beseitigung der Mindertiefen im Bereich der Baggerstellen zwischen km 1,4 und km 51 erfolgt in der Regel nacheinander durch einen Bagger (in der Regel WI-Gerät). Aufgrund der deutlich größeren Baggervolumina und Baggerflächen in der Schlickstrecke Nordenham, im Blexer Bogen und in der Außenweser werden bei Bedarf auch mehrere Unterhaltungsgeräte (Hopper und WI) parallel eingesetzt.

Bei der Interpretation der zeitlichen Abläufe ist zu berücksichtigen, dass die angegebenen Zeitangaben den äußeren Anforderungen entsprechend in der Praxis deutlich flexibler sind als oben beschrieben. Sofern aus nautischer Sicht erforderlich, werden ergänzend zur Verkehrsicherungspeilung Sonderpeilungen zur Beobachtung und Bewertung der Sohlentiefe durchgeführt. Durch entsprechend frühzeitige telefonische Abstimmung ist zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auch der kurzfristige Einsatz eines Baggers möglich. Das Baggergeschehen, insbesondere in der Außenweser, ist stark von den Witterungsbedingungen, den Tide- und Windverhältnissen abhängig. Durch zu hohen Seegang oder schlechte Sichtverhältnisse müssen geplante Baggermaßnahmen sowohl zeitlich als auch örtlich den vorherrschenden Bedingungen angepasst werden.

## 2.4 Übersichten zu Unterhaltungsbagervolumina

### 2.4.1 Vergleich von Unterhaltungsbagervolumina in den Ästuaren Ems, Weser und Elbe

Abbildung 2.4-1 zeigt einen Vergleich der Bagervolumina die im Zeitraum zwischen 1998 bis 2011 jährlich zur Unterhaltung des Hauptfahrwassers im Ems-, Weser- und Elbeästuar angefallen sind. Im Vergleichszeitraum von 1998 bis 2011 liegen die jährlichen Bagervolumina im Hauptfahrwasser der Tideweser zwischen 2,4 Mio. m<sup>3</sup> und knapp 11,4 Mio. m<sup>3</sup>.

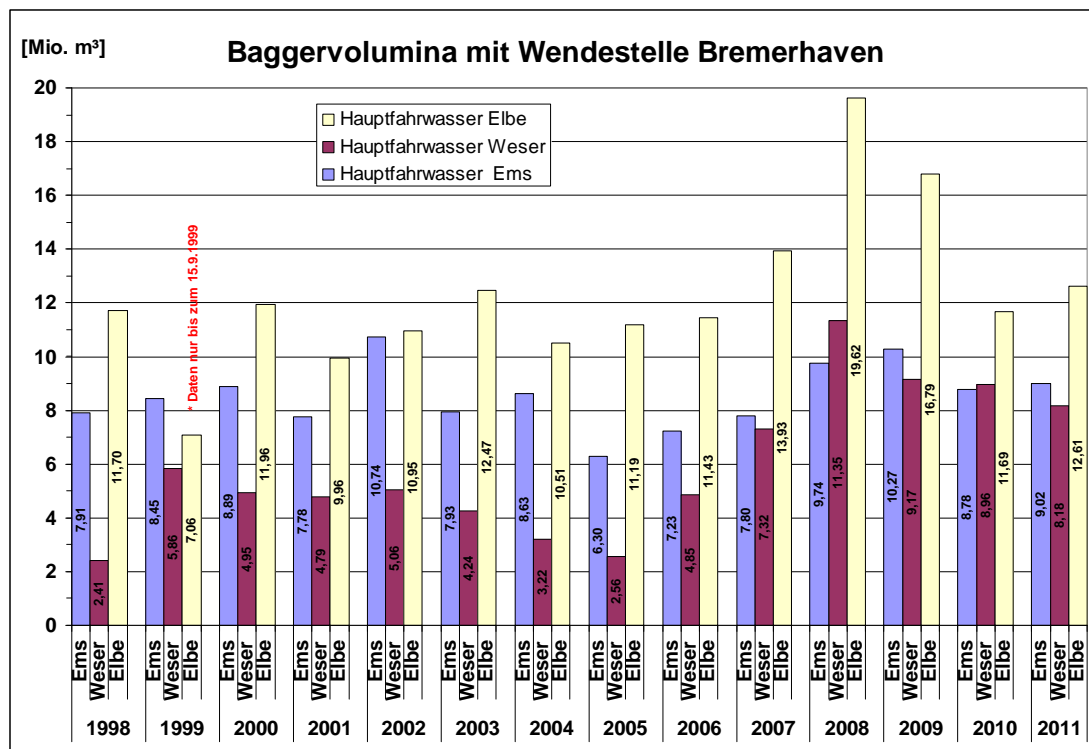


Abbildung 2.4-1: Jährliche Bagervolumina Hauptfahrwasser Ems, Weser und Elbe ohne Berücksichtigung von Investitionsmaßnahmen und Sandentnahmen Dritter (Quelle: Daten BBK)

Mit Ausnahme der Jahre 2008 und 2010 liegen die jährlichen Bagervolumina zur Unterhaltung des Hauptfahrwassers in der Tideweser deutlich unterhalb derer, die im gleichen Zeitraum in der Tideems und in der Tideelbe angefallen sind.

### 2.4.2 Unterhaltungsbagervolumina in Unter- und Außenweser

Ergänzend zu den in Abbildung 2.4-1 dargestellten jährlichen Bagervolumina für das Hauptfahrwasser, gibt Abbildung 2.4-2 einen Überblick über die jährlichen Gesamtbagervolumina in der Tideweser einschließlich der in der Wendestelle Bremerhaven gebaggerten Sedimente. Hierbei wird zwischen Unterhaltungsbaggerungen im Hauptfahrwasser, Unterhaltungsbaggerungen in Bauhäfen, Randbereichen etc. (sonstige Baggerungen), Investitionsbaggerungen (z.B.1998: 14-m-Ausbau der Außenweser) und Sandentnahmen (z. B. für das

Containerterminal CT IV) unterschieden. Zusätzlich erfolgt eine Aufteilung nach der verwendeten Unterhaltungstechnik, bei der der Einsatz eines Hopperbaggers und der eines Wasserinjektionsgerätes (WI-Gerät) unterschieden werden.

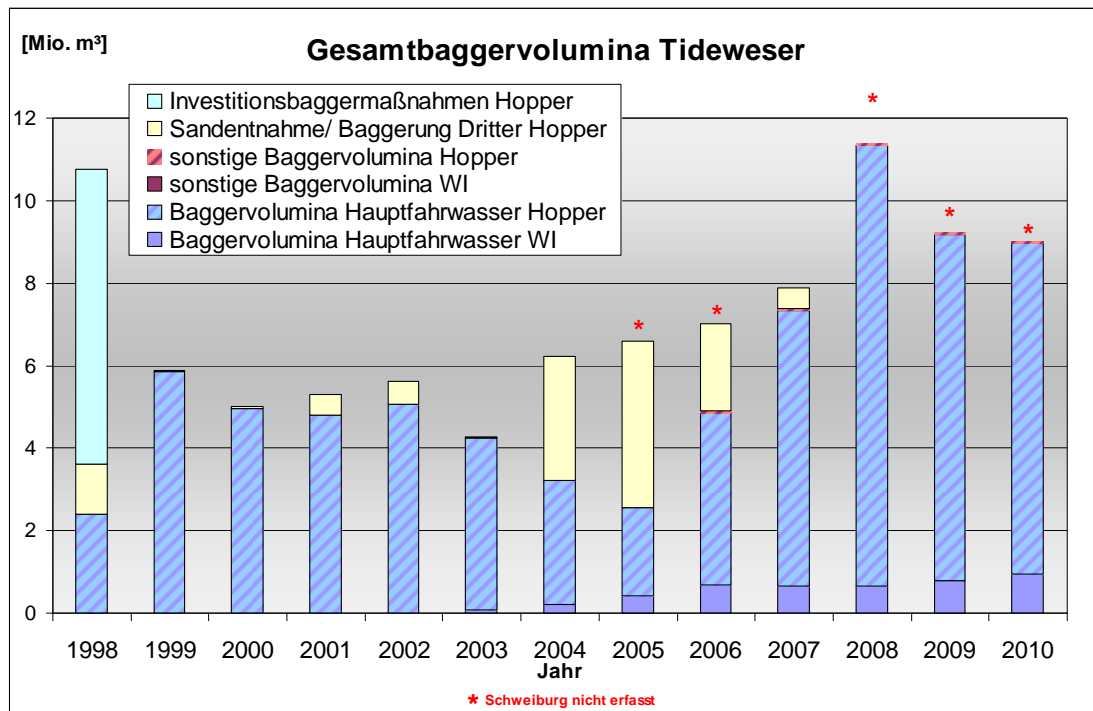
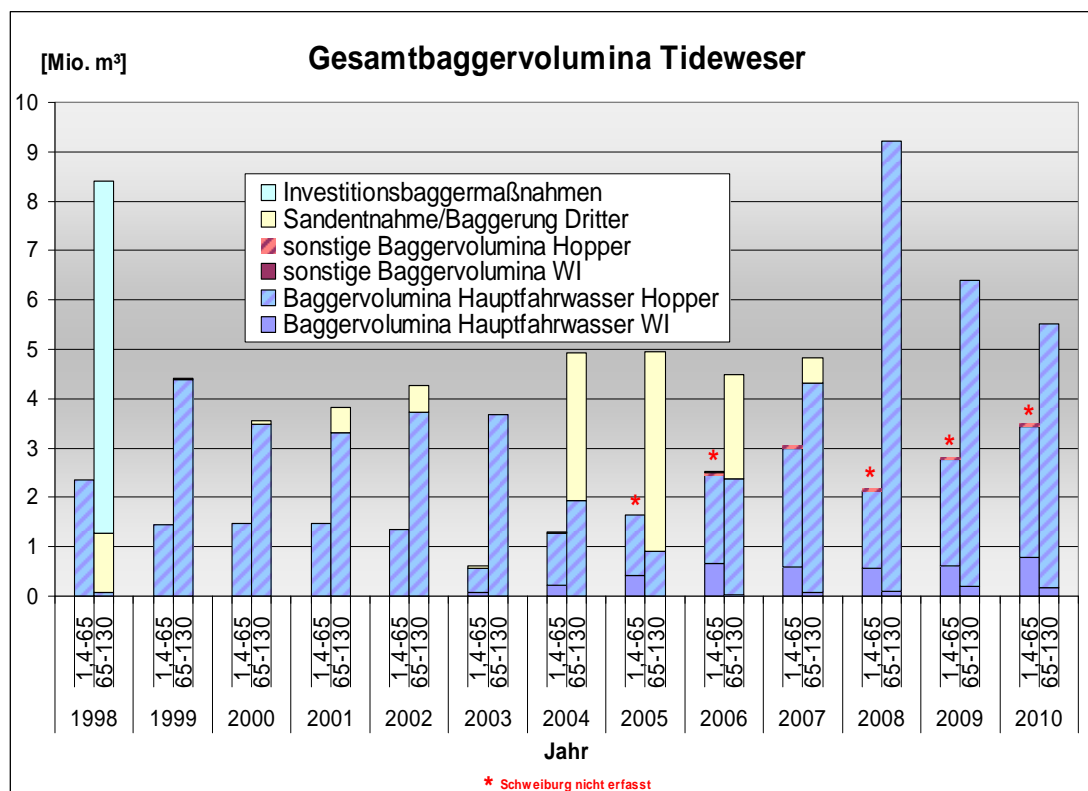


Abbildung 2.4-2: Jährliche Baggervolumina in der Tideweser mit Wendestelle Bremerhaven (Quelle: Daten BBK)

Die Aufteilung der jährlichen Gesamtbaggervolumina für die Bereiche der Unter- und Außenweser zeigt, dass der Unterhaltungsaufwand in der Außenweser deutlich höher liegt als in der Unterweser (Abbildung 2.4-3). Im Zeitraum von 1998 bis 2010 wurden in der Unterweser jährlich zwischen 0,5 Mio. m<sup>3</sup> und 3,5 Mio. m<sup>3</sup> Sediment gebaggert, während in der Außenweser die jährlichen Baggervolumina zwischen 3,5 Mio. m<sup>3</sup> und 9,2 Mio. m<sup>3</sup> variieren.





**Abbildung 2.4-3: Jährliche Baggervolumina in Unter- und Außenweser mit Wendestelle in Bremerhaven (Quelle: Daten BBK)**

\* Hinweis zu Abbildung 2.4-2 und Abbildung 2.4-3: In den Jahren 2005 und 2006 sowie in den Jahren 2008, 2009 und 2010 erfolgten Baggerungen mittels WI-Gerät in der Schweiburg. Die umgelagerten Volumina wurden nicht erfasst und sind daher in der Statistik nicht enthalten.

Anhand Abbildung 2.4-2 wird deutlich, dass die Baggervolumina in der Tideweser ab dem Jahr 2004 bis 2008 ansteigen (zur Entwicklung in Teilabschnitten vgl. Kap. 4.1). Die genaue Ursache dieser Zunahme ist derzeit nicht geklärt und erfordert eine genauere Untersuchung unter Berücksichtigung längerer Zeitreihen, die eine statistische Auswertung ermöglichen. Interessanterweise zeigt sich dieses Phänomen zeitgleich in allen drei Nordseeästuarien (vgl. Abbildung 2.4-1), so dass eine großräumige Betrachtung und Beobachtung der Trendentwicklung seitens der WSV als sinnvoll und notwendig erachtet wird, um ggf. einem weiteren Anstieg mit gezielten Maßnahmen entgegen wirken zu können.

#### *Hinweis zur Bewertung/Interpretation der Baggervolumina*

Beim Vergleich und der Bewertung der Baggervolumina ist die Datengrundlage zu berücksichtigen. Die Ermittlung und Festlegung des zu baggernden Volumens erfolgt für das Revier der Tideweser auf Grundlage der zu digitalen Geländemodellen aufbereiteten Fächerecholotdaten aus den Verkehrssicherungspeilungen. Die Berechnungsmethode des zu baggernden Volumens ist hierbei nicht einheitlich für die verschiedenen Unterhaltungstechniken. Bei Hopperbaggerungen werden die Mengen für die Abrechnung und die Statistiken durch ein Laderaummaß ermittelt. Dabei werden sogenannte Handaufmaße mittels Lotleine bei Sand durchgeführt. Bei schlickigem Material wird mit Hilfe einer Flasche eine Probe in der mittleren Höhe des Laderaums entnommen. Das Ladungsvolumen wird nach dem Zentrifu-

gieren, wobei sich der Feststoff vom Wasser trennt, prozentual nach dem Verhältnis Wasser zu Feststoff ermittelt.

Die Abrechnung des mittels WI-Gerätes umgelagerten Sedimentvolumens erfolgt über einen Stundenlohnvertrag. Da zur Festlegung des Baggerbedarfs zwar relativ zeitnah eine Vorpeilung vorliegt, in der Regel nach Durchführung der Unterhaltungsbaggerungen aber keine Nachpeilung erfolgt, basiert die Angabe der Baggervolumina für das WI-Gerät auf Grundlage der Volumenermittlung aus der Vorpeilung.

Beim Vergleich von Hopperbaggerungen und WI-Einsätzen ist daher die unterschiedliche Berechnungsgrundlage der Baggervolumina bestehend aus dem tatsächlichen Laderaumaufmaß bei Hopperbaggerungen und dem theoretisch zu baggernden Volumen auf Grundlage eines digitalen Geländemodells bei WI-Einsätzen zu berücksichtigen.

## **2.5 Aktuelles Sedimentmanagement in Teilabschnitten der Unter- und Außenweser**

### **2.5.1 Datengrundlagen**

Die Auswertung jährlicher Baggervolumina von Unterhaltungsbaggerungen in der Tideweser erfolgt auf Grundlage der Baggerstatistik aus den Jahren 2004 bis 2010. Hierzu wird das Gebiet der Unterweser in 12 Teilabschnitte und die Außenweser in weitere 6 Teilabschnitte untergliedert. Die Gebietsaufteilung orientiert sich an der Baggerstatistik des Baggerbüros Küste (BBK), die keine äquidistanten Gewässerabschnitte betrachtet, sondern eine Untergliederung in Abhängigkeit von morphologischen und/oder topografischen Gegebenheiten vornimmt. Die Teilgebiete umfassen in der Unterweser in der Regel Gewässerabschnitte zwischen 3 und 7 km und in der Außenweser zwischen km 65 und km 91 Gewässerabschnitte zwischen 5 und 8 Kilometer. Der Bereich der äußeren Außenweser zwischen km 91 und 130 wird nur noch in zwei große Teilabschnitte untergliedert, die jeweils einen Gewässerabschnitt von 19 bzw. 20 Kilometer umfassen.

Da ein Vergleich der Baggervolumina bei unterschiedlicher Größe der Gewässerabschnitte wenig aussagekräftig ist, erfolgt zusätzlich eine Darstellung der Baggervolumina in den verschiedenen Teilabschnitten der Unter- und Außenweser bezogen auf den Flusskilometer ( $\text{m}^3/\text{km}$ ) als auch als Angabe bezogen auf die Fahrrinnenfläche des jeweiligen Teilabschnitts ( $\text{m}^3/\text{m}^2$ ).

Um Informationen über die Häufigkeit und Dauer von Unterhaltungsbaggerungen im Jahresgang zu erhalten, erfolgt darüber hinaus eine Detailauswertung der Unterhaltungsbaggerungen auf Grundlage der in den Jahren 2004 bis 2010 stattgefundenen Baggerkampagnen. Die Baggerdaten wurden sowohl zu Jahressummen (siehe Anhang III) als auch zu Monatswerten (siehe Anhang IV) aufbereitet. Die Hopperbaggereinsatzzeiten beziehen sich auf die effektive Baggerdauer, d. h. die reine Baggerzeit ohne Fahrzeiten zu und von den Unterbringungsstellen. Die Unterteilung des Untersuchungsgebiets in Teilabschnitte erfolgt analog zu den Darstellungen der jährlichen Baggervolumina.

Neben der Häufigkeit und der Dauer von Unterhaltungsbaggerungen ist zur Bewertung der Baggerintensität auch die Größe der von den Unterhaltungsaktivitäten beeinflussten Sohlbereiche von Bedeutung. Um die flächenhafte Ausdehnung von Unterhaltungsaktivitäten bei einer Baggerkampagne bezogen auf die Gesamtfläche der Fahrrinne abzuschätzen, erfolgt eine Auswertung der Verkehrssicherungspeilungen, die in den Jahren 2004 bis 2010 durchgeführt wurden. Grundlage für die Flächenermittlung sind die zu Digitalen Geländemodellen aufbereiteten Fächerecholotdaten, die u. a. der Baggerei und der Nautik zur Festlegung des erforderlichen Baggerbedarfs dienen. Die Ermittlung der Flächen, in denen Mindertiefen auftreten, erfolgt durch Verschneidung der digitalen Geländemodelle der Gewässersohle mit der Sollsohlentiefe in den betrachteten Gewässerabschnitten. Die Ermittlung der über und unterhalb der Sollsohlentiefe liegenden Flächen erfolgt Blattschnittweise. Die Auswertung der Mindertiefenanteile bezogen auf die Fahrrinnenfläche erfolgt zu Jahresmittelwerten oder auch zu Maximalwerten. Der Jahresmittelwert gibt hierbei für das jeweilige Jahr den über alle in diesem Jahr stattgefundenen Peilungen gemittelten Mindertiefenanteil in dem betrachteten Gewässerabschnitt an, während sich der Maximalwert auf die Peilung innerhalb des betrachteten Jahres und Gewässerabschnitts mit dem größten Mindertiefenanteil bezieht. Insgesamt können innerhalb eines Jahres in größeren Flächenanteilen als dargestellt Unterhaltungsaktivitäten stattfinden, da die Mindertiefen der verschiedenen Peilungen nicht immer an denselben Stellen auftreten (insbes. z. B. bei wandernden Riffeln).

### **2.5.2 Gliederung des Untersuchungsgebietes**

Das Untersuchungsgebiet des vorliegenden Sedimentmanagementkonzepts umfasst den Bereich der Tideweser und beinhaltet damit auch große Teile des Planungsraums des Integrierten Bewirtschaftungsplans Weser (NLWKN & SUBV 2012), der die Unterweser und die Außenweser bis km 85 einschließt.

Morphologisch betrachtet können die Unter- und Außenweser grob in 6 Bereiche unterteilt werden:

- > den oberen Bereich zwischen Bremen und der Vegesacker Kurve (km 1,4 bis km 20)
- > den Bereich der sogenannten Riffelstrecke zwischen Vegesack und Nordenham (km 20 bis km 55)
- > die Schlickstrecke Nordenham (km 55 bis km 58)
- > den Bereich zwischen Nordenham und Bremerhaven (km 58 bis km 65)
- > die innere Außenweser von Bremerhaven bis etwa km 91 und
- > die äußere Außenweser von km 91 bis zum Übergang in die Nordsee (km 130)

### 2.5.3 Überblick Unterhaltungsbaggerungen in der Unterweser

Die Abbildungen 2.5-1 bis 2.5-6 geben im Folgenden einen Überblick über die jährlichen Baggervolumina und die Unterhaltungsintensität in den verschiedenen Teilbereichen der Unterweser.

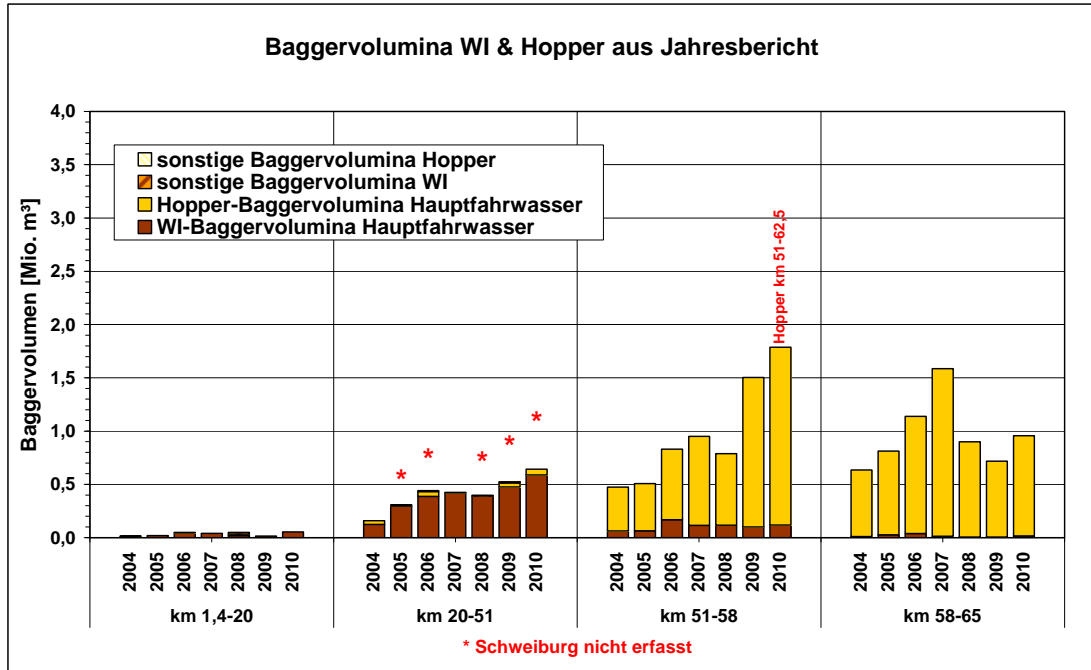


Abbildung 2.5-1: Jährliche Baggervolumina in den vier Teilbereichen der Unterweser

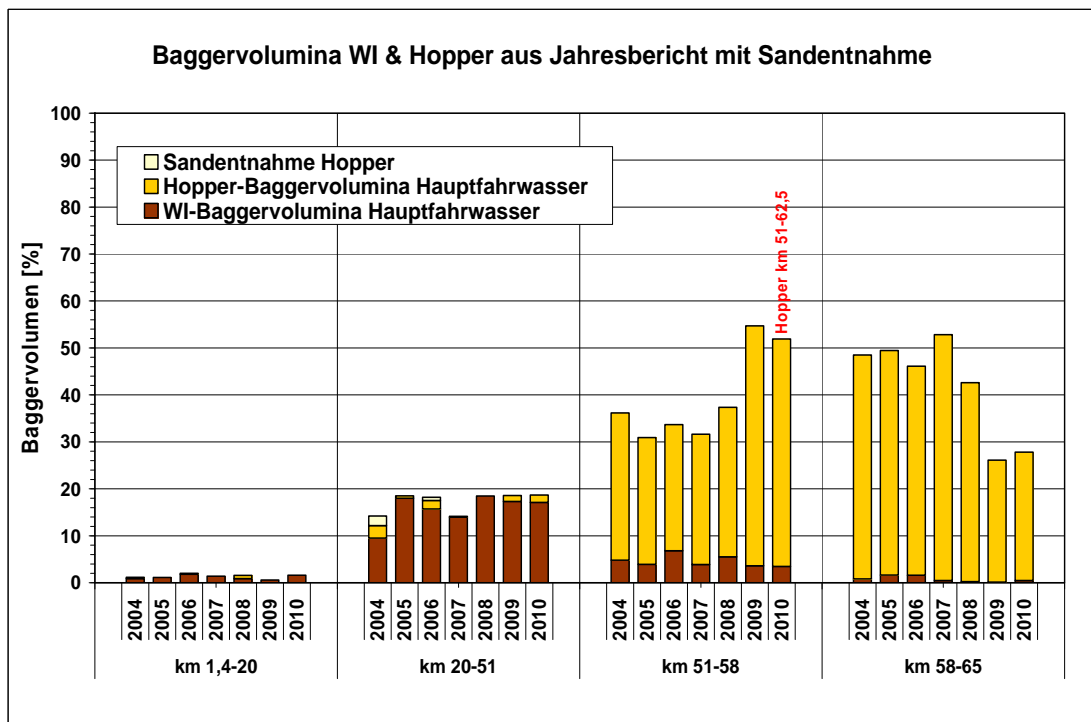


Abbildung 2.5-2: Prozentanteil bezogen auf die jährliche Gesamtbaggermenge UW

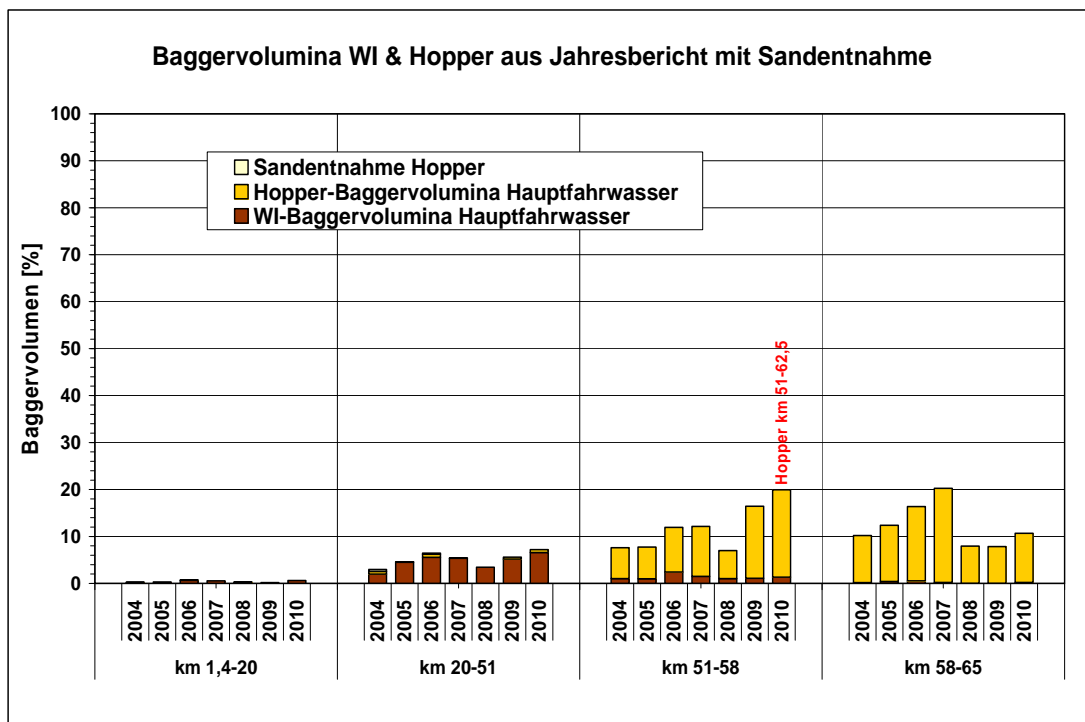


Abbildung 2.5-3: Prozentanteil bezogen auf die jährliche Gesamtbaggermenge UW und AW

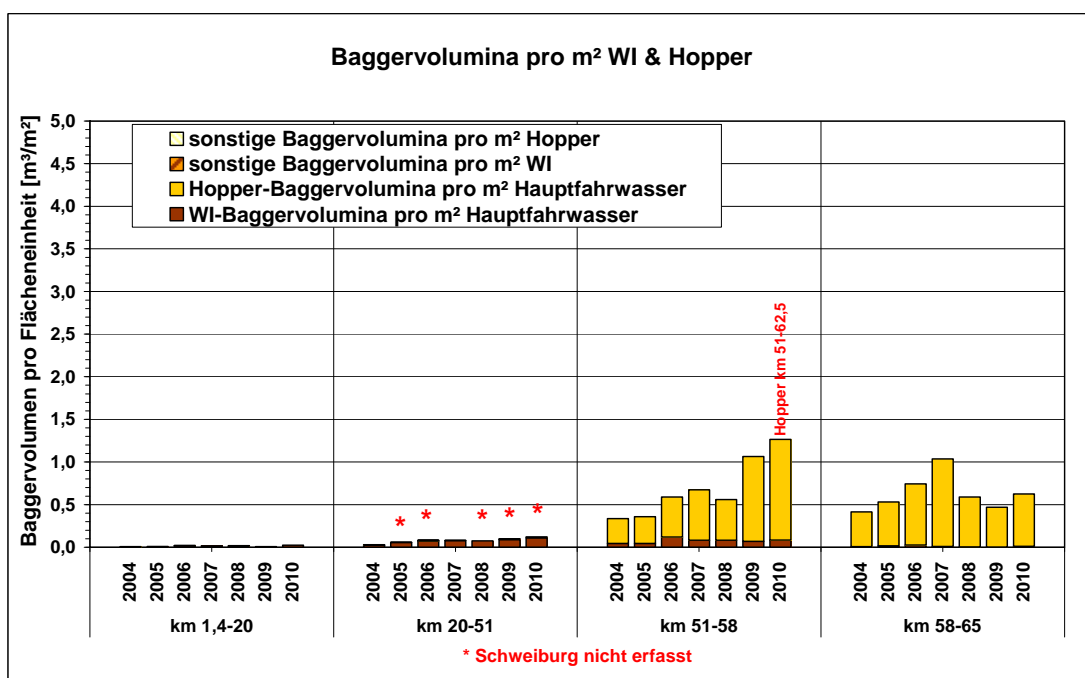


Abbildung 2.5-4: Mittlere Baggervolumina bezogen auf die Fahrrinnenfläche des Teilabschnitts

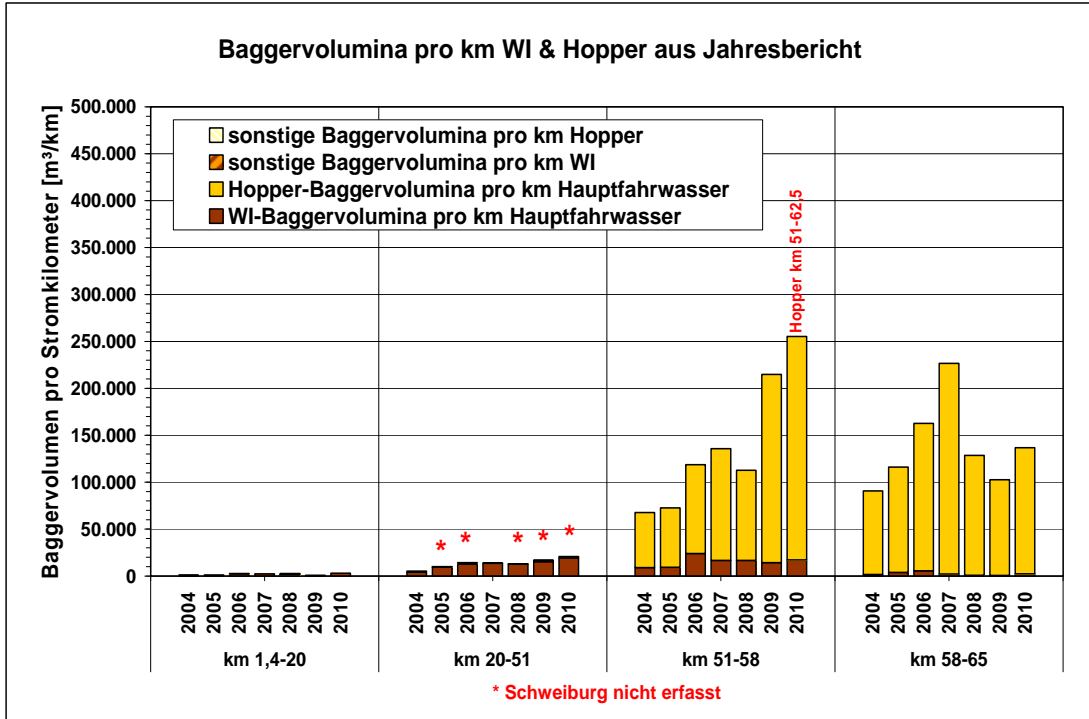


Abbildung 2.5-5: Mittlere jährliche Baggervolumina bezogen auf den Flusskilometer

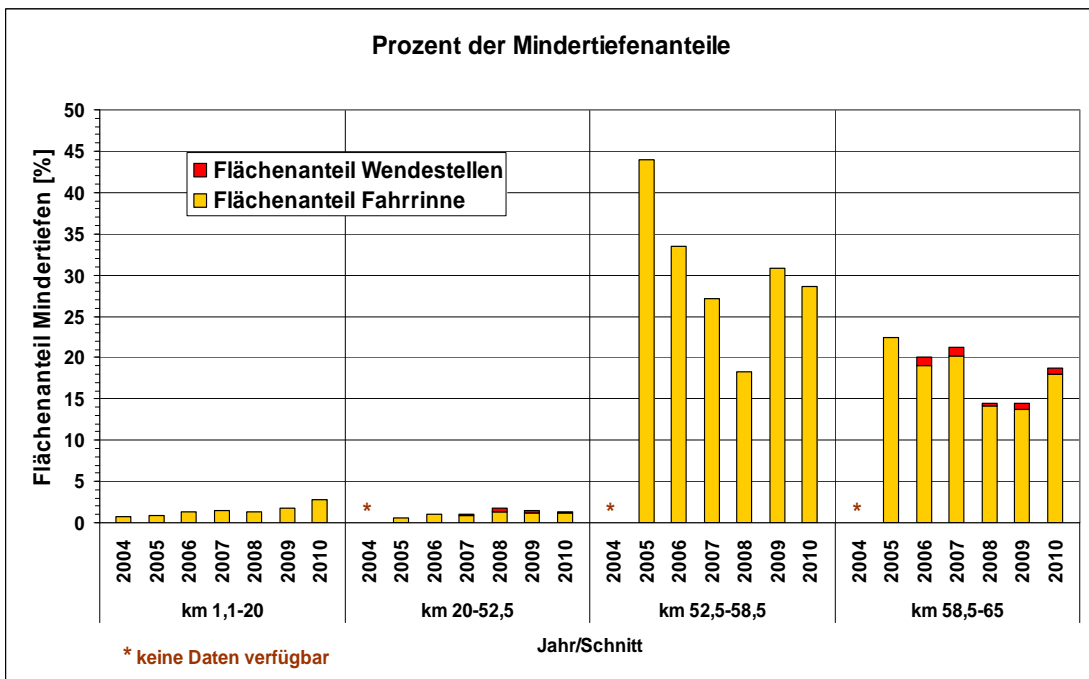


Abbildung 2.5-6: Mittlerer Mindertiefenanteil bezogen auf die Fahrrinnenfläche des Teilabschnittes

## 2.5.4 Unterhaltungsbaggerungen UW-km 1,4 bis km 20

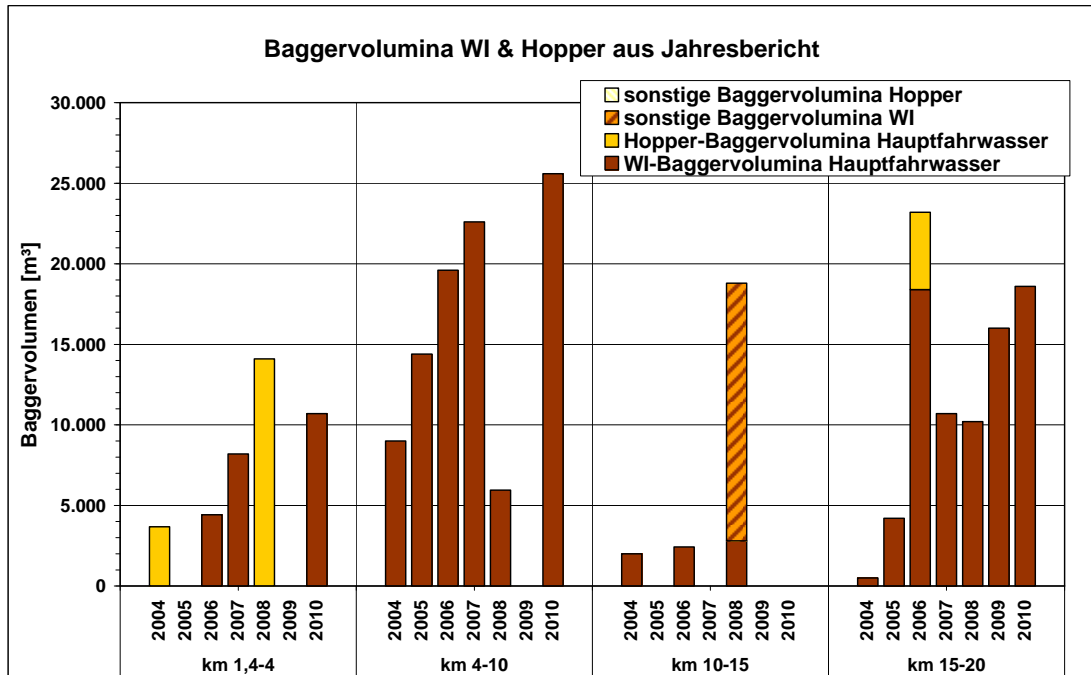
### Unterhaltungsstrategie

Zwischen dem Bremer Weserwehr (km 362 Mittelweser) und oberhalb von Oslebshausen (km 10) finden nur geringe Baggeraktivitäten statt. Die Mindertiefen in diesem Gewässerabschnitt treten überwiegend nach Hochwasserereignissen auf. Im Zuge von Hochwasserereignissen werden größere Mengen Sedimente aus der Stauhaltung Hemelingen über das Wehr in den tidebeeinflussten Bereich der Weser transportiert. Diese setzen sich vorrangig im Bereich der Sohlversprünge bei km 2,25 und km 3,90 ab. Bei Unterweser-km 2,25 verspringt die Sollsohle von - 4,50 m NN um einen Meter auf - 5,50 m NN und bei km 3,90 um 4,60 m von - 5,50 m NN auf - 10,10 m NN. Auch im Gewässerabschnitt zwischen km 10 und km 20 sind Baggeraktivitäten zur Gewährleistung der planfestgestellten Sollsohltiefe auf wenige Einsätze im Jahr beschränkt. Die sich lokal bildenden Mindertiefen werden bei Bedarf ab einer Höhe von ca. 50 cm beseitigt. Basierend auf dem Planfeststellungsbeschluss des letzten Unterweserausbau, dem sogenannten 9-m-Ausbau der Unterweser, erfolgt die Beseitigung der Mindertiefen derzeit bis zu einer Tiefe von maximal 50 cm unter Sollsohlniveau.

### Unterhaltungsbaggervolumina

Zwischen 2004 und 2010 wurden im Gewässerabschnitt zwischen km 1,4 und 20 jährlich insgesamt zwischen 15.200 (2004) und knapp 55.000 m<sup>3</sup> (2010) gebaggert (vgl. Abbildung 2.5-1).

In Abbildung 2.5-7 sind die Baggervolumina in den verschiedenen Teilabschnitten dargestellt. Der Teilabschnitt zwischen km 10 und km 15 weist hierbei die geringsten Unterhaltungsbaggervolumina auf. Die in diesem Gewässerabschnitt im Jahr 2008 aufgeführte „sonstige Baggerung“ beinhaltet die Baggeraktivitäten zur Unterhaltung des WSV-eigenen Bauhafens am Sammelplatz Mittelsbüren.



**Abbildung 2.5-7: Jährliche Baggervolumina in Teilabschnitten km 1,4 bis km 20**  
(Quelle: Daten BBK)

Bezogen auf die Baggervolumina in der Unterweser, die jährlich zwischen 1,28 Mio. m<sup>3</sup> (2004) und 3,44 Mio. m<sup>3</sup> (2010) schwanken, entspricht das in dem ca. 19 km langen Teilabschnitt der Unterweser gebaggerte Volumen einem Anteil von 0,6 % bis 2 % (vgl. Abbildung 2.5-2). Bezogen auf die in der Unter- und Außenweser anfallenden Baggervolumina liegt der Anteil in dem Gewässerabschnitt zwischen km 1,4 und km 20 bei maximal 0,7 % (vgl. Abbildung 2.5-3). Hieraus wird deutlich, dass die im oberen Gewässerabschnitt der Unterweser anfallenden Unterhaltungsbaggervolumina bezogen auf die jährliche Gesamtunterhaltungsaufwand in der Tideweser von untergeordneter Bedeutung sind.

### **Anteil von Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinnenfläche**

Der mittlere Flächenanteil von Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinnenfläche beträgt im Gewässerabschnitt zwischen km 1,1 und km 20 in den Jahren 2004 bis 2010 im Mittel zwischen 1 % und max. 3 % (vgl. Abbildung 2.5-6). Unterteilt man die Gewässerabschnitte in kleinere Teilabschnitte wird deutlich, dass der Flächenanteil von Mindertiefen bezogen auf die Gesamtfläche der Fahrrinne des jeweiligen Teilabschnitts zwischen km 1,1 und km 10 im betrachteten Zeitraum zwischen Null und max. 10 % (Abbildung 2.5-8) und zwischen km 10 und km 20 zwischen Null und max. 5 % liegt.



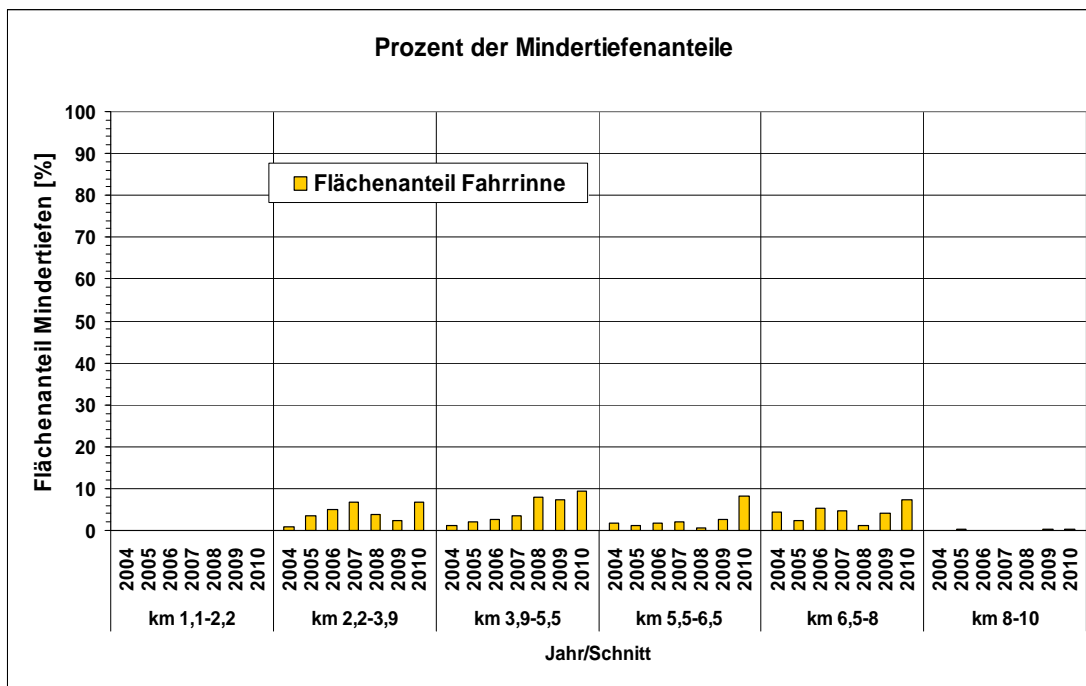


Abbildung 2.5-8: Mittlerer jährlicher Mindertiefenanteil km 1,1 bis km 10

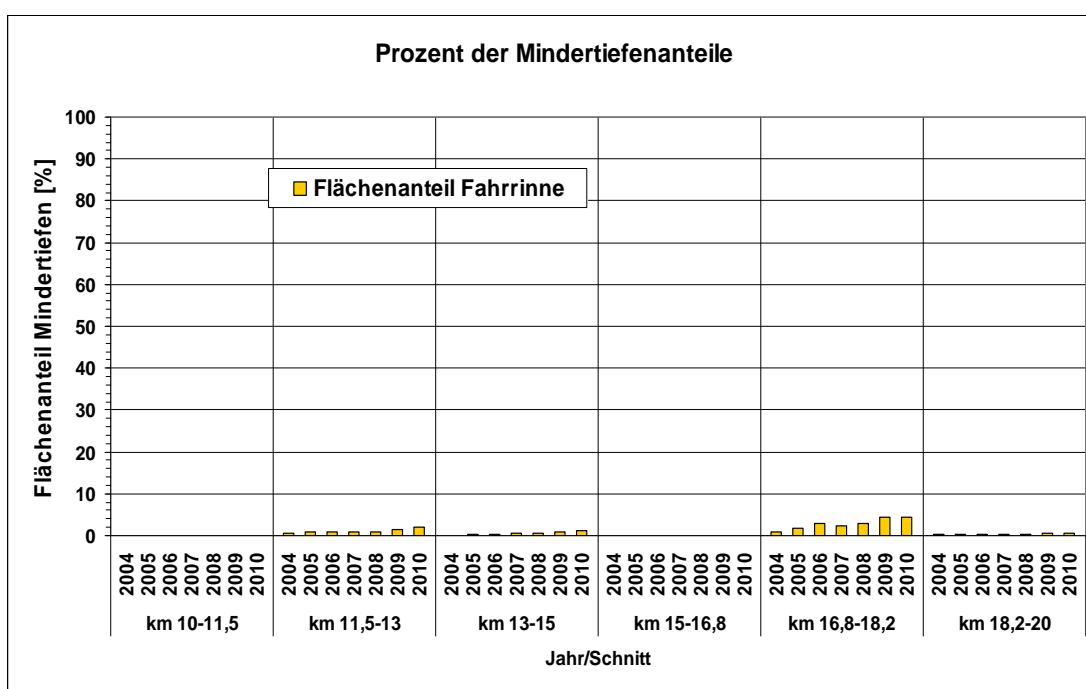


Abbildung 2.5-9: Mittlerer jährlicher Mindertiefenanteil km 10 bis km 20

### Baggerhäufigkeit und -dauer

Im Gewässerabschnitt zwischen km 1,4 und km 20 finden nur wenige Baggerkampagnen im Jahr statt. Anhand der monatlichen Auswertungen der Baggervolumina und der Baggerdauer (vgl. Anhang IVa) ist erkennbar, dass die Unterhaltungsarbeiten in den Jahren zwischen 2004 und 2010 im Wesentlichen in den Herbst- und Wintermonaten stattgefunden haben. Die

Baggereinsätze zur Beseitigung der lokalen Mindertiefen in den verschiedenen Teilabschnitten zwischen km 1,4 und km 20 dauerten in der Regel zwischen einer und maximal 23 Stunden (vgl. Abbildungen A-33 bis A-36, Anhang IVa).

### **Baggergutbeschaffenheit**

Oberhalb von km 20 bestehen die Sedimente im Bereich der Fahrrinne überwiegend aus Mittel- und Grobsanden. Kleinräumig sind auch größere Mengenanteile an Feinsand und Schluff sowie Fein- bis Grobkiese anzutreffen. So gehört beispielsweise die Fahrrinne im Bereich zwischen km 6 bis km 8 zu einem Bereich, in dem die Sedimente überwiegend aus Feinsanden und Schluff zusammengesetzt sind.

### **Unterhaltungstechnik**

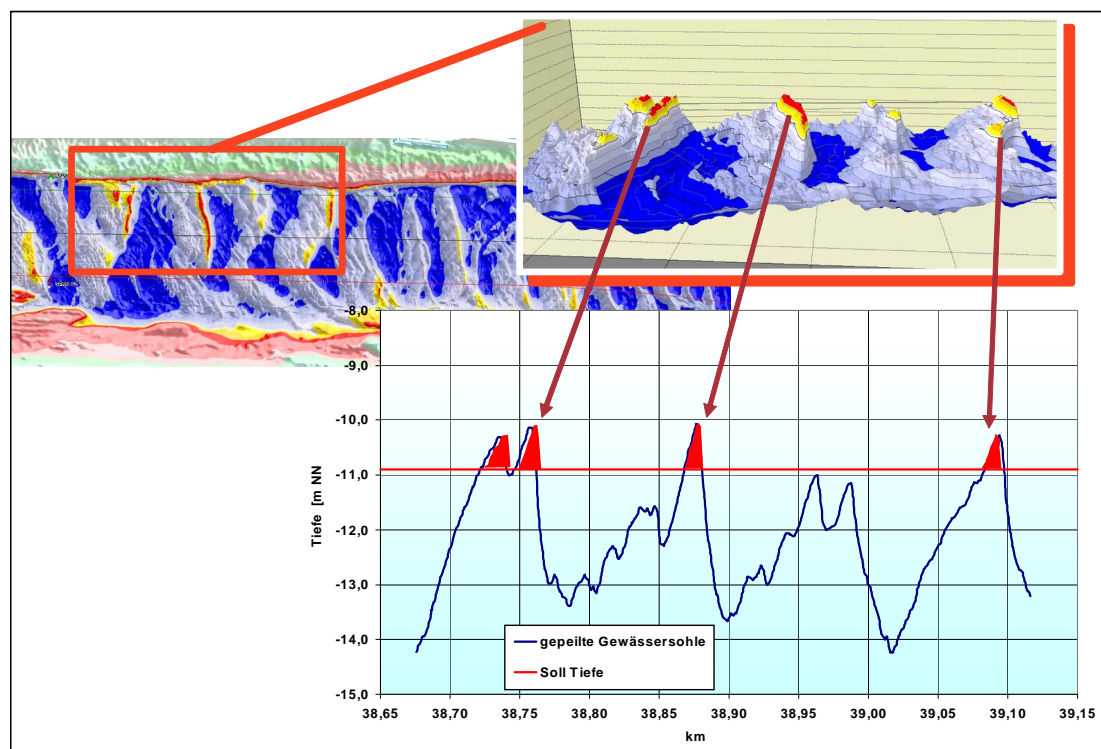
Seit 2004 finden die Unterhaltungsbaggerungen in diesem Gewässerabschnitt fast ausschließlich mit dem Wasserinjektionsgerät (WI-Gerät) statt. Der Einsatz eines Hopperbaggers ist auf wenige lokale Bereiche beschränkt, in denen der Einsatz eines WI-Gerätes aufgrund der Höhe und Flächigkeit der Baggerstelle oder der Baggergutbeschaffenheit (z. B. auf Höhe der Liegestelle bei Kelloggs) nicht wirtschaftlich oder nicht möglich ist. Darüber hinaus erfolgen Unterhaltungsbaggerungen in diesem Gewässerabschnitt ebenfalls mit dem Hopperbagger, sofern das in der Fahrrinne gebaggerte Material für Ufervorspülungen benötigt wird. In den Jahren 2004 bis 2010 wurden in diesem Gewässerabschnitt zwischen 2 % und 7 % der in Unter- und Außenweser mittels WI-Gerät gebaggerten Mengen umgelagert.

## **2.5.5 Unterhaltungsbaggerungen UW-km 20 bis km 51**

### **Unterhaltungsstrategie**

Der Gewässerabschnitt zwischen km 20 und km 51 liegt in der sogenannten Riffelstrecke, die den Bereich zwischen km 20 und km 55 umfasst und in der subaquatische Dünen die charakteristische Sohlform darstellen. Mit dem Ziel, die planfestgestellte Sollsohltiefe für die Schifffahrt zu gewährleisten, werden im Zuge der Unterhaltungsbaggerungen nur die Dünenkuppen, die in das Fahrwasser hineinragen, gebaggert.

Im Rahmen der natürlichen tideabhängigen Sedimenttransportprozesse setzt das Aufwachsen der Sohlformen direkt im Anschluss an die Sohlbaggerung wieder ein. In Abhängigkeit der hydrologischen Randbedingungen sind die Dünenkuppen nach einigen Wochen wieder in die Fahrrinne hineingewachsen und müssen im Zuge der nächsten Baggerkampagne erneut auf ein Niveau unterhalb der Sollsohle gebracht werden. Aufgrund der tideabhängigen Verkehre ist die Schifffahrt zwingend auf eine kontinuierliche Unterhaltung der Fahrrinne angewiesen, da sonst ein sicheres Befahren der Fahrrinne nicht mehr gegeben ist. Die Beseitigung der Mindertiefen in der Riffelstrecke erfolgt bis zu einer Tiefe von max. 50 cm unter Sollsohl-niveau.



**Abbildung 2.5-10: Darstellung von Unterhaltungsbaggerungen in der Riffelstrecke der Unterweser**

### Unterhaltungsbaggervolumina

Zwischen km 20 und km 51 variieren die jährlichen Baggervolumina in der Fahrrinne zwischen ca. 160.000 m<sup>3</sup> (2004) und ca. 650.000 m<sup>3</sup> (2010). Abbildung 2.5-11 gibt einen Überblick über die jährlichen Baggervolumina in den sechs Teilabschnitten. Anhand der Grafik wird die große natürliche Variabilität in den Baggervolumina in der Riffelstrecke deutlich. Bezogen auf die Baggervolumina in der Unterweser entspricht die in den Jahren 2004 bis 2010 in dem 31 km langen Teilabschnitt gebaggerte Menge einem Anteil zwischen 14 % und knapp 19 %. Der Anteil an den jährlichen Baggervolumina von Unter- und Außenweser liegt zwischen 3 % und 7 %.

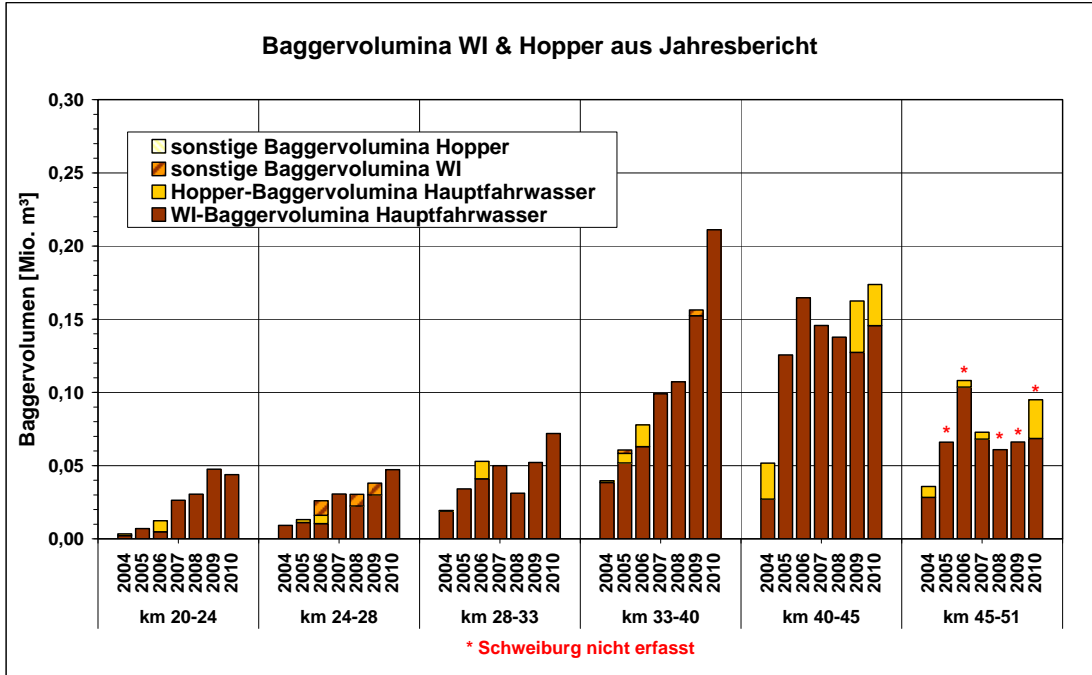


Abbildung 2.5-11: Jährliche Baggervolumina in Teilabschnitten km 20 bis km 51  
(Quelle: Daten BBK)

### Anteil von Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinnenfläche

Der Flächenanteil von Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinnenfläche beträgt im Gewässerabschnitt zwischen km 20 und km 52,5 in den Jahren 2004 bis 2010 im Mittel unter 2 % (vgl. Abbildung 2.5-6). Im Gewässerabschnitt zwischen km 20 und 35,5 (vgl. auch Kap. 2.6) liegt der max. Flächenanteil von Mindertiefen bezogen auf die Gesamtfläche der Fahrrinne des jeweiligen Teilabschnitts bei ca. 3 % (Abbildung 2.5-12) und zwischen km 35,5 und 52,5 bei max. ca. 6 % (Abbildung 2.5-13).

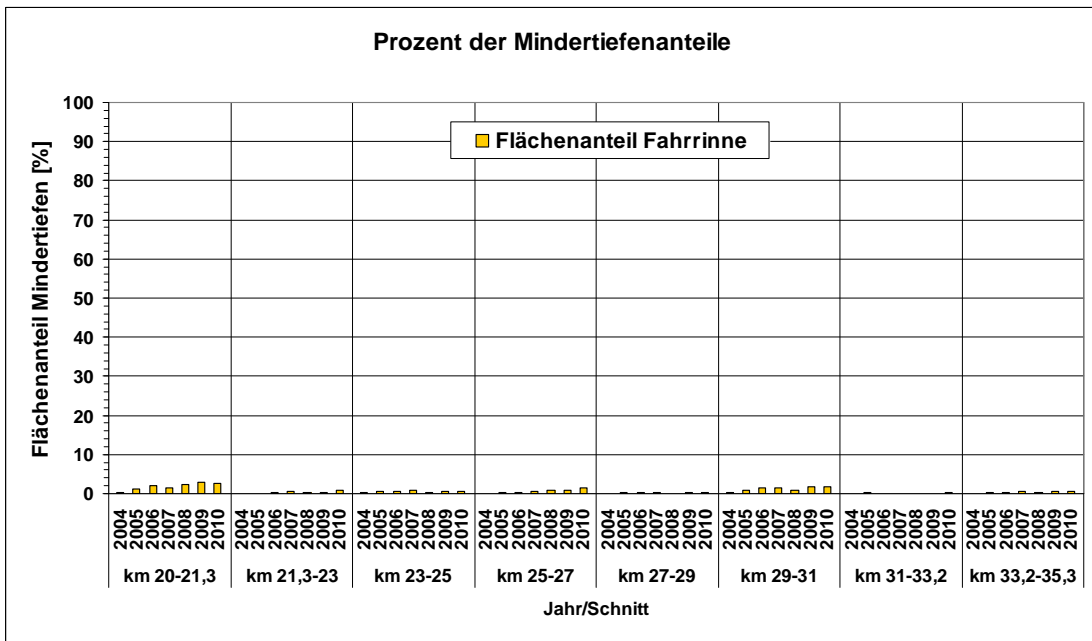


Abbildung 2.5-12: Mittlerer Mindertiefenanteil km 20 bis km 35,5

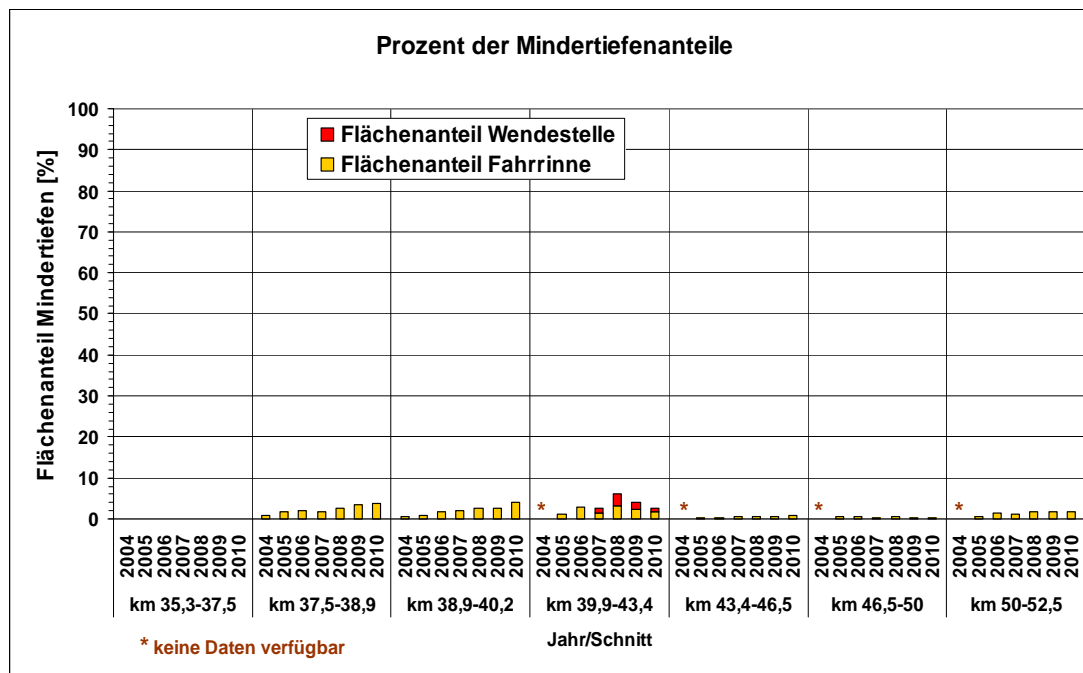


Abbildung 2.5-13: Mittlerer Mindertiefenanteil km 35,5 bis km 52,5

### Baggerhäufigkeit und -dauer

Im Teilabschnitt zwischen km 20 und km 51 sind lokale Unterhaltungsbaggerungen zum Abtragen der in das Fahrwasser ragenden Dünenkuppen im monatlichen bis dreimonatigen Intervall erforderlich. Anhand der monatlichen Auswertungen der Baggervolumina und der Baggerdauer (vgl. Anhang IVb) wird deutlich, dass die Unterhaltungsintensität in den verschiedenen Teilabschnitten variiert. Oberhalb von Farge (km 26) ist der Unterhaltungsaufwand zur Gewährleistung der planfestgestellten Sollsohltiefen für die Schifffahrt vergleichsweise gering. Innerhalb dieses Gewässerabschnitts gehören die Teilabschnitte zwischen km 33 und 40 und zwischen km 40 bis km 45 zu den unterhaltungsintensivsten. Im Betrachtungszeitraum zwischen 2004 und 2010 war das WI-Gerät zur Beseitigung der lokalen Mindertiefen im Teilabschnitt zwischen km 33 und km 40 alle 4 bis 8 Wochen bis zu 6 Tagen aktiv (vgl. Abbildung A-56, Anhang IVb) und im Gewässerabschnitt zwischen km 40 und km 45 ebenfalls alle 4 bis 8 Wochen bis maximal 9 Tage (vgl. Abbildung A-57, Anhang IVb). Anhand der monatlichen Baggerstatistik sind keine saisonalen Einflüsse auf die Baggervolumina und die Baggerintensität erkennbar. Die Baggereinsätze sind relativ gleichmäßig über das Jahr verteilt. Insbesondere im Teilabschnitt zwischen km 33 und km 40 wird anhand der Zusammenstellung der Jahres- und der Monatsbaggervolumina über den Zeitraum von 2004 bis 2010 deutlich, dass der Unterhaltungsaufwand über den Betrachtungszeitraum kontinuierlich ansteigt (vgl. Abbildungen A-44 und A-50, Anhang IVb).

### Baggergutbeschaffenheit

Im Gewässerabschnitt zwischen km 20 und km 51 dominieren im Bereich der Fahrrinne Mittelsande (bis ca. 90 %) mit örtlich wechselnden Mengenanteilen von Fein- und Grobsand und Kies (Fein- bis Grobkies).

## **Unterhaltungstechnik**

Seit etwa Mitte 2003 erfolgen die Unterhaltungsbaggerungen im Bereich der Riffelstrecke routinemäßig mit dem Wasserinjektionsgerät. Während bis 2003 Unterhaltungsbaggerungen ausschließlich mit dem Hopperbagger durchgeführt wurden, finden diese heute in einem vergleichsweise geringen Umfang statt. Insbesondere im Gewässerabschnitt oberhalb von km 40 erfolgen Hoppereinsätze nur noch selten und stehen, sofern sie durchgeführt werden, häufig in Verbindung mit Ufersicherungsmaßnahmen (vgl. Kap. 2.7.3 „Ufervorspülungen in der Unterweser“). Der größte Anteil der mit dem WI-Geräte umgelagerten Sedimente befindet sich in der sogenannten Riffelstrecke. Bezogen auf die Baggervolumina in Unter- und Außenweser liegt der zwischen km 20 und km 51 gebaggerte Anteil nur zwischen 2 % und 7 % (vgl. Abbildung 2.5-3), während das in diesem Gewässerabschnitt mittels WI-Gerät umgelagerte Volumen einem Anteil zwischen 58 % und 71 % des insgesamt in den Jahren 2004 bis 2010 mittels WI-Gerät gebaggerten Materials entspricht. Der Anteil an Hopperbaggerungen ist gering und liegt sowohl in Bezug auf die Baggervolumina als auch in Bezug auf den Anteil der Gesamt-Hopperbaggerungen in Unter- und Außenweser bei unter einem Prozent.

### **2.5.6 Unterhaltungsbaggerungen UW-km 51 bis km 65**

#### **Unterhaltungsstrategie**

Analog zur Beschreibung der Unterhaltungsstrategie im Gewässerabschnitt zwischen km 20 bis km 51 werden im Zuge der Unterhaltung auch die zwischen km 51 und km 55 in das Fahrwasser hereinragenden Dünenkuppen mittels WI-Gerät abgetragen. Unterhalb von km 55 laufen die Sohlstrukturen aus und die sich auf der Gewässersohle ausbildenden flächigen Mindertiefen werden mittels Hopperbaggerungen beseitigt. Die Beseitigung der Mindertiefen erfolgt bis zu einer maximalen Tiefe von 50 cm unter Sollsohlniveau. Die Verbringung des gebaggerten Materials erfolgt in Abhängigkeit der Sedimentzusammensetzung (Sand/Schlack), der Entfernung (möglichst kurze Wege) und der Tidephase auf den in der Unter- und Außenweser festgelegten Unterbringungsstellen (vgl. Kap. 2.7).

#### **Unterhaltungsbaggervolumina**

Die jährlichen Baggervolumina für die Gewässerabschnitte zwischen km 51 und km 58 sowie zwischen km 58 und km 65 sind in Abbildung 2.5-1 dargestellt.

Der Gewässerabschnitt zwischen km 51 und km 58 beinhaltet den unteren Teil der Riffelstrecke (km 51 bis km 55) sowie den Bereich der Schlickstrecke Nordenham (km 55 bis km 58). In den Jahren 2004 bis 2010 variieren die jährlichen Baggervolumina in diesem Gewässerabschnitt zwischen ca. 470.000 m<sup>3</sup> und knapp 1,8 Mio. m<sup>3</sup>. Dies entspricht einem Anteil zwischen 31 % und knapp 55 % der jährlichen Baggervolumina in der Unterweser. Bezogen auf die jährlichen Baggervolumina in der gesamten Unter- und Außenweser liegt der Anteil des 7 km langen Teilabschnitts zwischen 7 % und 20 %.

Der Gewässerabschnitt zwischen km 58 und km 65 umfasst den Bereich des Blexer Bogens (km 62 bis km 65) zwischen der Schlickstrecke Nordenham und Bremerhaven. Die Schwankungsbreite der jährlichen Baggervolumina variiert in den Jahren 2004 bis 2010 jährlich zwischen 635.000 m<sup>3</sup> und ca. 1,6 Mio. m<sup>3</sup> (vgl. Abbildung 2.5-1). Der Anteil an den jährlichen Baggervolumina in der Unterweser beträgt zwischen 26 % und knapp 50 %. Der Anteil der Baggervolumina in dem 7 km langen Teilabschnitt der Unterweser an den jährlichen Gesamtbagervolumina in der Unter- und Außenweser variiert zwischen 8 % und 21 %.

Bezogen auf die Baggervolumina stellen die Gewässerabschnitte zwischen km 51 und 58 sowie zwischen km 58 und km 65 die Unterhaltungsschwerpunkte in der Unterweser dar. In dem 14 km langen Gewässerabschnitt zwischen Nordenham und Bremerhaven, der ca. 20 % der Gesamtlänge der Unterweser darstellt, fallen im Mittel ca. 80 % der jährlichen Baggervolumina an.

### Anteil von Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinnenfläche

Der Flächenanteil von Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinnenfläche beträgt im Gewässerabschnitt zwischen km 52,5 und km 58,5 in den Jahren 2004 bis 2010 im Mittel zwischen 18 % und ca. 45 % und zwischen km 58,5 und km 65 zwischen 15 % und ca. 25 %. (vgl. Abbildung 2.5-6). Anhand der Abbildung 2.5-14 wird deutlich, dass in der Schlickstrecke Nordenham der mittlere Flächenanteil an Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinnenfläche mit bis zu 70 % am größten ist. Im Gewässerabschnitt zwischen km 62 und km 65 erreichen die Mindertiefen einen mittleren Flächenanteil von bis zu 50 % der Fahrrinne, während in den Teilabschnitten von km 52,5 bis km 55 und km 58 bis 62,5 Mindertiefen im Mittel nur einen Anteil von maximal 10 % der Fahrrinnenfläche einnehmen.

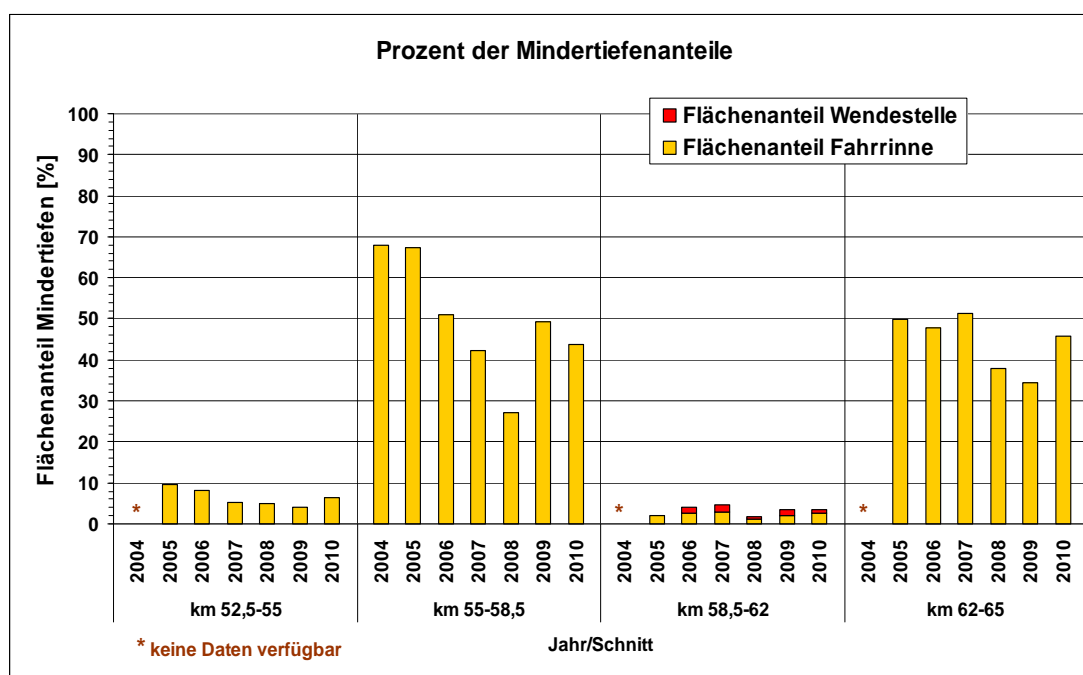


Abbildung 2.5-14: Mittlerer Mindertiefenanteil km 52,5 bis km 65

### **Baggerhäufigkeit und -dauer**

Sowohl von den Baggervolumina als auch von der Flächigkeit der auftretenden Mindertiefen stellen die Bereiche Schlickstrecke Nordenham und Blexer Bogen die Unterhaltungsschwerpunkte in der Unterweser dar. Zur Unterhaltung der Fahrrinne finden über das Jahr verteilt nahezu monatlich Baggerungen statt. Im Betrachtungszeitraum von 2004 bis 2010 waren die Bagger zur Beseitigung der Mindertiefen im Teilabschnitt zwischen km 51 und km 58 zwischen einem und maximal 22 Tagen pro Monat aktiv im Einsatz. Im stromabwärts gelegenen Teilabschnitt zwischen km 58 und km 65 variierte die monatliche Baggereinsatzzeit im Betrachtungszeitraum zwischen einem und 16 Tagen (vgl. Abbildungen A-59 bis A-64, Anhang IVc).

### **Baggergutbeschaffenheit**

Im unteren Bereich der Riffelstrecke dominieren Mittelsande mit Grobsandanteil. Der Anteil feinkörniger Sedimente ist variabel und hängt maßgeblich von der Lage der Trübungszone ab.

In der Schlickstrecke Nordenham setzen sich die Sedimente in der Fahrrinne überwiegend aus Feinsanden und Schluff zusammen. Der Feinkornanteil der Fraktion  $< 0,2$  mm liegt bei ca. 90 %. Die Anteile an Mittel- und Grobsanden sind gering; ihr Anteil nimmt jedoch zur westlichen Seite der Fahrrinne hin zu.

### **Unterhaltungstechnik**

Aufgrund der Baggergutbeschaffenheit, des Mengenanfalls mit den flächigen Mindertiefen sowie der für Unterhaltungsarbeiten mit dem WI-Gerät erforderlichen und der in unmittelbarer Nähe fehlenden Übertiefen werden in der Schlickstrecke Nordenham und im Blexer Bogen vorrangig Hopperbaggerungen durchgeführt. Zwischen km 51 und km 65 wurden in den Jahren 2004 bis 2010 insgesamt zwischen 14 % und 31 % der Gesamtbagervolumina in Unter- und Außenweser mit dem Hopper gebaggert. Der Anteil an WI-Einsätzen beträgt nur zwischen 1 % und 3 %.

## **2.5.7 Unterhaltungsbaggerungen in der Außenweser**

### **Unterhaltungsstrategie**

Im Vergleich zur Unterweser sind Unterhaltungen mit dem WI-Gerät in der Außenweser nur begrenzt möglich, da der Einsatz des WI-Gerätes in stärkerem Maße von den häufig auch schnell wechselnden Witterungs- und Seegangsverhältnissen abhängig ist; insofern wird hier überwiegend mit dem Hopperbagger unterhalten. Sofern möglich werden im Bereich der Außenweser Einzeluntiefen vorzugsweise mit dem WI-Gerät beseitigt und flächige Mindertiefen mit Hopperbaggern. Beim Einsatz der Hopperbagger wird darauf geachtet, dass das gebaggerte Material auf möglichst kurzem Wege auf die Unterbringungsstellen verbracht wird. Die Auswahl der zur Verfügung stehenden Unterbringungsstellen (vgl. Kap. 2.7.2



„Unterbringungsstellen in der Außenweser“) erfolgt in Abhängigkeit des Materials (Sand/Schlick) und der Tidephase (Flut/Ebbe) zum Zeitpunkt der Umlagerung. Im Betrachtungszeitraum zwischen 2004 und 2010 erfolgte die Beseitigung der Mindertiefen bis zu einer maximalen Tiefe von 50 cm unter Sollsohnniveau.

### **Unterhaltungsbaggervolumina in der Außenweser**

Die Darstellung der Baggervolumina in der Außenweser erfolgt analog zu den Betrachtungen in der Unterweser für die Jahre 2004 bis 2010. Abbildung 2.5-17 zeigt die in diesem Zeitraum jährlich angefallenen Baggervolumina in sechs Teilabschnitten. Wie aus den Abbildungen 2.4-2 und 2.4-3 zu erkennen ist, erfolgten in der Außenweser in den Jahren 2004 bis 2007 umfangreiche Sandentnahmen. Da die Sandentnahmen zwar in der Summe mengenmäßig erfasst, die Entnahmemengen aber keinen Gewässerabschnitten zugeordnet wurden, sind in Abbildung 2.5-17 die jährlichen Baggervolumina in sechs Teilabschnitten der Außenweser ohne Berücksichtigung der Sandentnahmen dargestellt. Analog zu Abbildung 2.5-17 sind dann auch die in Abbildung 2.5-18 zu entnehmenden prozentualen Anteile der jährlichen Baggervolumina bezogen auf die jährliche Gesamtbaggermenge der Außenweser ohne Sandentnahmen dargestellt.

### **Baggerhäufigkeit und -dauer**

Die Abbildungen A-65 bis A-83 im Anhang IVd geben einen Überblick über die Häufigkeit und Dauer von Unterhaltungsbaggerungen in den gewählten sechs Teilabschnitten der Außenweser über den Betrachtungszeitraum von 2004 bis 2010.

In den Jahren 2004 bis 2010 wurden im Zuge von Unterhaltungsbaggerungen jährlich zwischen insgesamt ca. 4,5 Mio. m<sup>3</sup> und ca. 9,2 Mio. m<sup>3</sup> Sediment im Bereich der Fahrrinne gebaggert.

Im Jahr 2010 waren die eingesetzten Bagger zur Beseitigung der Mindertiefen in der Fahrrinne ca. 2.500 Stunden aktiv im Einsatz. Mit Ausnahme der Teilabschnitte zwischen km 65 und km 70,4 sowie zwischen km 110 und km 130, in denen zur Unterhaltung der Fahrrinne in 5 bzw. 9 von 12 Monaten Baggerungen erforderlich waren, wurden in den übrigen Teilabschnitten im Jahr 2010 monatlich Unterhaltungsbaggerungen durchgeführt.

### **Anteil von Mindertiefen bezogen auf die Fahrinnenfläche**

In der inneren Außenweser (km 65 bis km 91) liegt der mittlere Flächenanteil von Mindertiefen bezogen auf die Fahrinnenfläche in den Jahren 2004 bis 2010 im Gewässerabschnitt zwischen km 68 und km 71 mit bis zu 44 % am höchsten. Zwischen km 75 und km 83 liegt der mittlere Flächenanteil an Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinne bei unter 3 %. In den übrigen Teilabschnitten variiert der mittlere Anteil an Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinne zwischen 1 % und 25 %.

In der äußeren Außenweser (km 91 bis km 130) ist der Anteil an Mindertiefen bezogen auf die Fahrinnenfläche räumlich sehr unterschiedlich ausgeprägt. Unterhalb km 107 liegt der

mittlere Anteil an Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinne zwischen 0 % und 2 %. In den oberhalb von km 107 gelegenen Teilabschnitten variiert der mittlere Anteil an Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinne zwischen 0 und max. 25 %.

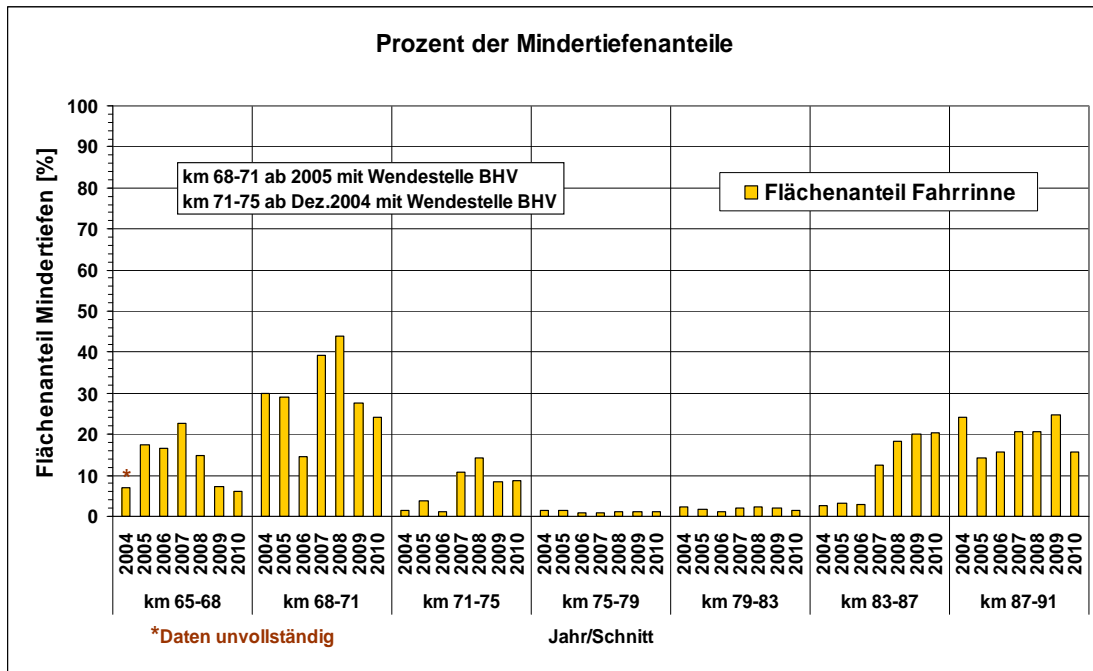


Abbildung 2.5-15: Mittlerer Mindertiefenanteil km 65 bis km 91

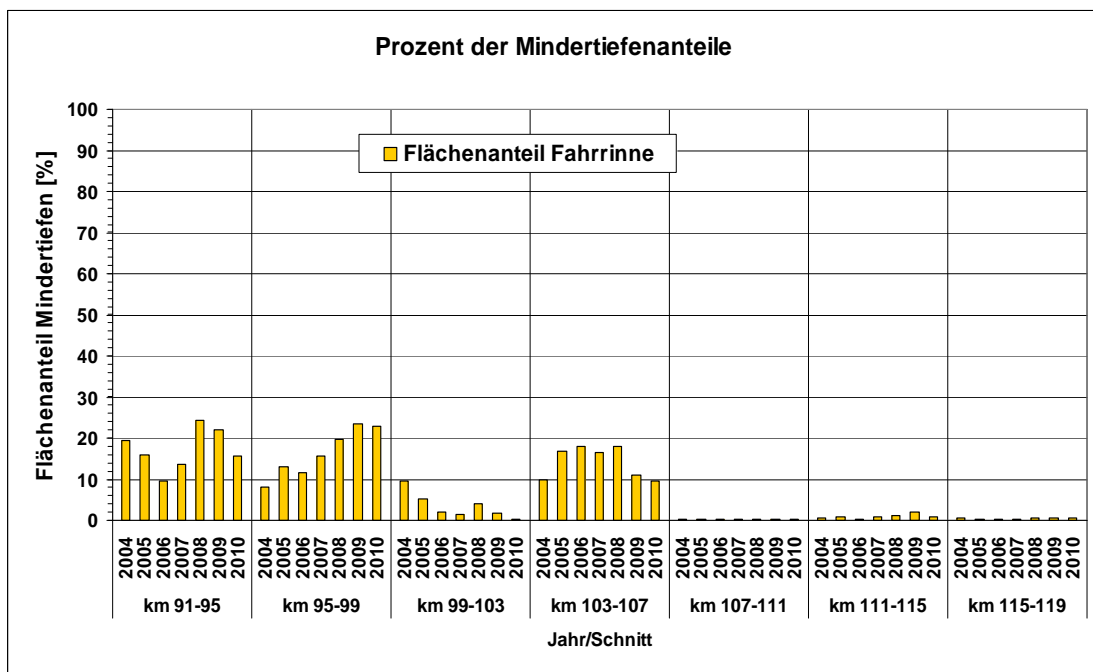


Abbildung 2.5-16: Mittlerer Mindertiefenanteil km 91 bis km 119

## Baggergutbeschaffenheit

Die Sedimente in der Fahrrinne der Außenweser bestehen überwiegend aus Fein- bis Grobsanden. Seewwärts wird die Zusammensetzung etwas gröber, so dass vorrangig Mittel- und Grobsande dominieren. In der inneren Außenweser befinden sich zwischen km 65 und 70 Beimengungen von Schluff sowie örtlich variierend Bestandteile von Ton, Klei, Torf, Holz und Muschelbruch. Zwischen km 77 und km 77,6 sowie zwischen km 95,4 und km 97,3 befinden sich schmale Mergelbänke in der Fahrrinne.

## Unterhaltungstechnik

Wie vorab bereits dargestellt, werden in der Außenweser vorrangig Hopperbaggerungen durchgeführt. Der Anteil der in der Außenweser im Rahmen der Unterhaltung gebaggerten Volumina liegt im Betrachtungszeitraum von 2004 bis 2010 jährlich zwischen 14 % und 80 %. Rechnet man die in den Jahren zwischen 2004 und 2007 getätigten Sandentnahmen für das Containerterminal CT IV mit ein, wurden in der Außenweser ca. zwischen 60 % und 80 % der Gesamtbagger volumina von Unter- und Außenweser mit dem Hopper gebaggert.

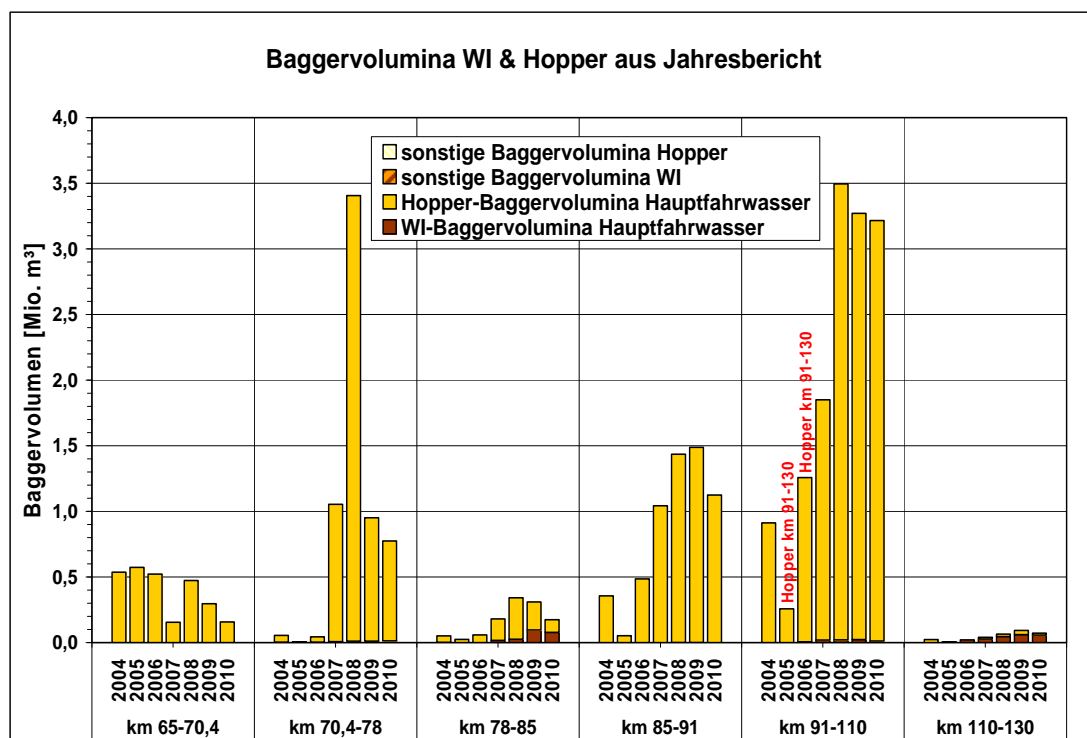


Abbildung 2.5-17: Bagger volumina in Teilabschnitten der Außenweser ohne Sandentnahmen

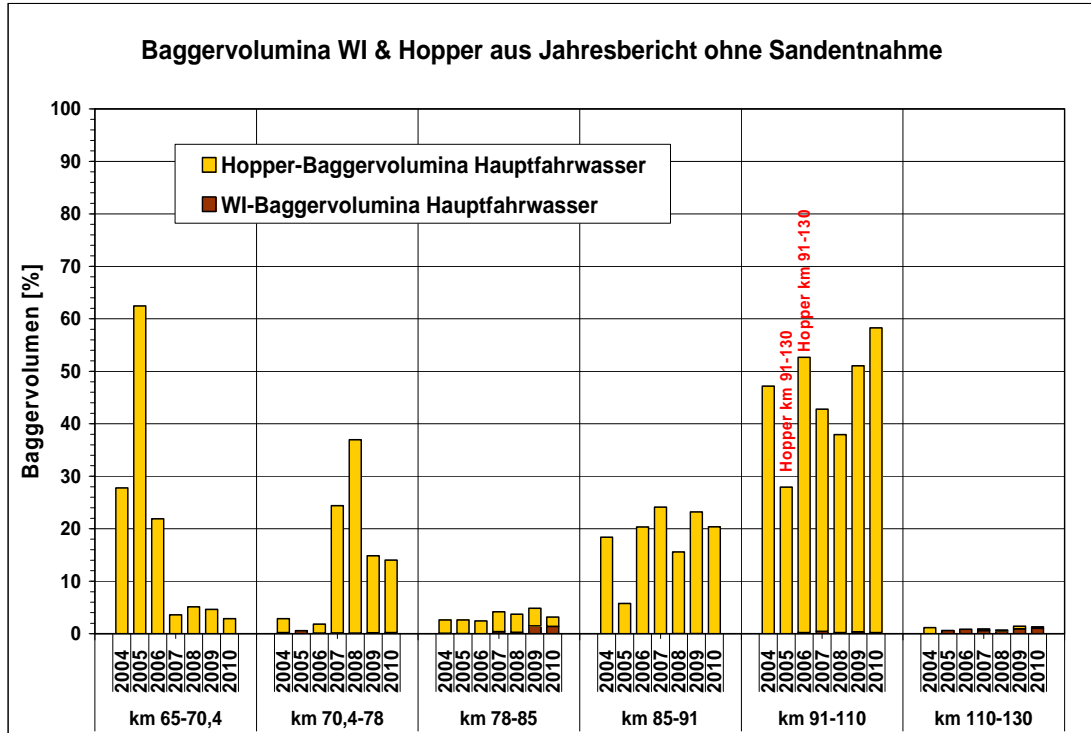


Abbildung 2.5-18: Prozentanteil bezogen auf die jährlichen Baggervolumina der Außenweser ohne Sandentnahmen

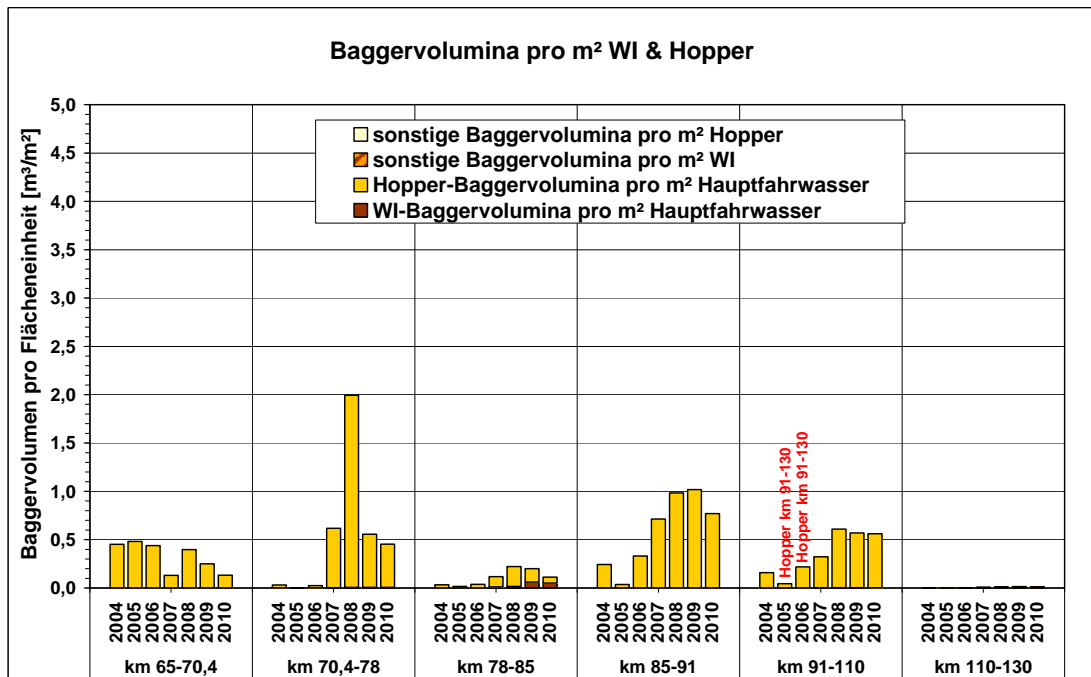


Abbildung 2.5-19: Jährliche Baggervolumina bezogen auf die Fahrrinnenfläche ohne Sandentnahmen

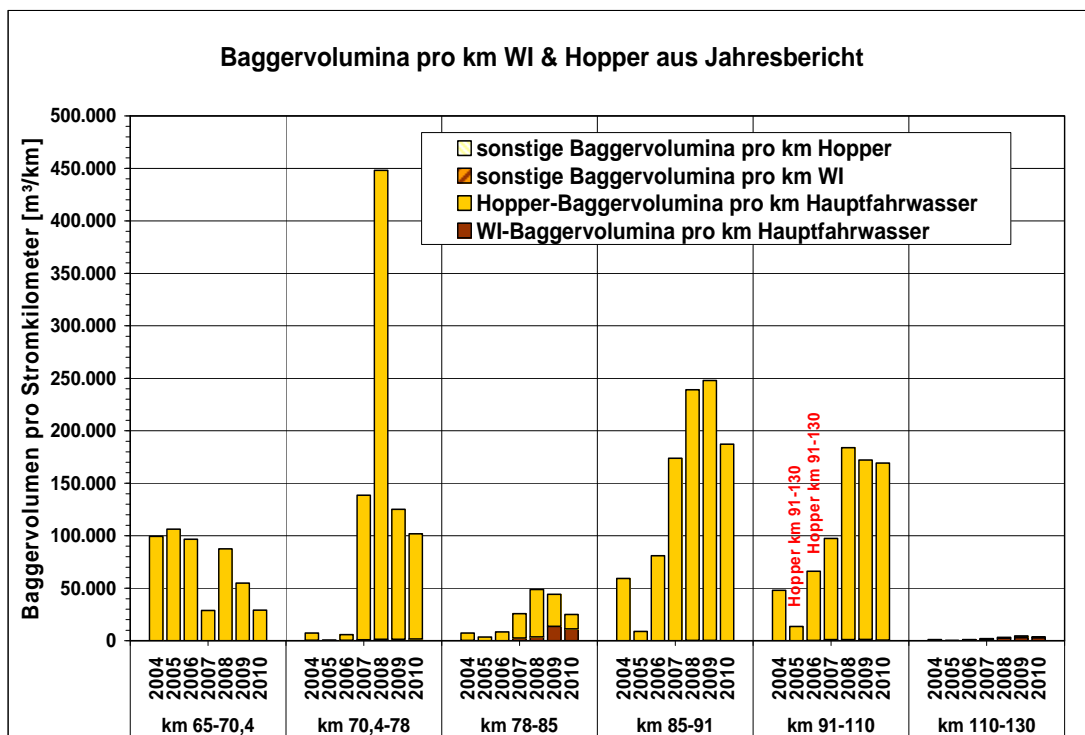


Abbildung 2.5-20: Jährliche Baggervolumina bezogen auf den Flusskilometer ohne Sandentnahmen

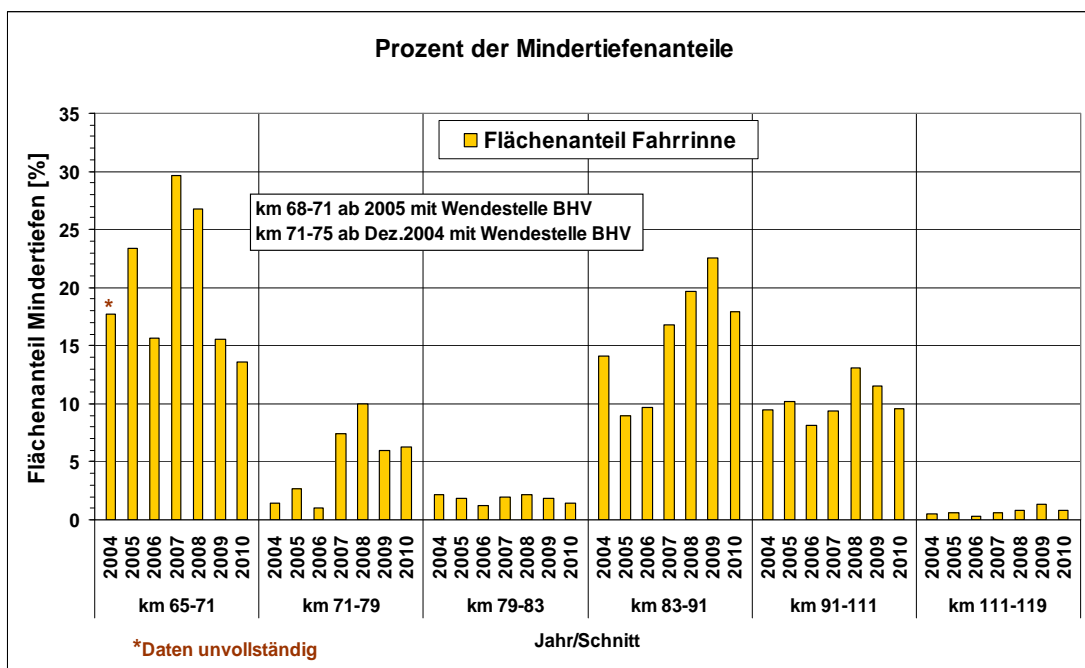


Abbildung 2.5-21: Mittlerer Mindertiefenanteil bezogen auf die Fahrrinnenfläche des Teilabschnittes

## 2.6 Unterhaltungsbaggerungen im Hauptlaichgebiet der Finte in der Unterweser

### Lage des Fintenlaichgebietes

Morphologisch betrachtet befindet sich das Hauptlaichgebiet der Finte in der sogenannten „Riffelstrecke“ der Unterweser. Die Riffelstrecke beschreibt den Bereich der Unterweser, in der von kleineren Riffeln überlagerte subaquatische Dünen die charakteristische Sohlform der Unterweser bilden.

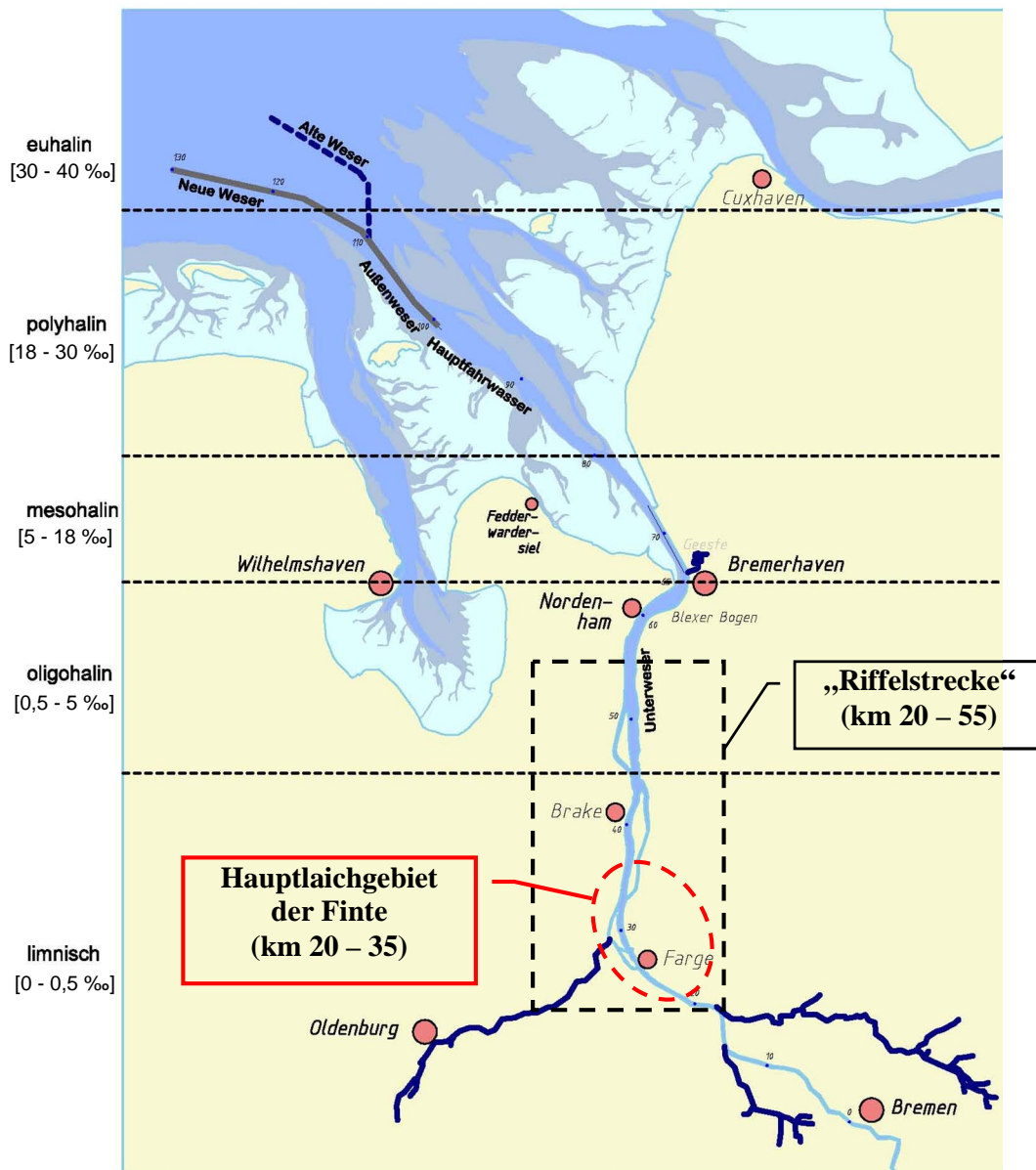


Abbildung 2.6-1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes  
(Einteilung der Salinitätszonen nach Venice-System, Quelle: GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006)

Grob zugeordnet umfasst die Riffelstrecke den Gewässerabschnitt nördlich von Vegesack (km 20) und südlich von Nordenham (km 55). Abbildung 2.6-1 gibt einen Überblick über die Lage der Riffelstrecke und des Hauptlaichgebiets der Finte, welches sich im limnischen Bereich der Unterweser zwischen km 20 und km 35 befindet.

### **Derzeitige Baggervolumina und Baggerintensitäten im Fintenlaichgebiet**

In den folgenden Abbildungen (2.6-2 bis 2.6-5) sind die jährlichen Baggeraktivitäten im Hauptlaichgebiet der Finte denen zur Hauptlaichzeit zwischen Mitte April und Mitte Juni gegenübergestellt.

Die jährlichen Baggervolumina (Hopper- und WI) im Hauptlaichgebiet der Finte variieren in den Jahren 2004 bis 2010 zwischen 32.000 m<sup>3</sup> und 176.000 m<sup>3</sup> (vgl. Abbildung 2.6-2). Bezogen auf die Baggervolumina zur Unterhaltung der Fahrrinne in der Weser (Unter- und Außenweser) entspricht die Baggermenge im Hauptlaichgebiet der Finte in den Jahren 2004 und 2010 einem Anteil von 0,5 % und 2 %. Bezogen auf die Gesamtunterhaltungsbaggervolumina der Unterweser liegt der Anteil der im Fintenlaichgebiet gebaggerten Menge einem Anteil von knapp 2,5 % im Jahr 2004 und von 5 % im Jahr 2010. Aus diesem Verhältnis wird deutlich, dass das Hauptfintenlaichgebiet in der Weser in Bezug auf die Baggervolumina nicht zu den Schwerpunktbereichen gehört. Vielmehr zeichnet sich dieser Bereich dadurch aus, dass zur Unterhaltung der Fahrrinne häufig wiederkehrend vergleichsweise geringe Sedimentmengen gebaggert werden müssen.

Die Auswertung der Anzahl jährlich durchgeführter Baggerkampagnen im Zeitraum zwischen 2004 und 2010 hat ergeben, dass zur Beseitigung der Mindertiefen im Hauptfahrwasser des Fintenlaichgebiets jährlich zwischen 7 und 9 Baggerkampagnen durchgeführt wurden (vgl. Abbildung 2.6-3). Dies entspricht einem mittleren Wiederkehrintervall von Unterhaltungsbaggerungen im Fintenlaichgebiet von 6 bis 8 Wochen.

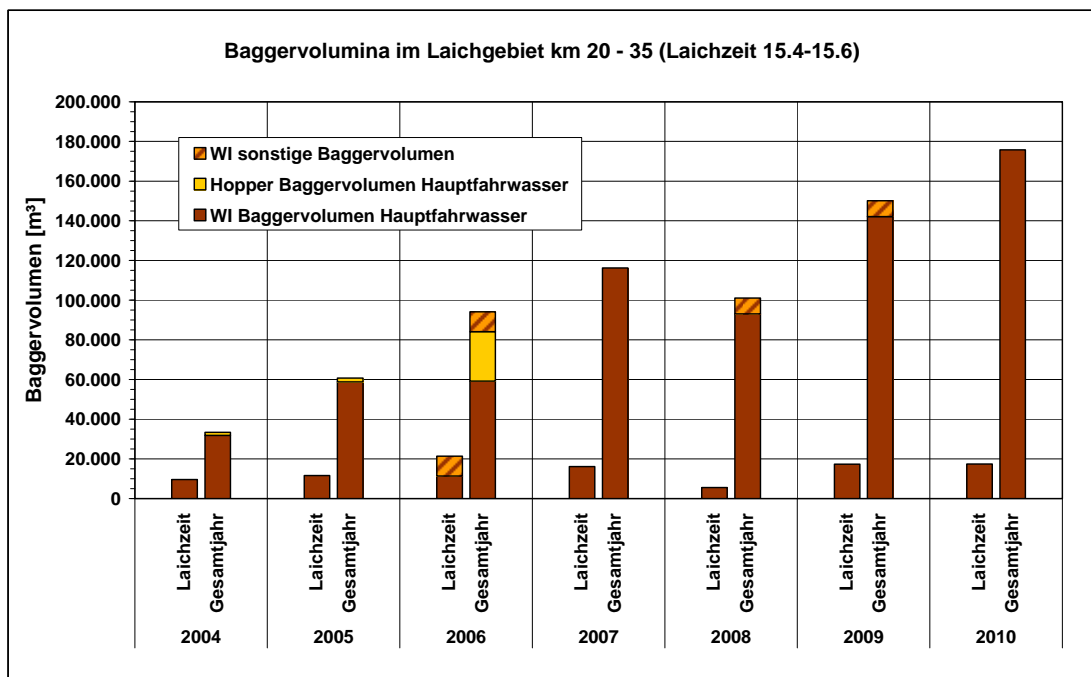
Die jährlichen Baggereinsatzzeiten in den Jahren 2004 und 2010 variieren zwischen 12 und 31 Tagen (vgl. Abbildung 2.6-4). Während dieser Zeit war der Bagger zwischen 59 Stunden (2004) und 275 Stunden (2010) jährlich im Revier zwischen km 20 und km 35 aktiv (Abbildung 2.6-5). Bezogen auf die jährlichen Baggereinsatztage entspricht dies einer mittleren Baggerzeit von knapp 5 Baggerstunden pro Baggertag im Jahr 2004 und knapp 9 Baggerstunden pro Baggertag im Jahr 2010.

Zwischen Mitte April und Mitte Juni erfolgten in den Jahren 2004 bis 2010 im Hauptlaichgebiet der Finte zwischen ein und zwei Baggerkampagnen pro Jahr (vgl. Abbildung 2.6-3). Die Unterhaltungsmaßnahmen während der Hauptlaichzeit der Finte erfolgten zwischen 2004 und 2010 ausnahmslos mit dem WI-Gerät (vgl. Abbildung 2.6-2). Die in diesem Zeitraum im Hauptfahrwasser gebaggerten Mengen betragen zwischen 5.500 m<sup>3</sup> (2008) und 17.400 m<sup>3</sup> (2010). Ergänzend zu Unterhaltungsbaggerungen im Hauptfahrwasser erfolgten in den Jahren 2006, 2008 und 2009 Unterhaltungsarbeiten mit dem WI-Gerät im WSV-eigenen Bauhafen Farge. Das zur Räumung des Bauhafens umgelagerte Material entspricht einem Volumen von

jeweils zwischen 8.000 m<sup>3</sup> und 10.000 m<sup>3</sup> bindigen Materials. Die Unterhaltungsarbeiten sind in den Abbildungen 2.6-2 bis 2.6-5 als „sonstige Baggerungen“ gekennzeichnet.

Vergleicht man die jährlichen Unterhaltungsbagervolumina im Revierabschnitt zwischen km 20 und 35 mit denen, die im Zeitraum zwischen Mitte April und Mitte Juni gebaggert werden, so entspricht das während der Hauptlaichzeit gebaggerte Volumen einem Anteil zwischen ca. 6 % (2008) und ca. 30 % (2004) des jährlichen Gesamtbagervolumens in diesem Revierabschnitt, wobei der Anteil in den meisten Jahren zwischen 10 % und 14 % liegt.

Anhand Abbildung 2.6-4 wird deutlich, dass innerhalb des betrachteten Zeitraums von 8 Wochen die jährlichen Baggereinsatztage zwischen 2004 und 2010 in dem 15 km langen Gewässerabschnitt zwischen 2 und 4 Tagen liegen. Während dieser Einsatzzeiten war der Bagger im Hauptlaichgebiet der Finte während der Fintenlaichzeit insgesamt zwischen 8 Stunden (2008) und 36 Stunden (2009) aktiv (vgl. Abbildung 2.6-5). Bezogen auf die jeweiligen Baggereinsatztage entspricht dies in der Regel einer mittleren Baggerzeit zwischen 4 Stunden und 7,5 Stunden täglich. Im Vergleich der Jahre 2004 bis 2010 liegt die mittlere Baggerzeit im Jahr 2009 mit 12 Stunden pro Baggereinsatztag am höchsten.



**Abbildung 2.6-2: Bagervolumina im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 - 35)**



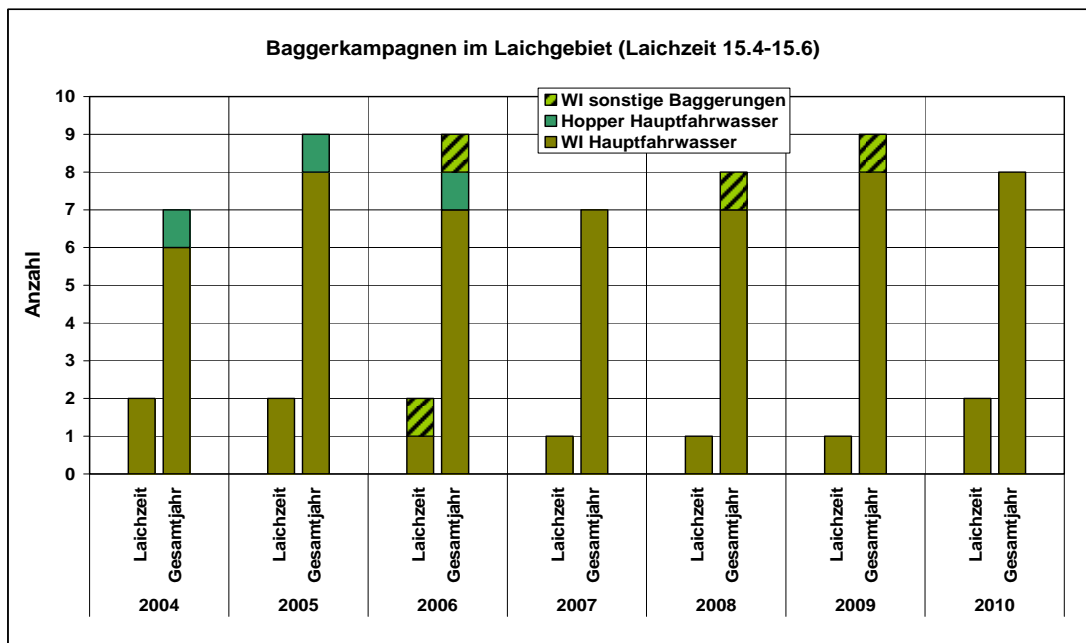


Abbildung 2.6-3: Anzahl der Baggerkampagnen im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 - 35)

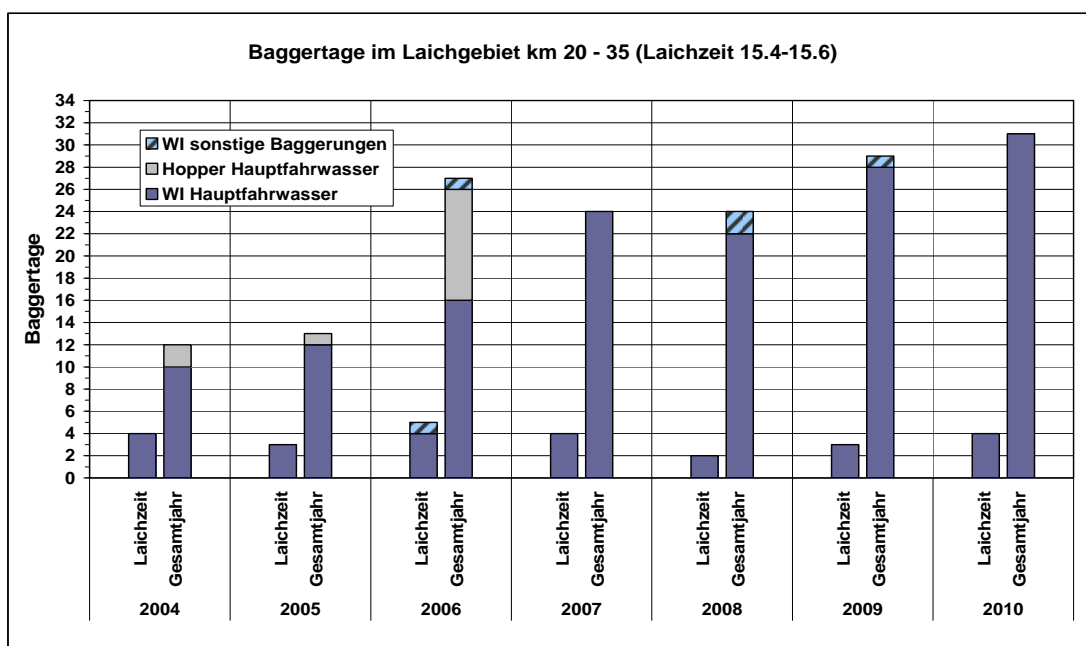
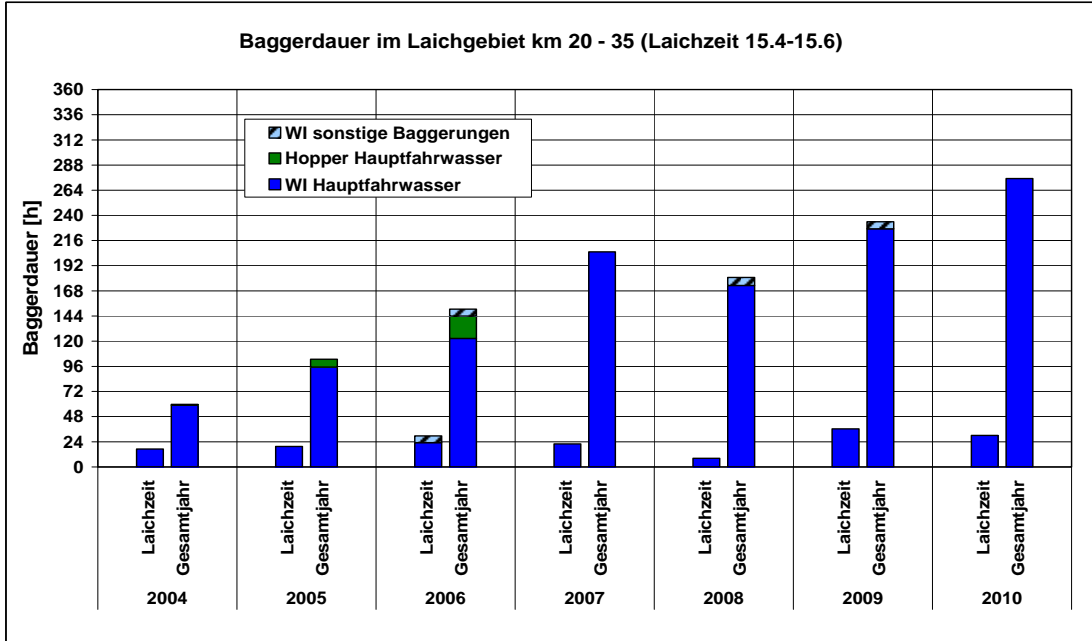


Abbildung 2.6-4: Anzahl der Baggertage im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 - 35)



**Abbildung 2.6-5: Anzahl der Baggerstunden im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 - 35)**

Die in Abbildung 2.6-2 bis Abbildung 2.6-5 dargestellten Unterhaltungsbaggeraktivitäten beziehen sich jeweils auf den gesamten Gewässerabschnitt zwischen km 20 und km 35. Innerhalb dieses Gewässerabschnitts sind die Baggervolumina und die Baggereinsatzhäufigkeiten nicht gleichmäßig verteilt. In Abhängigkeit der hydrologischen und morphologischen Randbedingungen gibt es einige Bereiche, in denen die Gewässersohle höher ansteht und Mindertiefen schneller über das Sollsohlniveau anwachsen als in anderen Bereichen. Daraus ergibt sich, dass auch die Baggervolumina und die Baggerintensität in unterschiedlichen Bereichen unterschiedlich ausgeprägt sind.

Zur Differenzierung der Baggervolumina und Baggerhäufigkeiten im Hauptlaichgebiet der Finte wurde das 15 km lange Untersuchungsgebiet zwischen km 20 und 35,3 in acht Teilabschnitte aufgeteilt. Die Aufteilung entspricht den Blattansichten zur Auswertung der Fächerecholotpeilungen, die als digitales Höhenmodell u. a. der Baggerei zur Festlegung der Baggerstellen dienen. Die einzelnen Teilabschnitte haben eine Länge von 1,3 km bis 2,3 km.

Die folgenden Abbildungen 2.6-6 bis 2.6-9 geben einen Überblick über die Baggervolumina, die Baggerhäufigkeiten und die Baggerdauern in den acht Teilabschnitten über den Zeitraum von 8 Wochen während der Fintelaichzeit (Mitte April bis Mitte Juni) in den Jahren 2004 bis 2010.

Die Aufteilung des Hauptlaichgebietes in Teilabschnitte zeigt, dass es innerhalb des betrachteten 15 km langen Gewässerabschnitts Teilbereiche gibt, in denen über den Betrachtungszeitraum von 2004 bis 2010 während der Fintelaichzeit keine oder nur sehr geringe Unterhaltungsbaggerungen erfolgten, während in einigen Teilabschnitten innerhalb des achtwöchigen Betrachtungszeitraums bis zu zwei Baggerkampagnen zur Gewährleistung der planfestgestellten Sollsohltiefe des Fahrwassers stattgefunden haben.

Zu den Bereichen, in denen in den letzten sieben Jahren zwischen Mitte April und Mitte Juni nur sehr selten und wenn, dann in sehr geringem Umfang Unterhaltungsbaggerungen stattfanden, gehören die Teilabschnitte zwischen km 20 und 21,3 und zwischen km 31 und km 33,2. Im Teilabschnitt zwischen km 20 und 21,3 fanden seit 2004 nur in den Jahren 2006, 2008 und 2010 Baggerungen während der Fintenlaichzeit statt. Innerhalb des jährlichen 8-wöchigen Betrachtungszeitraums wurden während der Fintenlaichzeit zwischen 550 m<sup>3</sup> (2006) und 4.200 m<sup>3</sup> Material mittels WI-Gerät umgelagert. Zur Beseitigung der Mindertiefen war der Bagger auf der 1,2 km langen Strecke zwischen 1,5 Stunden und 6 Stunden im Revier aktiv (vgl. Abbildungen 2.6-6 und 2.6-9).

Im Teilabschnitt zwischen km 31 und km 33,2 erfolgten zwischen 2004 und 2010 nur zwei Unterhaltungsbaggerungen. Im Jahr 2005 wurden während der Fintenlaichzeit innerhalb einer guten halben Stunde 300 m<sup>3</sup> Sedimente mittels WI-Gerät mobilisiert und im Jahr 2007 innerhalb von einer Stunde ca. 400 m<sup>3</sup> Bodenmaterial umgelagert (vgl. Abbildungen 2.6-6 und 2.6-9). Im Vergleich zu den anderen Teilabschnitten wurden in den letzten Jahren in den Teilabschnitten zwischen km 25 bis 27 und zwischen km 29 und km 31 die größten Baggervolumina umgelagert. In den Jahren 2009 und 2010 wurden im Teilabschnitt zwischen km 25 und km 27 zwischen Mitte April und Mitte Juni 6.000 m<sup>3</sup> und 7.300 m<sup>3</sup> Material mittels WI-Gerät umgelagert.

Zur Beseitigung der Mindertiefen war der Bagger auf der 2 km langen Teilstrecke in 2009 ca. 13 Stunden aktiv und im Jahr 2010 insgesamt knapp 11,5 Stunden.

Zu den Teilabschnitten, in denen auch während der Fintenlaichzeit regelmäßig Unterhaltungsarbeiten stattfinden, gehört der Teilabschnitt zwischen km 29 und km 31. Aufgrund des schnellen Anwachsens der Mindertiefen in diesem Bereich erfolgten auch während der Fintenlaichzeit jährlich ein bis zwei Baggerkampagnen in diesem Teilabschnitt. Mit Ausnahme der Jahre 2008 und 2010 wurden in dem Teilabschnitt zwischen km 29 und km 31 im Rahmen von Unterhaltungsmaßnahmen während der Fintenlaichzeit zwischen 5.300 m<sup>3</sup> und 7.300 m<sup>3</sup> mittels WI-Gerät umgelagert. Zur Beseitigung der Mindertiefen war der WI-Bagger während der Hauptlaichzeit der Finte insgesamt zwischen 10 Stunden und 13,5 Stunden im Revier aktiv. Bezogen auf den 8-wöchigen Betrachtungszeitraum zwischen Mitte April und Mitte Juni (= 1.344 Stunden) entspricht die Baggerzeit während der Hauptlaichzeit der Finte somit in diesem unterhaltungsintensiven Teilabschnitt der Unterweser einem zeitlichen Anteil von jährlich maximal einem Prozent. Oder anders ausgedrückt: Innerhalb der Hauptlaichzeit der Finte, die einem Zeitfenster von 1.344 Stunden entspricht, besteht in diesem Teilabschnitt für bis zu 13,5 Stunden in lokal eng begrenzten Bereichen die Gefahr, dass Laichfische durch Baggeraktivitäten gestört oder Eier und Larven verschüttet, verspült und getötet werden.

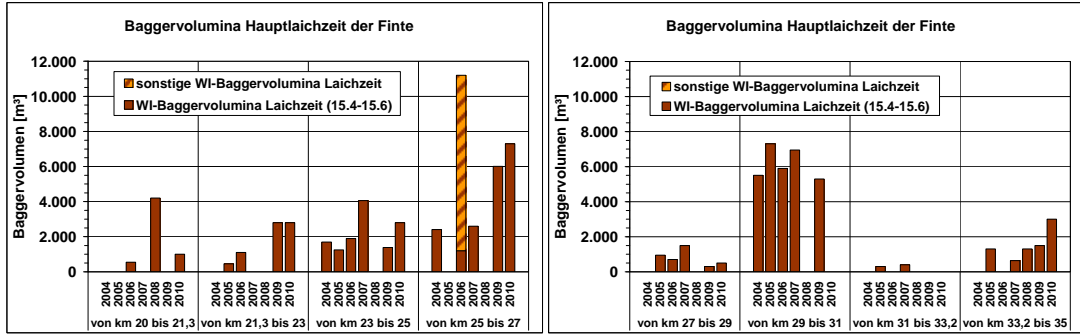


Abbildung 2.6-6: Baggervolumina in Teilabschnitten des Hauptlaichgebietes der Finte  
(km 20 - 35)

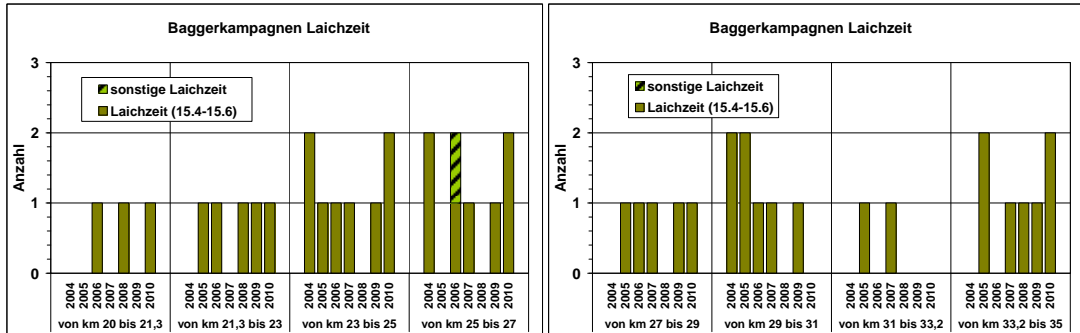


Abbildung 2.6-7: Baggerhäufigkeiten in Teilabschnitten des Hauptlaichgebietes der Finte  
(km 20 - 35)

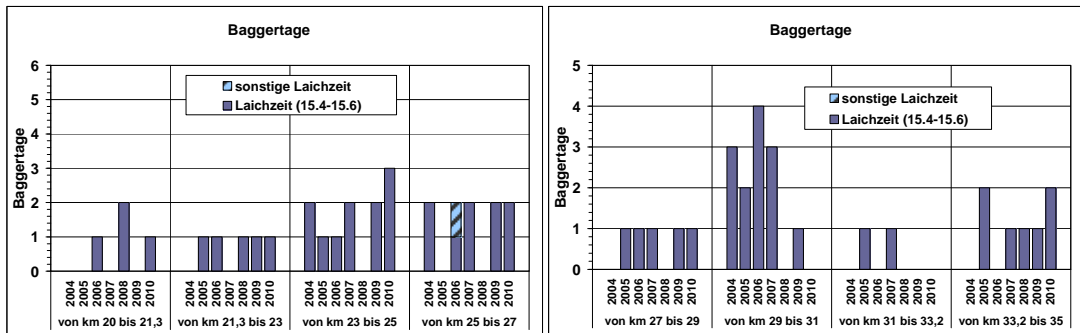


Abbildung 2.6-8: Baggertage in Teilabschnitten des Hauptlaichgebietes der Finte (km 20 - 35)

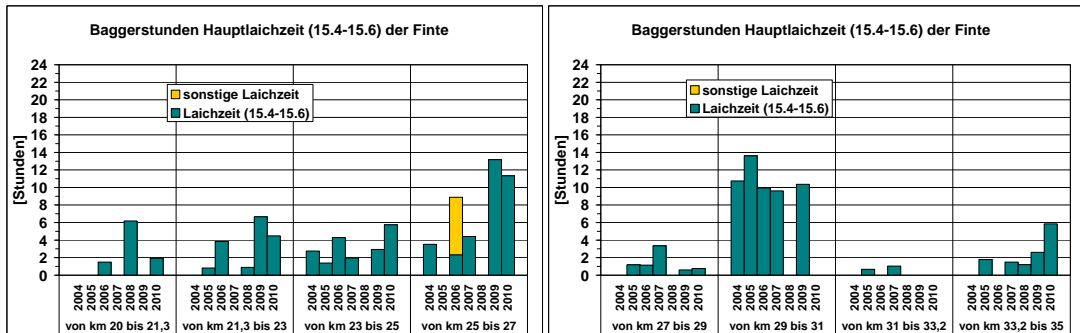


Abbildung 2.6-9: Baggerstunden in Teilabschnitten des Hauptlaichgebietes der Finte  
(km 20 - 35)

### Anteil von Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinnenfläche

Wie in Kap. 2.5.5 erläutert, finden Unterhaltungsbaggerungen im Bereich der Riffelstrecke nur lokal im Bereich von Dünenkuppen statt, die in das Fahrwasser hineinragen. Die Ausweisung von Mindertiefen als Baggerflächen hängt von einer Vielzahl Faktoren ab und nicht jede Mindertiefe, die sich im Peilplan auf Grundlage der Verkehrssicherungspeilungen in der Fahrrinne abzeichnet, wird im Zuge von Unterhaltungsarbeiten auch beseitigt. Derzeitig werden in der Riffelstrecke in der Regel Mindertiefen erst ab einer Höhe von ca. 50 cm entfernt.

Um eine Abschätzung über die maximalen Anteile von Mindertiefen in der Fahrrinne im Hauptlaichgebiet der Finte zu bekommen, erfolgt eine Auswertung der Verkehrssicherungspeilungen, die in den Jahren 2004 bis 2010 durchgeführt wurden. Grundlage hierfür sind die zu digitalen Geländemodellen aufbereiteten Fächerecholotdaten, die u. a. der Baggerei und der Nautik zur Festlegung des erforderlichen Baggerbedarfs dienen. Die Ermittlung der Flächen, in denen Mindertiefen auftreten, erfolgt durch Verschneidung der digitalen Geländemodelle der Gewässersohle mit der Sollsohlentiefe in den betrachteten Gewässerabschnitten. Die Ermittlung der über und unterhalb der Sollsohlentiefe liegenden Flächen erfolgt Blattschnittweise.

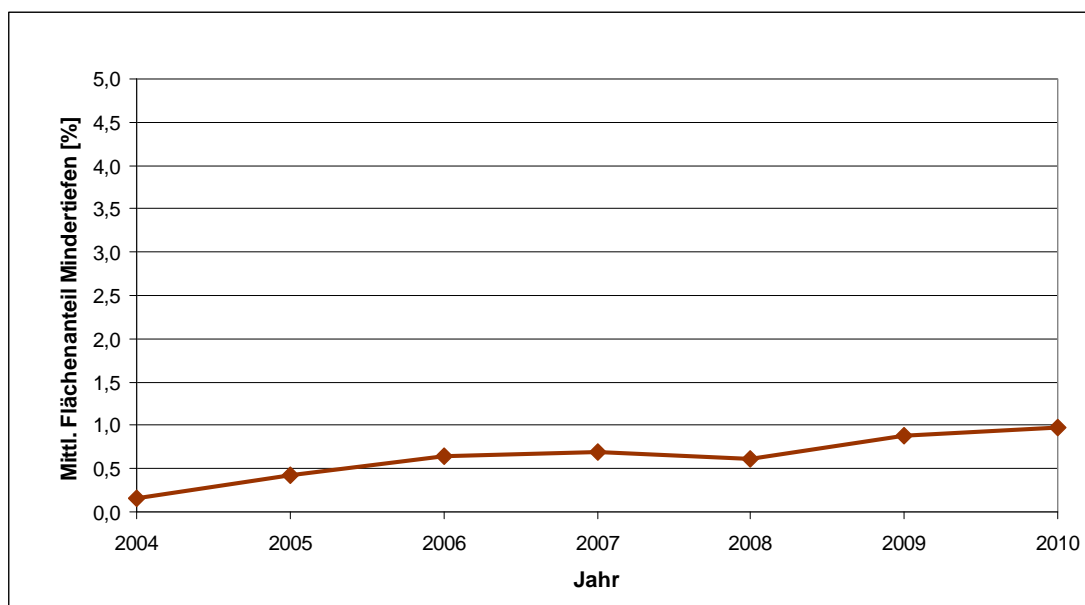
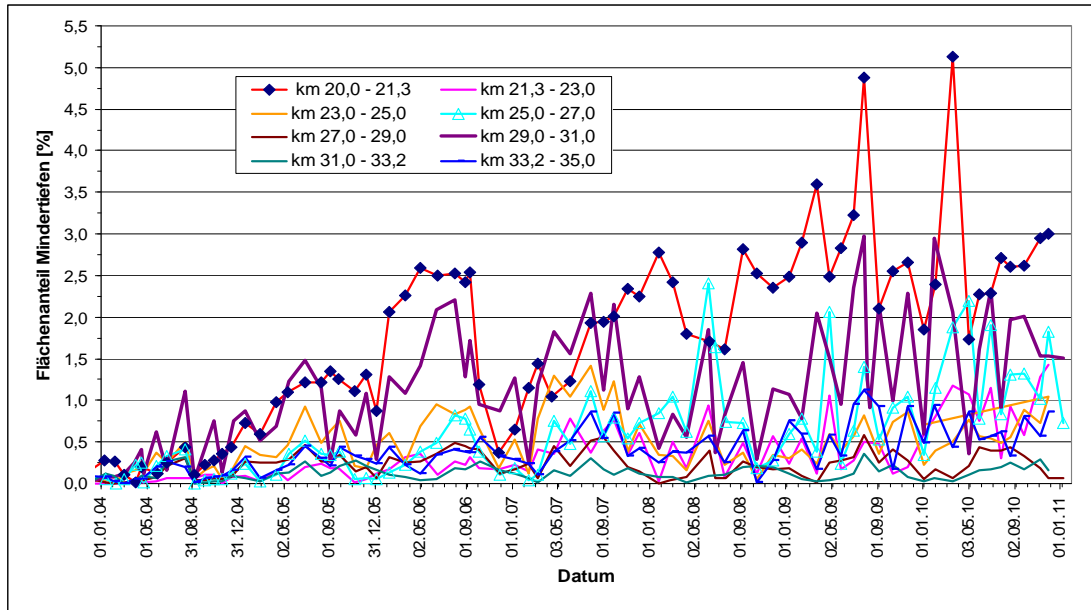
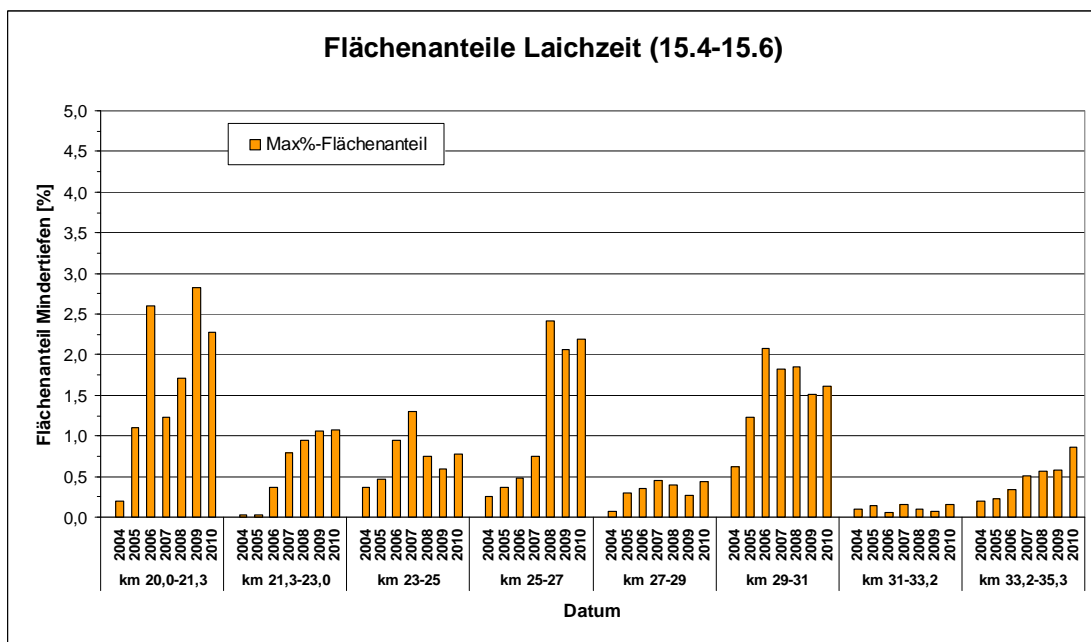


Abbildung 2.6-10: Mittlerer Flächenanteil von Mindertiefen an der Fahrrinne im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 - km 35)



**Abbildung 2.6-11: Flächenanteil von Mindertiefen im Hauptlaichgebiet der Finte  
(km 20 - km 35)**



**Abbildung 2.6-12: Maximaler Flächenanteil von Mindertiefen in Teilabschnitten des Hauptlaich-  
gebietes der Finte (km 20 - km 35)**

In den Abbildungen 2.6-10 bis 2.6-12 sind die ermittelten Flächenanteile grafisch dargestellt. Abbildung 2.6-10 zeigt den mittleren Flächenanteil von Mindertiefen bezogen auf die Gesamtfläche der Fahrrinne im Untersuchungsabschnitt zwischen km 20 und 35. Anhand der Darstellung wird deutlich, dass der Flächenanteil an Mindertiefen bezogen auf die Gesamtfläche der Gewässersohle im Bereich der Fahrrinne in den Jahren 2004 bis 2010 zwischen 0,15 % und 1 % liegt.

Abbildung 2.6-11 gibt einen Überblick über die Flächenanteile von Mindertiefen in den einzelnen Teilabschnitten des Hauptfintenlaichgebiets im Betrachtungszeitraum zwischen dem 01.01.2004 und dem 31.12.2010. Die Abbildung zeigt, dass der Anteil an Mindertiefen im Gewässerabschnitt zwischen km 20 und 21,3 mit max. ca. 5 % und in den Teilabschnitten zwischen km 25 und km 27 sowie km 29 und km 31 mit max. ca. 3 % am größten ist. In den übrigen Teilabschnitten variiert der max. Anteil potenzieller Baggerflächen zwischen 0 und 1,5 % der Fahrrinnenfläche.

Ergänzend zu Abbildung 2.6-11, die den Flächenanteil von Mindertiefen der einzelnen Peilungen über die Jahre 2004 bis 2010 darstellt, zeigt Abbildung 2.6-12 den maximalen Flächenanteil von Mindertiefen in dem als Hauptlaichzeit definierten Zeitraum von Mitte April bis Mitte Juni. Der maximale Flächenanteil bezieht sich hierbei auf die Peilung im betrachteten Jahr und Gewässerteilabschnitt, die den größten Flächenanteil von Mindertiefen aufweist.

Analog zur Auswertung über die Gesamtjahre sind die Gewässerabschnitte zwischen km 20 und km 21,3, km 25 und km 27 und km 29 bis km 31 auch während der Hauptlaichzeit der Finte die Teilabschnitte mit den größten Mindertiefenanteilen. Ein Flächenanteil von maximal 3 % der Gesamtfahrrinnenfläche wird während der Hauptlaichzeit der Finte jedoch in keinem Teilabschnitt überschritten.

## **2.7 Unterbringung von Baggergut aus Unter- und Außenweser**

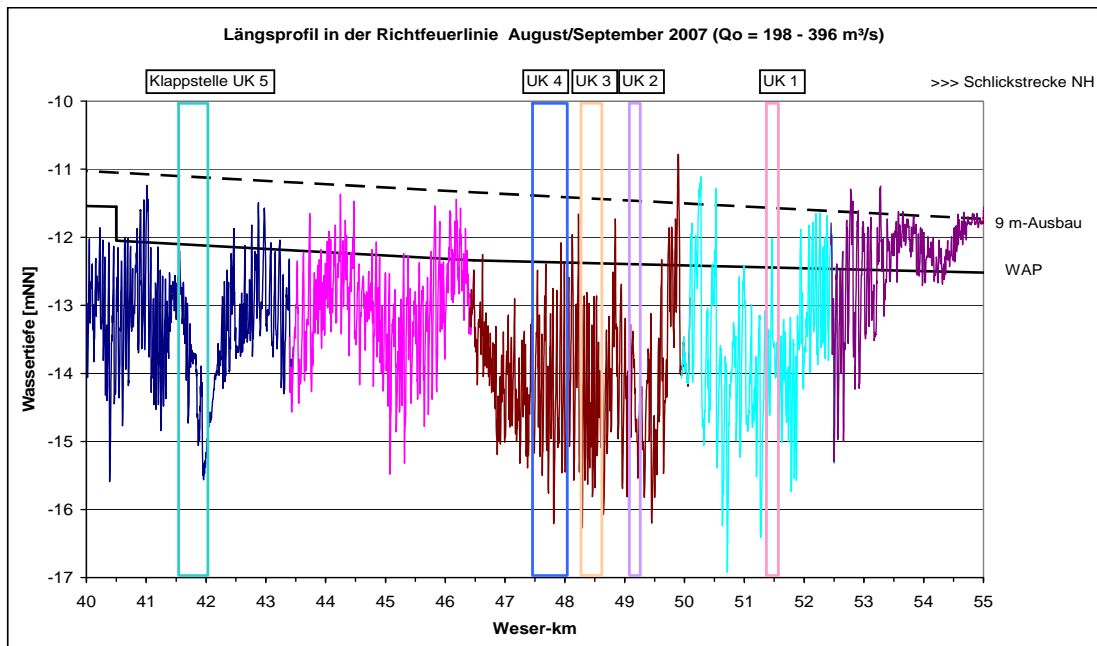
### **2.7.1 Unterbringungsstellen in der Unterweser**

Im Gewässerabschnitt zwischen dem Bremer Weserwehr und Brake (km 40) gibt es keine festgelegten Unterbringungsstellen. Mit Änderung der Unterhaltungstechnik vom Hopperbagger zum Wasserinjektionsgerät im Jahr 2004 erfolgt die Umlagerung des Baggergutes durch Verdriftung des mobilisierten Materials von den lokalen Mindertiefen in angrenzende Übertiefen. Davor wurde das vom Hopperbagger aufgenommene Material ortsnah in Übertiefen umgelagert und/oder im Rahmen von Uferschutzmaßnahmen im Bereich der Weserstrände vorgespült (vgl. Kap. 1.1.9). Da oberhalb von Brake im Gewässerabschnitt zwischen km 27 und km 40 die größten Baggervolumina anfallen, wurde ein Großteil des angefallenen Baggerguts ebenfalls in diesem Gewässerabschnitt in den Bereichen vorhandener Übertiefen umgelagert.

Sofern nicht ein Wasserinjektionsgerät zum Einsatz kommt, wird das im Zuge von Unterhaltungsarbeiten in der Tidehunte nicht mit Schadstoffen belastete Material ebenfalls in den vorhandenen Übertiefen zwischen km 27 und km 40 untergebracht. Überprüfungen anhand von Peilungen haben gezeigt, dass das umgelagerte Material nicht dauerhaft am Ort der Unterbringung verbleibt, sondern durch die tideabhängigen Strömungen mit vorherrschender Ebbstromdominanz remobilisiert und weiter stromabwärts transportiert wird. Die (nicht

ortsfesten) Unterbringungsbereiche oberhalb von Brake weisen bereits nach kurzer Zeit die alten Übertiefen auf und stehen dann ggf. für eine erneute Beschickung zur Verfügung.

Unterhalb von Brake bestehen in der Unterweser feste Unterbringungsstellen. Die Unterbringungsstellen UK 1 bis UK 5 befinden sich bei km 42,0, km 47,8, km 48,5, km 49,2 und km 51,5 im Bereich ortsfester Übertiefen. In Abbildung 2.7-1 ist beispielhaft der Verlauf der Gewässersohle in der Richtfeuerlinie zwischen Nordenham und Brake dargestellt (Peilung 2007).



**Abbildung 2.7-1: Längsprofil Richtfeuerlinie km 40 - km 55 mit Angabe der Unterbringungsbereiche (Quelle: WSA Bremerhaven 2009)**

Im Bereich der kenntlich gemachten Unterbringungsstellen UK1 - UK5 sind seitlich dieser Darstellungslinie noch weitaus größere Wassertiefen anzutreffen, die insbesondere in der Bühnenausbaustrecke unterhalb von km 48,5 streckenweise bis an den Bühnenkörper heranreichen.

Abbildung 2.7-2 gibt einen Überblick über die jährlichen umgelagerten Mengen auf den jeweiligen Unterweser-Unterbringungsstellen im Zeitraum zwischen 1996 und 2011. Anhand der Grafik wird deutlich, dass mit dem Wechsel der Unterhaltungstechnik im Bereich der Riffelstrecke ca. ab Mitte 2004 die in der Unterweser umgelagerten Mengen deutlich zurückgegangen sind. In den Jahren 2005 bis 2007 und 2009 wurde ausschließlich auf der Unterbringungsstelle UK3 bei km 48,5 noch Baggergut umgelagert und im Jahr 2008 eine geringe Menge auf der Unterbringungsstelle UK2 bei km 49,2. Bei den in diesen Jahren umgelagerten Mengen handelt es sich um bindiges Material aus der Schlickstrecke vor Nordenham (WSA Bremerhaven 2009). In den Jahren 2010 und 2011 wurden neben der Unterbringungsstelle UK3 auch wieder die Unterbringungsstellen UK2 und UK5 beschickt.



Im Zuge der geplanten Weseranpassung ist vorgesehen, das im Gewässerabschnitt zwischen km 55 und km 58 anfallende Baggergut auf den Unterbringungsstellen der Außenweser umzulagern. Hierfür sind die Unterbringungsstellen K1 (Robbensüdsteert), K3 (Robbenplate Nord) und die Unterbringungsstelle T2 (Fedderwarder Fahrwasser) vorgesehen. Alle drei Unterbringungsstellen werden als „Durchgangsunterbringungsstellen“ angesehen, da die bisher dort untergebrachten Baggervolumina nur zu einem geringen Teil längerfristig nachweisbar sind (WSA Bremerhaven 2009).

Die Unterbringungsorte der nach Abschluss des Weserausbaus zwischen km 55 und km 58 anfallenden Unterhaltungsbaggervolumina sind abhängig von der Kornverteilung. Schlickige Böden mit einem hohen Schluff- und Feinsandanteil sollen ebenfalls in der Außenweser auf den Unterbringungsstellen K1, K3 und T2 untergebracht werden. Bei sandigen Böden und/oder Sedimenten mit einem hohen Sandanteil (Feststoffanteil größer 40 % im Laderaum - ermittelt mit einem Tellerlot unmittelbar nach Beendigung des Baggervorgangs) ist eine Umlagerung auf den Unterweser-Unterbringungsstellen UK1 bis UK4 vorgesehen.

Mit der Unterbringung sandiger Böden in die Übertiefenbereiche der Unterweser soll durch eine gezielte Sedimentzufuhr örtlichen Erosionen und einer eventuellen Eintiefung der Fahr- rinne entgegengewirkt werden. Ziel der Maßnahme ist, den Bestand der Strombauwerke und damit auch ihre hydraulische Funktion zur Stabilisierung der Tidewasserstände sowie der Unterwasserböschungen und Uferbereiche in der Wasserwechselzone, hier insbesondere gegen Strömungs- und Schiffswellenbelastungen, zu sichern.

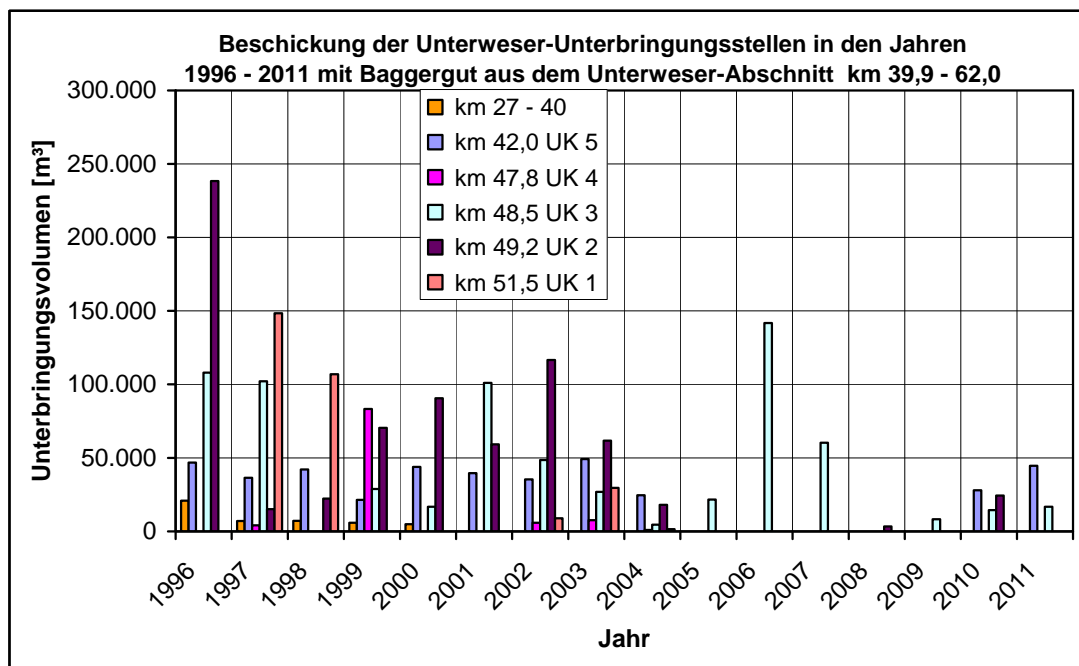


Abbildung 2.7-2: Beschickung der Unterweser-Unterbringungsstellen im Zeitraum 1996 - 2011 (Quelle: WSA Bremerhaven)

Da im Gewässerabschnitt zwischen km 8 und km 55 die geplante Sohlvertiefung mit einem Wasserinjektionsgerät ausgeführt wird, fällt in diesem Gewässerabschnitt der Unterweser im

Zuge des geplanten Weserausbaus kein unterzubringendes Baggergut an. Nach Fertigstellung des Ausbaus ist auch die weitere Unterhaltung der Fahrrinne im Bereich zwischen km 8 und km 55 mit dem Wasserinjektionsgerät vorgesehen. Optional ist auch der Einsatz eines Hopperbaggers vorgesehen. Dies wird bei großflächigen Eintreibungen oder Sandvorspülungen auf den Stränden zur Erhaltung des Uferschutzes erforderlich werden. Wird bei Einsatz eines Hopperbaggers die Unterbringung von Baggergut notwendig, ist vorgesehen, diese auf den vorhandenen Unterweser-Unterbringungsstellen UK1 bis UK5 sowie in den vorhandenen Übertiefen zwischen km 27 und km 40 durchzuführen (WSA Bremerhaven & WSA Bremen 2006).

## 2.7.2 Unterbringungsstellen in der Außenweser

Zur Unterbringung von Baggergut hält das Wasser- und Schifffahrtsamt Bremerhaven seit Jahren neun Unterbringungsstellen in der Außenweser vor. Von den neun Unterbringungsstellen in der Außenweser liegen 2 Unterbringungsstellen (K1 und T1) innerhalb des Betrachtungsraums des Integrierten Bewirtschaftungsplans Weser und 7 Unterbringungsstellen außerhalb. Die Lage der Unterbringungsstellen ist in Abbildung 2.7-3 dargestellt. Ergänzend hierzu gibt Tabelle 2.7-1 einen Überblick über die Kenndaten der Unterbringungsstellen (Bezeichnung, Örtlichkeit, mittlere Wassertiefe und Beschickungsvorgaben).

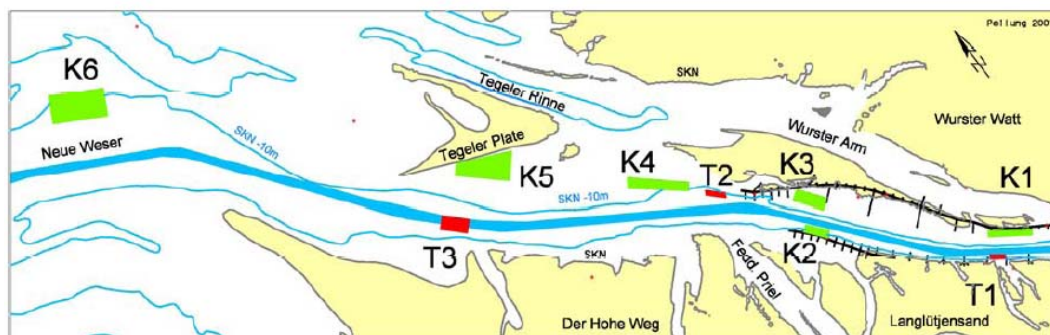


Abbildung 2.7-3: Lageplan Außenweser-Unterbringungsstellen (Quelle: WSA Bremerhaven)

Tabelle 2.7-1: Kenndaten Unterbringungsstellen der Außenweser  
(Quelle: WSA Bremerhaven 2007a)

Bezeichnung	Örtlichkeit			Abmessungen (2005/2007)			Zulässige Bodenarten und Verklapp-Tidephasen			
				Fläche ha	Mittlere Wassertiefe		Sandige Böden		Bindige Böden	
	Name	Weser-km	Seite		mSKN (LAT)	mNN	Flut	Ebbe	Flut	Ebbe
K1	Robbensüdsteert	80,6	Ost	38,0	- 7,1	- 9,6	Nein	Ja	Nein	Ja
K2	Langlütjensand Nord	87,6	West	15,0	-11,1	-13,5	Ja	Nein	Nein	Nein
K3	Robbenplate Nord	88,1	Ost	34,7	- 3,0	- 5,4	Nein	Nein	Ja	Nein
K4	Robbennordsteert	93,4	Ost	79,1	- 8,9	-11,3	Nein	Ja	Nein	Nein
K5	Dwarsgat	99,8	Ost	156,2	- 2,7	- 5,0	Ja	Ja	Nein	Nein
K6	Roter Grund	114,0	Ost	203,6	-10,3	-12,4	Ja	Ja	Nein	Nein
T1	Wremer Loch	81,1	West	11,5	-13,7	-16,2	Ja	Ja	Nein	Ja
T2	Fedderwarder Fahrwasser	91,3	Ost	14,5	-12,0	-14,4	Ja	Ja	Ja	Ja
T3	Hoheweg Rinne	100,6	Mitte	50,4	-19,0	-21,3	Ja	Ja	Nein	Nein

Anhand der Zusammenstellung in Tabelle 2.7-1 ist erkennbar, dass die Unterbringungsstellen Beschickungsvorgaben unter Berücksichtigung der Bodenart und/oder der Tidephase unterliegen. Die Beschickungsbeschränkungen betreffen insbesondere die Unterbringungsstellen im Bereich der Leitdämme (K1 - K4 und T1).

Vor der Fertigstellung des 14-m-Ausbaus der Außenweser im Januar 1999 standen für die Unterbringung von Baggergut aus Unterhaltungsbaggerungen in der Außenweser (12-m-Ausbauzustand) und der Unterweser (bindige Böden) nur die sogenannten alten Unterbringungsstellen K1 bis K6 zur Verfügung. Die Unterbringungsstellen T1 bis T3 wurden erst im Jahr 2002 neu eingerichtet.

Die Beschickung der sogenannten alten Unterbringungsstellen K1 bis K6 in der Außenweser erfolgt derzeit mit Baggergut, das im Rahmen von Unterhaltungsbaggerungen (Hopperbaggerungen) in der Unter- und Außenweser anfällt. Darüber hinaus werden sie auch temporär für die Unterbringung von Baggervolumina aus Bauvorhaben Dritter genutzt. Im Zuge des 14-m-Ausbaus der Außenweser wurden in den Jahren 1998 und 1999 etwa 3,4 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus dem Ausbauprojekt auf den Unterbringungsstellen untergebracht (WSA Bremerhaven 2007a).

Die Unterbringungsstellen K1 bis K6 befinden sich unmittelbar neben dem Fahrwasser. Sie sind für Laderaumsaugbagger und ggf. auch Klappschuten leicht und sicher zu erreichen und weisen darüber hinaus eine ausreichend große Fläche für Verklappmanöver auf. In den Jahren 1996 bis 1998 wurden vom WSA Bremerhaven in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) umfangreiche Untersuchungen auf den Unterbringungsstellen durchgeführt (BfG 1999, Bioconsult & Uni Bremen 1998). Die BfG hat in einem Gutachten (BfG 1999) die Ergebnisse unter Anwendung der HABAK-WSV (1999) bewertet und die geringen ökologischen Auswirkungen der Unterhaltungspraxis bestätigt.

Analog zu den alten Unterbringungsstellen K1 bis K6 liegen auch die drei Tiefwasserunterbringungsstellen am Rand des Fahrwassers bzw. bedecken eine Fläche innerhalb der Fahrrinne (T3). Die Unterbringungsstellen stellen sowohl für die Bagger als auch für den durchgehenden Schiffsverkehr keine Gefahrenquelle dar. Die großen Fahrwassertiefen auf diesen Unterbringungsstellen erlauben den tideunabhängigen Einsatz von Laderaumsaugbaggern ohne Tiefgangsbeschränkung. Zum Nachweis der Eignung der ausgewiesenen Flächen als Unterbringungsstellen wurden in den Jahren 2000 und 2001 umfangreiche Untersuchungen gemäß der HABAK-WSV (1999) zur Hydrologie und Morphologie (WSA Bremerhaven 2000a, 2000b, 2001a), zur Bodenfauna (Bioconsult 2000) und zu Seehunden (WSA Bremerhaven 2001b) durchgeführt. Die Auswirkungsprognose hatte aus naturschutzfachlichen Gründen eine Flächenreduzierung der Tiefwasserunterbringungsstellen T1 und T2 zur Folge. Den veränderten Unterbringungsstellen konnte gemäß HABAK-WSV (1999) unter Berücksichtigung definierter Beschickungsvorgaben (vgl. Tabelle 2.7-1) eine umweltverträgliche Beaufschlagung mit Baggergut zugesprochen werden (WSA Bremerhaven 2003b).

Zur Diskussion der vorhandenen Unterbringungsstellen aus ökologischer Sicht siehe auch Kapitel 5.3.1.

Die folgenden Abbildungen 2.7-4 und 2.7-5 geben einen Überblick über die jährlichen Umlagerungsmengen und die jährliche Beschickung der neun Unterbringungsstellen in der Außenweser in den Jahren 1999 bis 2010.

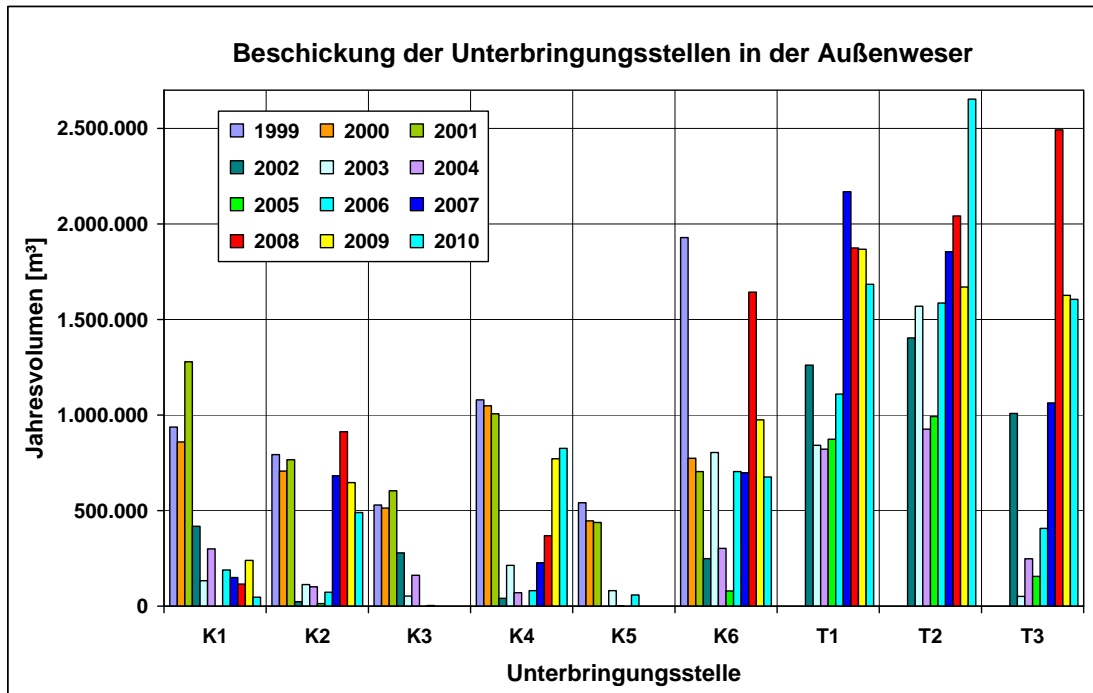


Abbildung 2.7-4: Beschickung Unterbringungsstellen in der Außenweser  
(Quelle: WSA Bremerhaven)

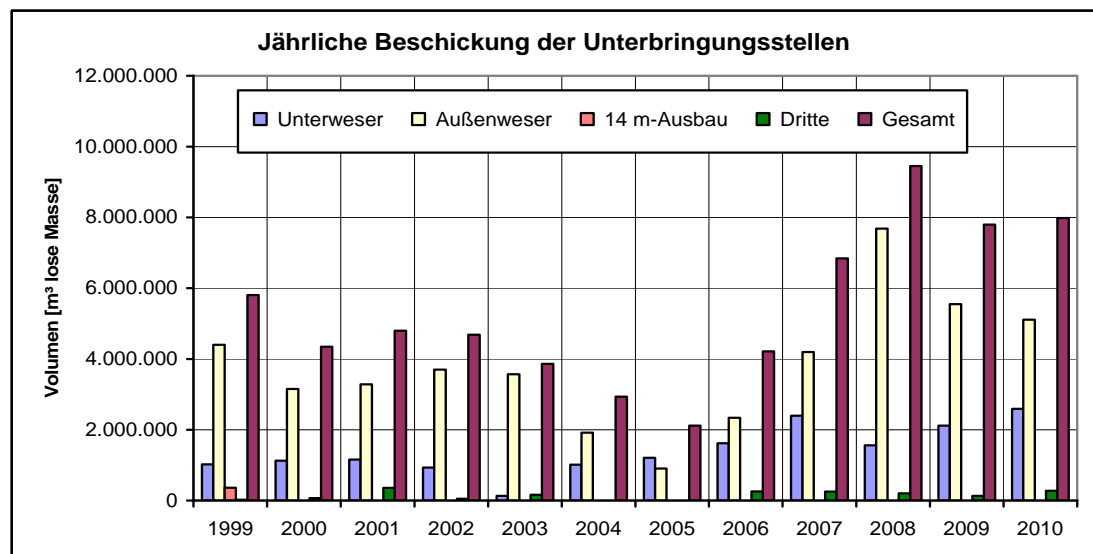


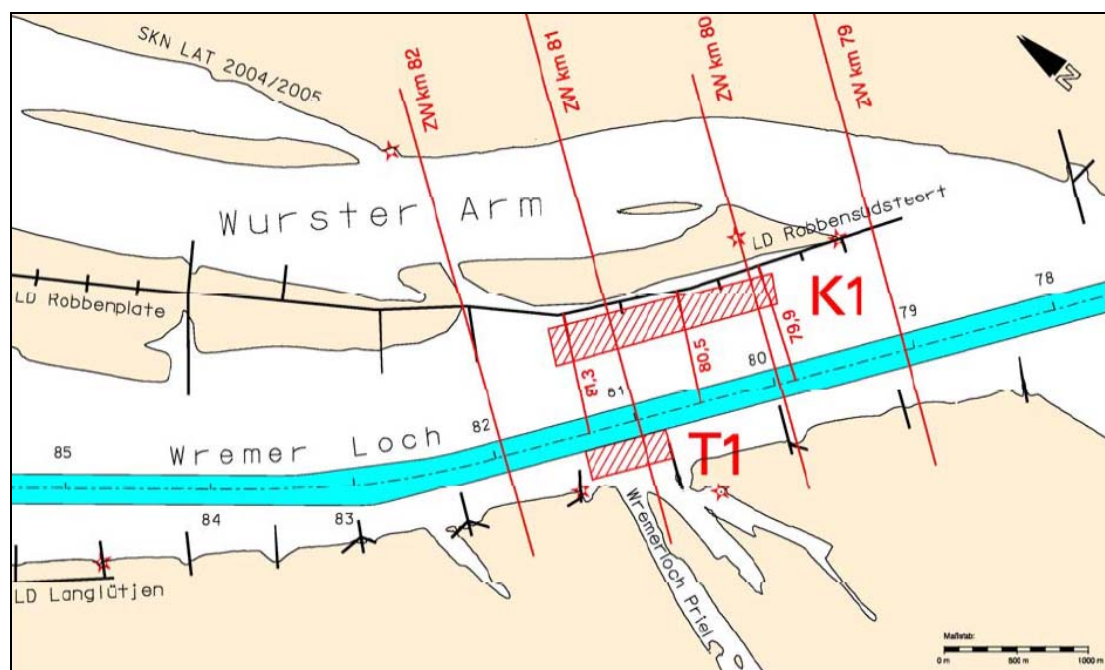
Abbildung 2.7-5: Jährliche Menge untergebrachtes Baggergut in der Außenweser zwischen 1999 und 2010 (Quelle: WSA Bremerhaven)

Im Zuge der geplanten Unter- und Außenweseranpassung ist vorgesehen, eine Gesamtbaggermenge von ca. 11 Mio. m<sup>3</sup> (lose Masse) auf den Unterbringungsstellen der Außenweser umzulagern.

Zu den einzelnen Unterbringungsstellen und deren Bedeutung für die Systemstabilität liegen umfangreiche Untersuchungen des WSA Bremerhaven (WSA Bremerhaven 2007a, WSA Bremerhaven 2003b) vor. Im Folgenden werden, basierend auf den o. g. Untersuchungen sowie mündlichen Mitteilungen des WSA Bremerhaven, die einzelnen Unterbringungsstellen der Außenweser vorgestellt und ihre Funktion kurz erläutert. Sofern keine gesonderten Quellenangaben gemacht werden, wurden die Abbildungen seitens des WSA Bremerhaven erstellt oder den o. a. Berichten entnommen.

### Unterbringungsstelle K1

Die Unterbringungsstelle Robbensüdsteert (K1) liegt westlich des Leitdammes Robbensüdsteert auf Höhe Weser-km 80/81 und schließt unmittelbar an die Flucht der Robbensüdsteert-Buhnen an. Wie anhand der folgenden Abbildung deutlich wird, befindet sich ihr gegenüber, am westlichen Ufer der Fahrrinne, die Anfang 2002 neu eingerichtete Tiefwasser - Unterbringungsstelle T1 (Wremer Loch).



**Abbildung 2.7-6: Lageplan der Unterbringungsstellen Robbensüdsteert (K1) und Wremer Loch (T1)**

Der Leitdamm Robbensüdsteert übt eine wichtige Leit- und Trennfunktion der Tidewassermengen zwischen dem Fedderwarder Arm und dem Wurster Arm aus. Die Gewässersohle zwischen der Fahrrinne und dem Leitdamm sowie das Strombausystem an der Robbenplate unterliegen insbesondere bei Ebbestrom einer hohen Strömungsbelastung. Als Folge besteht hier die Tendenz einer Nebenrinnenbildung und Stromverwilderung, was nachteilige Wirkungen auf die Anströmung des Leitdammes und die Durchströmung der Hauptrinne hat. Die Gewässertopographie im Umfeld der Unterbringungsstelle K1 ist Abbildung 2.7-7 dargestellt. Das in Abbildung 2.7-8 dargestellte Querprofil etwa mittig der Unterbringungsstelle (vgl. Abbildung 2.7-6) zeigt beispielhaft die Entwicklung der Wassertiefen in den ersten Jahren nach dem Bau der Buhne 80,5 auf. Die im Bereich der Unterbringungsstelle K1 anzutreffenden hydrologischen Rahmenbedingungen und die daraus resultierenden

Transportprozesse können eine Zunahme der Unterhaltungsbagger volumina bewirken und den Bestand der Strombauwerke und damit auch die Stabilität und Gestalt der sie umgebenden Sohl- und Wattstrukturen gefährden.

Mit der Beschickung der Unterbringungsstelle K1 bei ablaufendem Wasser (Ebbe-Unterbringungsstelle) soll eine Stromverwilderung und nachteilige Eintiefung einer Nebenrinne verhindert und der Sandrücken als Fundament für den Leitdamm Robbensüdsteert und die Buhnen langfristig und nachhaltig stabilisiert werden.

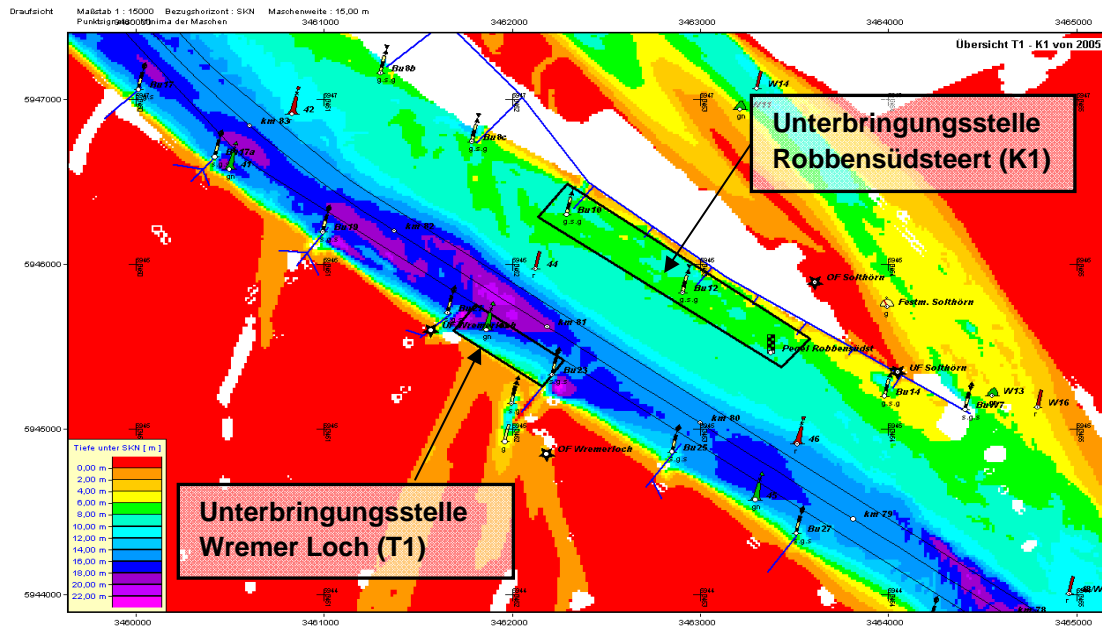


Abbildung 2.7-7: Topographie im weiteren Umfeld der Unterbringungsstellen Robbensüdsteert (K1) und Wremer Loch (T1)

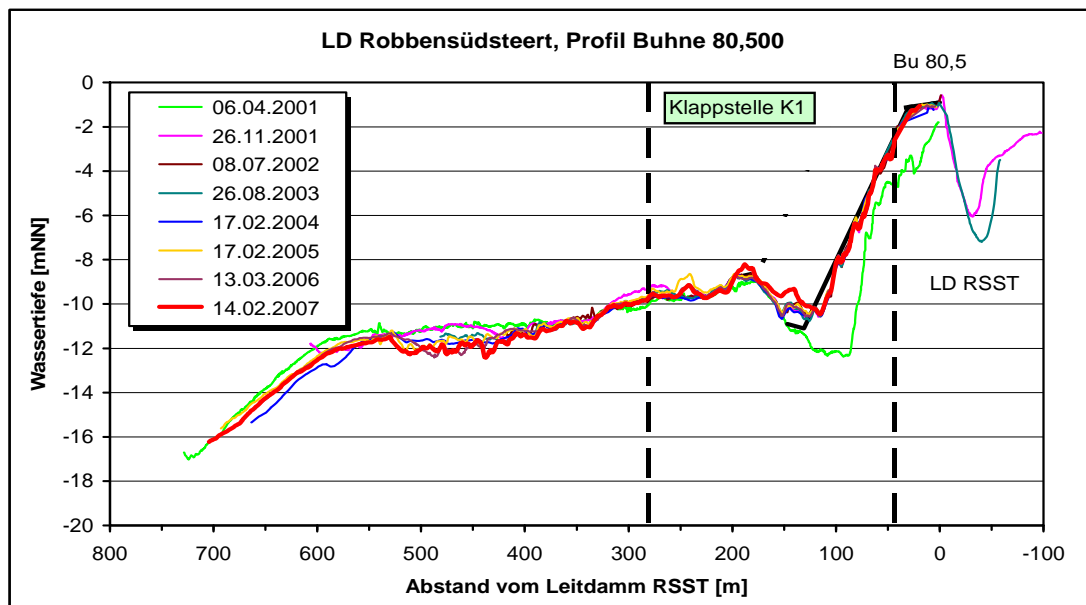


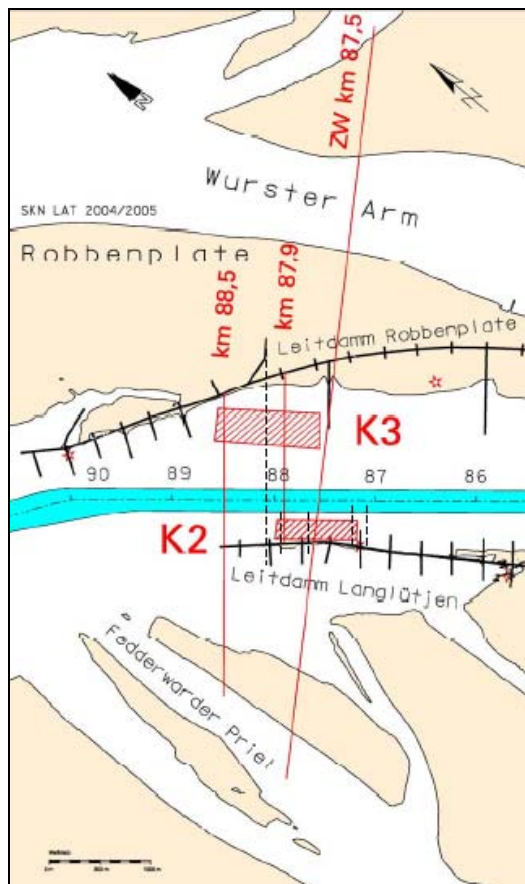
Abbildung 2.7-8: Querprofil auf der Unterbringungsstelle Robbensüdsteert (K1) bei km 80,50 in Flucht der Buhnen

### **Unterbringungsstelle K2 (Langlütjensand Nord)**

Die Unterbringungsstelle Langlütjensand Nord (K2) liegt auf der westlichen Weserseite zwischen Weser-km 87,175 und km 88,0 etwa parallel zum Leitdamm Langlütjennordsteert unmittelbar oberhalb der ersten langen Strombuhne (Abbildung 2.7-9 und Abbildung 2.7-10). Der 3,85 km lange Leitdamm Langlütjen ist das erste seeseitige Regulierungsbauwerk auf der westlichen Seite des Außenweser-Fahrwassers. Das Leitdammsystem mit dem Damm und den seitlichen Stütz- und Abweiserbuhnen wurde Mitte der 1920er Jahre - im Zuge der Verlegung des Hauptfahrwassers vom Wurster in den Fedderwarder Arm - im Mündungsbereich des Fedderwarder Priels zur Reduzierung seitlicher Sandeintreibungen in die Fahrrinne auf dem Sandrücken des Langlütjennordsteerts erbaut. Durch die in den letzten Jahrzehnten vollzogene seewärtige Verlagerung der Prielmündung weit über das Leitdamme hinaus hat sich die hydraulische Funktion des Regulierungsbauwerkes weitgehend verändert. Die Aufgabe besteht heute im Wesentlichen darin, den Flutstrom an der westlichen Böschung der Hauptstromrinne in Richtung Fahrrinne zu lenken und den Ebbestrom auf beiden Seiten des Leitdamms gerichtet nach unterstrom abzuführen.

Die stromregulierende Funktion der Leitdammsysteme links und rechts der Fahrrinne (vgl. Abbildung 2.7-9) verhindert eine Stromverwilderung und bewirkt eine Vergleichmäßigung der Strömung in diesem nautisch schwierigen Revierabschnitt im Übergang von der inneren zur äußeren Außenweser mit wechselnder Fahrinnenbreite. Der Bestand des Leitdamms Langlütjensandes ist sowohl für die Schifffahrt als auch für die morphologische Stabilität des Langlütjensandes mit dem Fedderwarder Priel bedeutsam. Die hydraulische Wirkung des Strombauwerkes ist daher langfristig sicher zu stellen.





**Abbildung 2.7-9: Lageplan der Unterbringungsstellen Langlütjensand Nord (K2) und Robbenplate Nord (K3)**

Das gesamte Bauwerk und der darunter liegende Sandrücken unterliegt wegen seiner exponierten Lage einer hohen dynamischen Strömungs- und Schiffswellenbelastung und ist schon seit Jahrzehnten in seinem Bestand stark gefährdet. Der nachhaltige Erhalt des Strombausystems erfordert ständige Unterhaltungsarbeiten der WSV. Die Einrichtung und Beschickung der Unterbringungsstelle Langlütjensand mit sandigen Böden zur Flutstromphase soll einer weiteren nachteiligen Erosion Vorschub leisten und zur Stabilisierung der steilen östlichen Böschung des Langlütjensandes beitragen. Die extreme Steilheit der Leitdammböschung geht aus dem Querprofil in der Abbildung 2.7-11 hervor. Ziel der Flutstromumlagerungen ist, dass das sandige umgelagerte Material in der Hauptrinne verbleibt und nicht unmittelbar über die Mündung in den Fedderwarder Priel vertreibt. Eine Verdriftung von Baggergut in unmittelbar angrenzende Bereiche des Langlütjensandes trägt zur morphologischen Stabilisierung der Fahrrinnenböschung und hohen Watten bei.



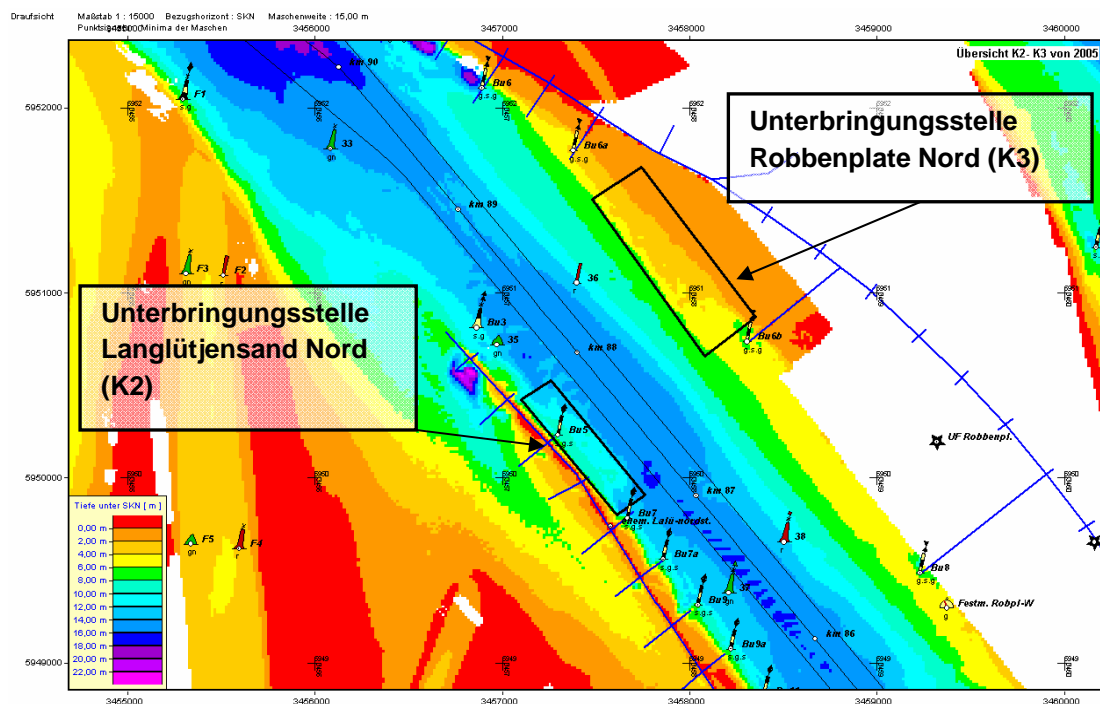


Abbildung 2.7-10: Topographie im Umfeld der Unterbringungsstellen Langlütjensand Nord (K2) und Robbenplate Nord (K3)

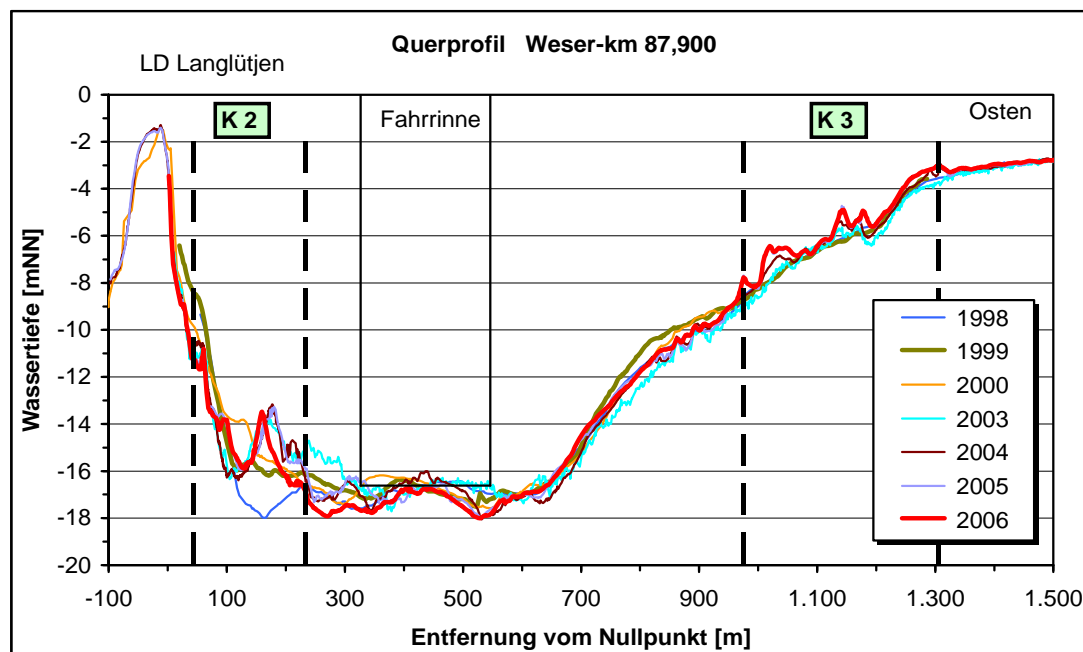


Abbildung 2.7-11: Querprofil im Bereich der Unterbringungsstellen K2 und K3 bei Weser-km 87,9

### Unterbringungsstelle K3 (Robbenplate Nord)

Die Unterbringungsstelle Robbenplate Nord (K3) liegt bei Weser-km 88 auf der östlichen Weserseite zwischen dem Fahrwasser und dem Leitdamm Robbenplate innerhalb eines großen Bühnenfeldes (vgl. Abbildung 2.7-9). Die Unterbringungsstelle ist als sogenannte

Schlickunterbringungsstelle gekennzeichnet und wird nur während der Flutstromphase mit bindigen Böden beschickt. Der minimale Abstand zur Fahrrinne beträgt rund 400 m, zum Leitdamm Robbenplate nur rund 130 m. Auf der anderen Weserseite liegt etwas versetzt die Unterbringungsstelle Langlütjensand Nord (K2). Die Lage der beiden Unterbringungsstellen mit den angrenzenden Strombausystemen geht aus der Abbildung 2.7-10 hervor. Abbildung 2.7-11 zeigt anhand eines Querprofils die Topographie auf Höhe der Unterbringungsstellen auf.

Mit der Nutzung der Unterbringungsstelle K3 wird das Ziel verfolgt, die Sandbank Robbenplate mit dem darauf verlaufenden Leitdamm und den seitlich angeordneten Stütz- und Leitbuhnen mit ihrer wichtigen hydrologischen Leit- und Trennfunktion der Tideströmungen im Fedderwarder und Wurster Arm ständig mit „neuem“ Sediment zu versorgen und damit langfristig den Bestand der Robbenplate in den historisch gewachsenen Abmessungen als „Stützpfiler“ zur Stromregulierung in der inneren Außenweser zu sichern.

#### **Unterbringungsstelle K4 (Robbennordsteert)**

Die Unterbringungsstelle Robbennordsteert (K4) liegt auf der östlichen Weserseite zwischen der Hoheweg Rinne und den Sänden Robbennordsteert Plate und Robbenplate. Die Unterbringungsstelle erstreckt sich zwischen km 92,15 und km 94,35. Der minimale Abstand zur Fahrrinne beträgt rund 560 m. Die Unterbringungsstelle K4 wird nur bei Ebbstrom mit sandigen Sedimenten beschickt.

Etwa 575 m weiter oberhalb befindet sich die Tiefwasserunterbringungsstelle T2, die im Jahr 2002 eingerichtet wurde. Die Lage der Unterbringungsstellen K4 und T2 mit den großräumigen topographischen Gegebenheiten und den beiden festen Seezeichen Dwarsgat Oberfeuer und Dwarsgat Unterfeuer geht aus der Abbildung 2.7-12 hervor.

Im Bereich der Unterbringungsstelle K4 dominieren Ebbeströmungen - gut zu erkennen an der Lage und Ausrichtung der Bauwerkskolke an den beiden festen Seezeichen. Diese Hauptströmungskomponente liegt seewärts vom Leitdammsystem an der östlichen Böschung an und hat hier insbesondere in den letzten Jahrzehnten zu nachhaltigen morphologischen Veränderungen geführt. Die hohe Morphodynamik spiegelt sich sowohl in den kleinräumigen Strukturveränderungen zwischen der Fahrrinne und dem Robbennordsteert Sand wie in den großräumigen morphologischen Entwicklungen zwischen der Robbenplate und Tegeler Plate wider. Sichtbar werden diese natürlichen Veränderungen u. a. durch tiefe Böschungskolke östlich der Fahrrinne und die stetige nördliche Ausdehnung der Robbennordsteert Plate, die Verlandung des Dwarsgats und die Aufhöhung des Wattrückens zum Wurster Arm hin. In der Abbildung 2.7-13 wird die morphologische Entwicklung in den letzten Jahren anschaulich in Form von Tiefenlinienänderungen wiedergegeben.

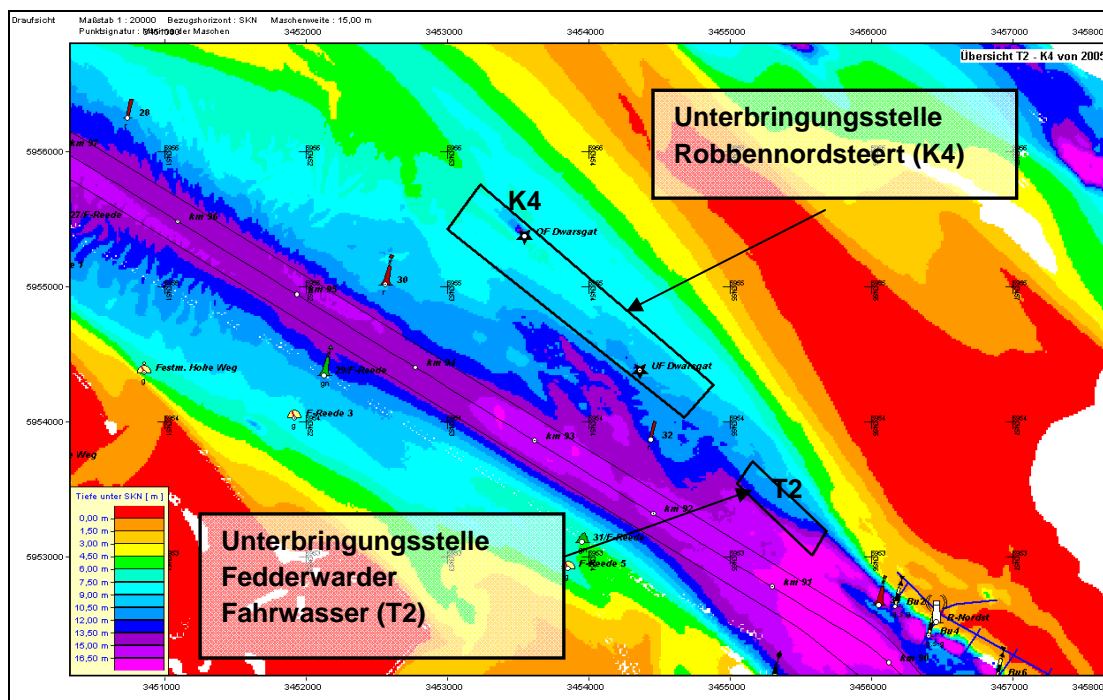


Abbildung 2.7-12: Topographie im Umfeld der Unterbringungsstellen Robbenordsteert (K4) und Fedderwarder Fahrwasser (T2)

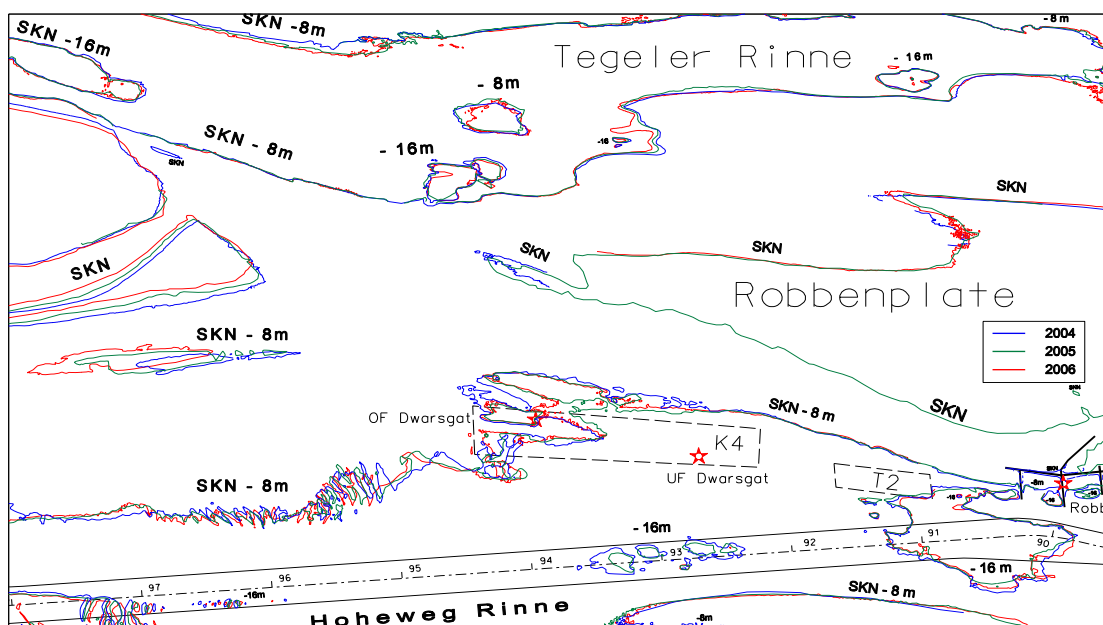


Abbildung 2.7-13: Tiefenlinienänderungen SKN, - 8 mSKN und - 16 mSKN (LAT 2004 - 2006)

In diesem hochdynamischen Umfeld ist Ende der 1980er Jahre die Unterbringungsstelle Robbenordsteert mit dem Ziel eingerichtet worden, den Sedimenthaushalt auf der Robbenordsteert Plate zu stabilisieren, einer weiteren Stromverwilderung vorzubeugen und durch gezielte bauwerksnahe Umlagerungen zur langfristigen Sicherung der beiden Seezeichen Dwarsgat Unter- und Oberfeuer beizutragen. Morphologische Untersuchungen haben gezeigt, dass auf der Unterbringungsstelle K4 umgelagertes Sediment hier örtlich nur temporär verbleibt und mittelfristig großräumig seewärts verdriftet. Die ständige Materialzufuhr hat

aber zu einer Verstärkung der morphologischen Strukturen mit positiven Effekten für den Bestand der Robbennordsteert Plate und das Zweirinnensystem Hohe Weg und Wurster Arm beigetragen. Um diese morphologische Entwicklung weiterhin nachhaltig zu fördern und den Baugrund der beiden Bauwerke in der Unterbringungsstellenfläche langfristig zu sichern, wird der Unterbringungsstelle Robbenplate Nord auch zukünftig eine wichtige Bedeutung beigegeben.

### Unterbringungsstelle K5 (Dwarsgat)

Die Unterbringungsstelle Dwarsgat (K5) liegt auf der östlichen Weserseite am Rand der Tegeler Plate. In der folgenden Abbildung 2.7-14 ist die Lage der Unterbringungsstellen K5 und T3 dargestellt. Die ober- und unterstromige Begrenzung der Unterbringungsstelle K5 erstreckt sich etwa von Weser-km 99 bis Weser-km 101. Der minimale Abstand zur Fahrrinne beträgt rund 1400 m. Auf der gegenüberliegenden Weserseite liegt etwas versetzt die Tiefwasser-Unterbringungsstelle Hoheweg Rinne (T3). Ursprünglich befand sich die Unterbringungsstelle K5 im Mündungsbereich der Dwarsgat-Rinne, der ehemaligen Verbindung zwischen dem Wurster Arm und der Hoheweg Rinne, daher auch die Namensgebung der Unterbringungsstelle. Die bis 1921 als Hauptschiffahrtsweg genutzte Dwarsgat-Rinne verlandete nach der Verlegung des Hauptfahrwassers in den Fedderwarder Arm weitestgehend und ist heute nur noch als kleine Watrinne vorhanden.

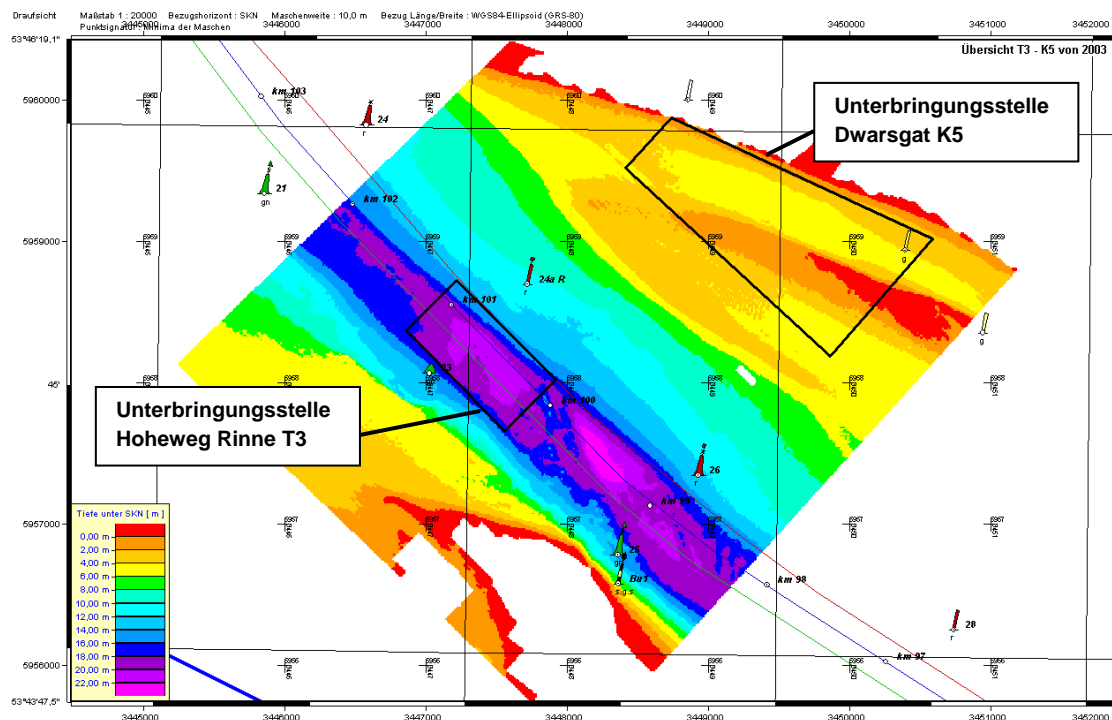


Abbildung 2.7-14: Lage und Topographie im Umfeld der Unterbringungsstellen Dwarsgat (K5) und Hoheweg Rinne (T3)

Die Unterbringungsstelle Dwarsgat ist ursprünglich als tideunabhängige Unterbringungsstelle für sandige Böden aus naheliegenden Unterhaltungsabschnitten der Fahrrinne eingerichtet worden.

Bis 1998 wurde die Unterbringungsstelle im Rahmen der Unterhaltung der 12-m-Ausbautiefe mit verhältnismäßig geringen Baggermengen aus der äußeren Außenweser beschickt. Größere Baggermengen sind hier nur in den ersten drei Jahren nach dem 14 m-Ausbau im Zuge der erhöhten Unterhaltung untergebracht worden (1999 - 2001). Nach Einrichtung der Tiefwasser-Unterbringungsstellen ist die Unterbringungsstelle K5 nur noch in den Jahren 2002 und 2006 genutzt worden (vgl. Abbildung 2.7-4).

Ein wesentlicher Grund für die Nichtnutzung der Unterbringungsstelle Dwarsgat sind die geringen Wassertiefen und die mittlerweile in der Unterhaltung der Außenweser eingesetzten Großraumsaugbagger. Auch bei einer tideabhängigen Beschickung stünde nur eine relativ kleine befahrbare Unterbringungsfläche mit ausreichenden Wassertiefen zur Verfügung. Die im Rahmen der Fahrrinnenanpassung der Außenweser erarbeiteten Konzepte zur Umlagerung der Ausbau- und Unterhaltungsbaggermengen sehen keine Nutzung der Unterbringungsstelle Dwarsgat vor.

### **Unterbringungsstelle K6 (Roter Grund)**

Die Unterbringungsstelle Roter Grund (K6) befindet sich zwischen den beiden Schifffahrtswegen Neue Weser und Alte Weser am südwestlichen Rand der Sandplate Roter Grund auf Höhe der Weser-Kilometrierung 113 - 115. In der Abbildung 2.7-15 ist die Lage und heutige Form und Größe der Unterbringungsstelle dargestellt. Abbildung 2.7-16 zeigt die Wassertiefen und morphologischen Strukturen im Umfeld der Unterbringungsstelle. Zwischen der westlichen Begrenzung der Unterbringungsstelle und dem Rand der Fahrrinne der Neuen Weser (B = 300 m) liegen ca. 1.400 m. Die Unterbringungsstelle Roter Grund wird tideunabhängig ausschließlich mit sandigen Sedimenten beschickt.

Die Einrichtung dieser verhältnismäßig großen Unterbringungsstelle auf der Ostseite der Neuen Weser auf dem Roten Grund mit dem Leuchtturm Roter Sand unterlag der Vorgabe, große Sandmengen in einem Raum mit hoher Morphodynamik und bekannter Verdriftungsrichtung ohne nachhaltige morphologische, hydrologische und ökologische Nachteile umlagern zu können. Vorrangig werden hier Baggervolumina aus der Neuen Weser und Hoheweg Rinne untergebracht. Die Beaufschlagung der Unterbringungsstelle K6 mit großen Sandmengen erfolgt seit 1998.

Die begleitenden morphologischen Untersuchungen zeigen auf, dass nach einer anfänglichen Aufhöhung der Unterbringungsstellenfläche in den Jahren 1998/99 sich in den Folgejahren die mittleren Wassertiefen trotz anhaltend großer Unterbringungsmengen kaum noch verändert haben. Die Sedimente werden weitgehend mit dem vorherrschenden Ebbestrom seewärts umgelagert. Aus diesen Erkenntnissen wird geschlossen, dass unter den gegenwärtig auf der Unterbringungsstelle vorherrschenden hydrologischen Verhältnissen auch große jährliche Unterbringungsmengen nicht zu einer nachhaltigen Aufhöhung der Fläche im Umfeld der Unterbringungsstelle führen und auch die morphologischen Grundstrukturen, die weitgehend von einem nach Nordosten wandernden Riffelfeld geprägt sind, durch diese Umlagerungen nicht nachhaltig beeinträchtigt werden. Die in bevorzugten Unterbringungsstellenbereichen mehr punktuell durchgeführten Umlagerungen - z.B. im Umfeld des

Leuchtturms Roter Sand zur Sicherung des Bauwerkes - rufen nur kleinräumige morphologische Reaktionen hervor, wobei sich die Bodenstrukturen bei einer längerfristigen Einstellung der Baggergutunterbringung wieder der natürlichen Sohltopographie annähern. Die Unterbringungsstelle Roter Grund kann als „Durchgangsunterbringungsstelle“ in einem Seegebiet mit hoher Hydro- und Morphodynamik charakterisiert werden.

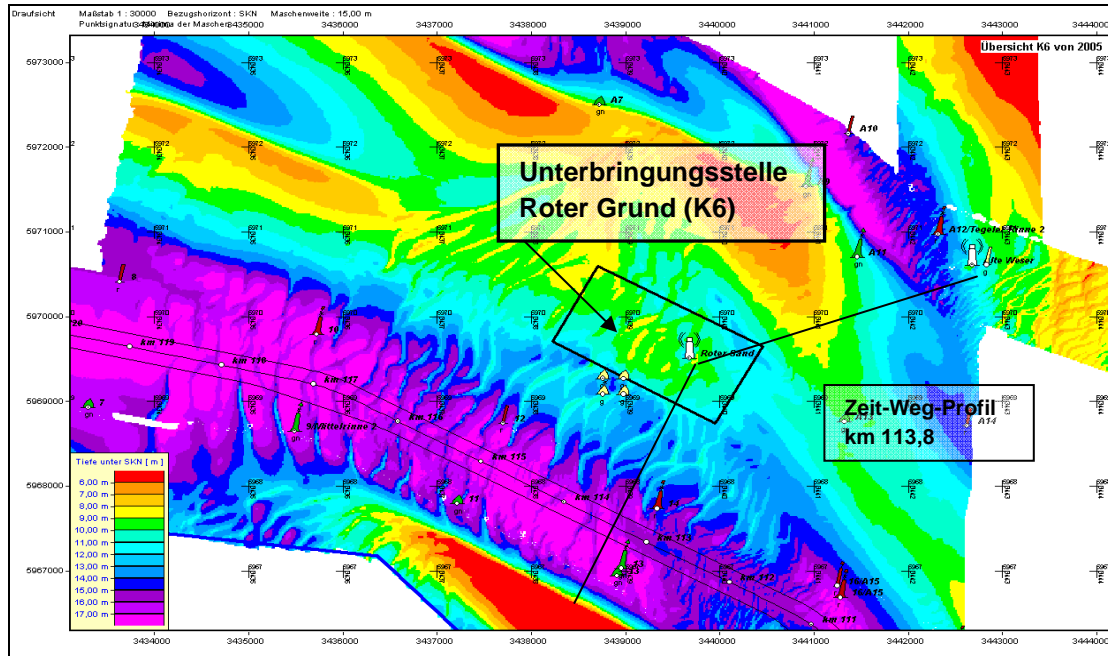


Abbildung 2.7-15: Topographie im Umfeld der Unterbringungsstelle Roter Grund (K6)

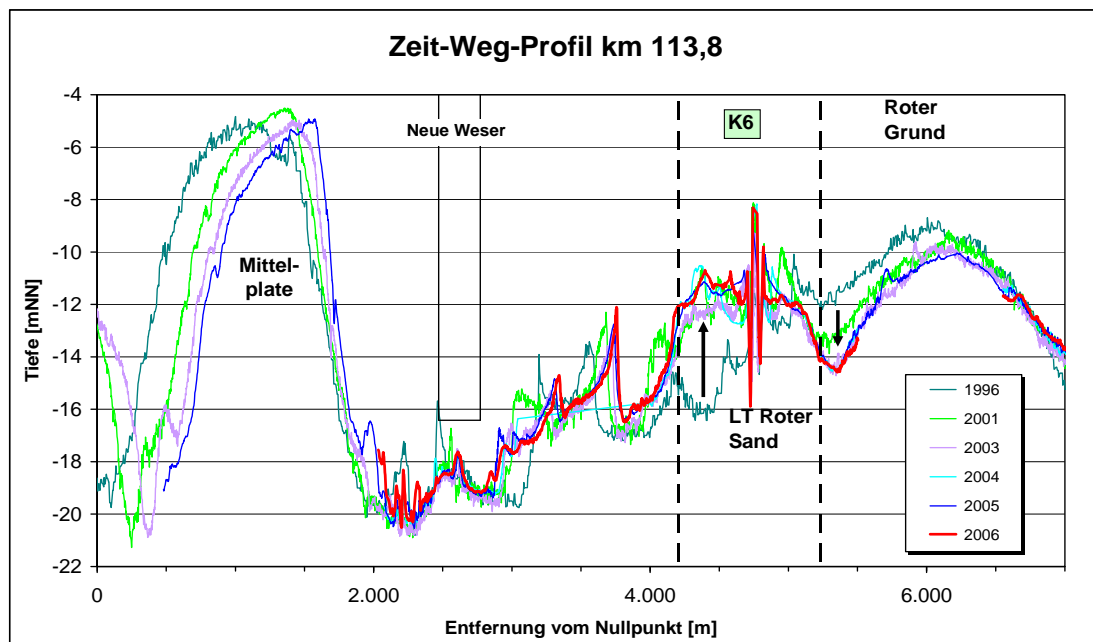


Abbildung 2.7-16: Zeit-Weg-Profil bei km 113,8 (Mittelplate - Leuchtturm Roter Sand - Leuchtturm Alte Weser)

## **Unterbringungsstelle T1 (Wremer Loch)**

Die Unterbringungsstelle T1 mit der Bezeichnung „Wremer Loch“ liegt bei Weser-km 81 westlich der Fahrrinne im Bühnenfeld der Bühnen Bu21 und Bu23 am Langlütjensand. Diese Tiefwasserunterbringungsstelle ist erstmalig Anfang 2002 beschickt worden. Zur Flutstromphase dürfen nur sandige und zur Ebbestromphase auch bindige Sedimente umgelagert werden. Die geografische Lage der Unterbringungsstelle T1 und die großräumigen topographischen Gegebenheiten gehen aus der Abbildung 2.7-7 hervor. Das in Abbildung 2.7-17 dargestellte Querprofil bei km 81,0 (Lage des Querprofils vgl. Abbildung 2.7-6) zeigt die Wassertiefen im Bereich der Unterbringungsstelle auf.

Bei der Festlegung der Unterbringungsstellenfläche war neben der großen Wassertiefe die Lage am Böschungrand des Langlütjensandes im Mündungsbereich des Wremer Loch Priels maßgebend. Über den Wremer Loch Priel werden große Wattflächen des östlichen Langlütjensandes bis zur Watthöhenscheide mit dem Mittelpriel überstaut und entwässert. Der Mittelpriel gehört zum Flutungsraum des Fedderwarder Priels, der die hydrologischen und morphologischen Gegebenheiten auf dem Langlütjensand prägt und von großer wirtschaftlicher Bedeutung für Butjadingen mit seinen Küstenorten ist. Die Prielwurzel des Wremer Loch Priels hat sich nachweislich schon seit den 1960er Jahren in Richtung der Watthöhenscheide ausgedehnt, gleichzeitig hat sich das Wasservolumen im Einzugsgebiet des Priels stetig erhöht. Diese morphologische Entwicklung wird als sehr nachteilig angesehen. Es stand die Befürchtung im Raum, dass sich die Prielwurzeln der beiden angrenzenden Großpriele Wremer Loch Priel und Mittelpriel miteinander verbinden und damit die prägende morphologische Watthöhenscheide der Morphogenese des Langlütjensandes unterbrochen wird. Als Folge könnte sich hieraus ein völlig anderes Befüllungs- und Entwässerungsregime auf dem Langlütjensand mit gravierenden hydromorphologischen Nachteilen für den Fedderwarder Priel und den Fedderwarder Arm mit dem Fahrwasser ausbilden.

Mit der Einrichtung und verstärkten Nutzung der Unterbringungsstelle T1 an der oben beschriebenen Örtlichkeit sollte dieser absehbaren nachteiligen Entwicklung nachhaltig begegnet werden. Die begleitenden morphologischen Untersuchungen haben den positiven Effekt dieser Maßnahme bestätigt. Seit Beginn der Umlagerungen hat sich das Volumen des Wremer Loch Priels stabilisiert. Es zeichnet sich ab, dass der vormals auffällige Trend einer Volumen- und Flächenvergrößerung durch den stetigen umlagerungsbedingten Sedimenteintrag zum Erliegen gekommen ist. Die positive morphologische Entwicklung des Prielsystems Wremer Loch stärkt die hydraulische Leistungsfähigkeit der angrenzenden Großpriele einschließlich des Fedderwarder Priels.

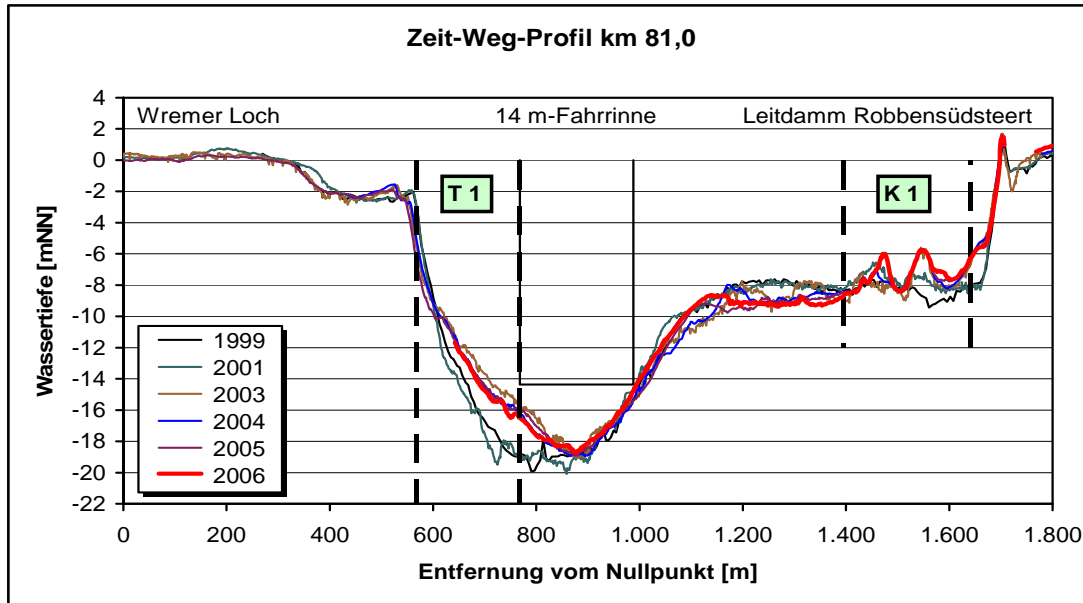


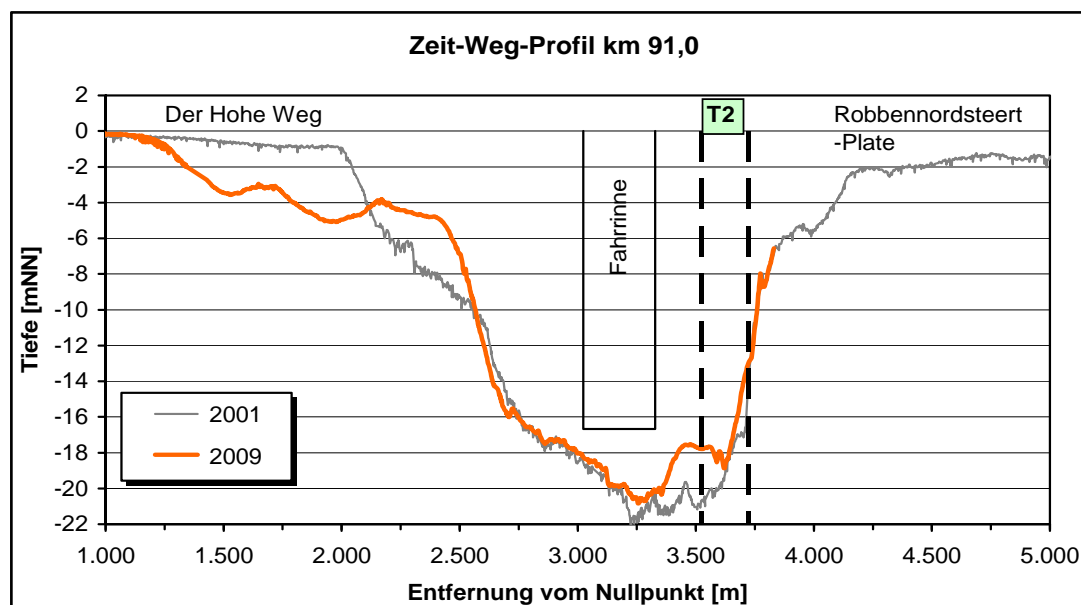
Abbildung 2.7-17: Querprofil km 81 auf Höhe der Unterbringungsstelle T1

### Unterbringungsstelle T2 (Fedderwarder Fahrwasser)

Die Unterbringungsstelle Fedderwarder Fahrwasser T2 liegt etwa bei Weser-km 91 östlich der Fahrrinne seewärts des Leitdamms Robbennordsteert (vgl. Abbildung 2.7-12). Diese Unterbringungsstelle ist ebenfalls erst Anfang 2002 eingerichtet worden und kann zu jeder Tidephase mit sandigen und bindigen Böden beschickt werden. Aus dem Tiefenschichtenplan in der Abbildung 2.7-12 gehen die großräumigen topographischen Gegebenheiten im Bereich der Unterbringungsstelle T2 hervor. Das Querprofil in Abbildung 2.7-18 zeigt die Entwicklung der Wassertiefen im Zeitraum von 2001 bis 2009 auf.

Retrospektive morphologische Untersuchungen belegen seit Anfang der 1990er Jahre eine verstärkte Erosion der Böschungshänge nördlich des Leitdamms Robbennordsteert, weitgehend hervorgerufen durch eine anhaltende seewärtige Verlagerung der Mündung des Fedderwarder Priels auf der gegenüberliegenden Weserseite und dem von diesem Großpriel ausgehenden Strömungsimpuls auf den Hauptstrom im Fedderwarder Fahrwasser. Der hier im Kurvenverlauf der Fahrrinne anzutreffende tiefe Kolk hat sich weiter in Richtung der östlichen Böschung vergrößert. Diese morphologische Entwicklung führt zu einer örtlichen hydraulischen Störung des Abflussregimes (Stromverwilderung) mit nachteiligen Folgen für die Transportprozesse in der Fahrrinne und die Strömungs- und Wellenbelastung des Leitdammsystems Robbennordsteert. Neben den hieraus erwachsenden erhöhten Unterhaltungslasten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung ist auch die Schifffahrt betroffen, die hier einen nautisch anspruchsvollen Kurvenabschnitt passieren muss.





**Abbildung 2.7-18: Querprofil km 91 auf Höhe Unterbringungsstelle T2 in den Jahren 2001 und 2009**

Die Ausweisung der Unterbringungsstelle Fedderwarder Fahrinne T2 hatte zum Ziel, durch örtliche Umlagerungen einen nachhaltigen positiven Einfluss auf die Böschungsstabilisierung zu nehmen und den Ausbreitungstrend des Kolkes zu stoppen. Ausweislich der begleitenden morphologischen Untersuchungen hat die bisherige Nutzung der Unterbringungsstelle T2 zu einer Rückverlagerung der Böschung in Richtung des Fahrwassers und Harmonisierung der großen Wassertiefen beigetragen (siehe Abbildung 2.7-18). Im Zuge des derzeitigen Unterbringungsstellenkonzeptes ist vorgesehen, die positive morphologische Entwicklung auch weiterhin durch die Umlagerung großer Baggervolumina auf die Unterbringungsstelle Fedderwarder Fahrwasser T2 zu unterstützen.

### **Unterbringungsstelle T3 (Hoheweg Rinne)**

Die Unterbringungsstelle Hoheweg Rinne wurde erst Anfang 2002 zur tideunabhängigen Unterbringung sandiger Böden eingerichtet, sie liegt auf Höhe Weser-km 100/101 im geraden Fahrinnenabschnitt zwischen den Kurswechsellpunkten bei km 99 und 102,5. In der Abbildung 2.7-19 ist die Topographie (2004) im Bereich der Unterbringungsstelle und in der Abbildung 2.7-20 ein Längsprofil in der Richtfeuerlinie dargestellt. Die Fläche der Unterbringungsstelle deckt die gesamte Fahrinnenbreite und einen Teilbereich des westlichen Fahrwassers ab. Die Sohle der Fahrinne ist durch eine Kolkette mit Wassertiefen bis - 26 m NN gekennzeichnet, die Solltiefe des 14-m-Ausbaus liegt nur bei - 16,7 m NN.

Die Einrichtung der Unterbringungsstelle T3 an dieser exponierten Stelle hatte zum Ziel, durch eine stetige Sandzufuhr die Lage und Geometrie der Kolkette zu stabilisieren. Des Weiteren wurde die Einrichtung dieser Unterbringungsstelle in der Hoheweg Rinne als Vorteil bezüglich des Sedimenthaushaltes im umliegenden Naturraum angesehen, der durch große Sandplatten links und rechts der Hauptrinne geprägt ist. Hierbei stand eine umlagerungsbedingte Sedimentzufuhr der angrenzenden Böschungen und Sände zum nachhaltigen

Formenerhalt der Tegeler Plate und Mellum Plate im Vordergrund. Die angenommenen Transportpfade basieren auf der Erfahrung, dass große Anteile der umgelagerten Sedimente den Unterbringungsstellenbereich mittelfristig wieder verlassen und erst im weiteren Umfeld der Unterbringungsstelle sich dauerhaft abgelagern. Die hieraus abgeleitete Kennzeichnung von T3 als „Durchgangsunterbringungsstelle“ hat sich in den Folgejahren bestätigt.

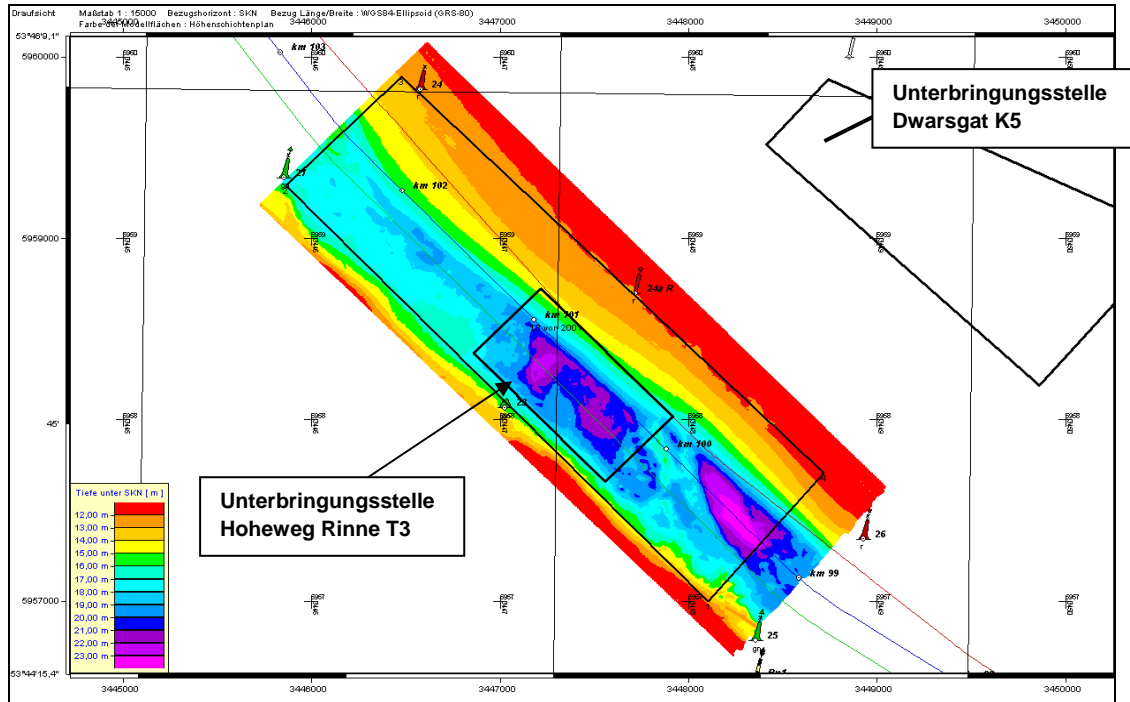


Abbildung 2.7-19: Topographie im Umfeld der Unterbringungsstelle Hoheweg Rinne (T3)

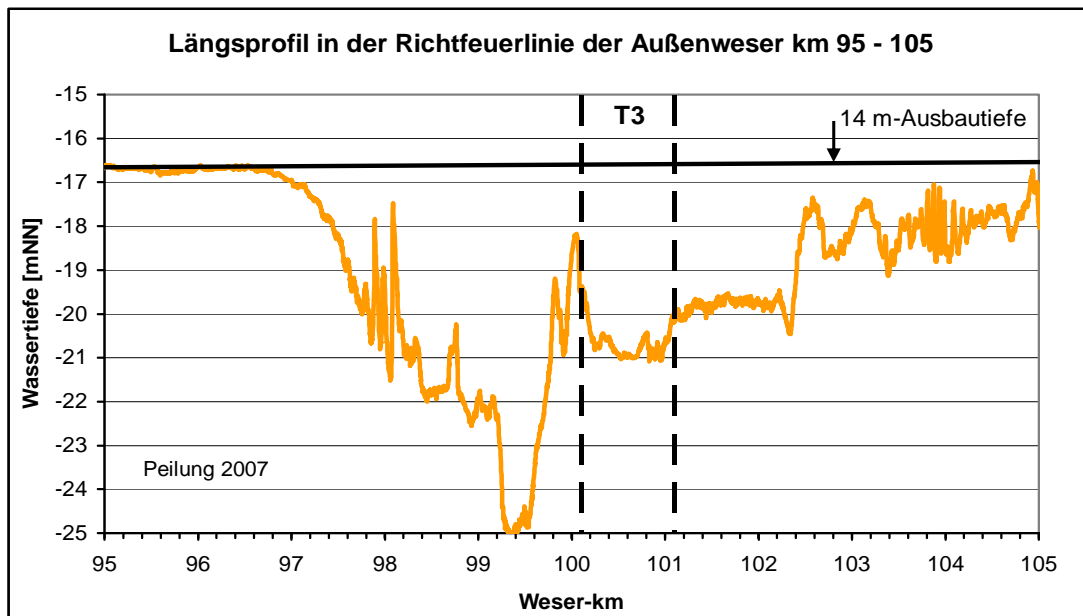


Abbildung 2.7-20: Längsprofil in der Richtfeuerlinie (Peilung 2007)

Ziel des aktuellen Sedimentmanagements ist es, die Unterbringungsstelle T3 weiterhin mit großen Sandmengen zu beschicken, um auch zukünftig das vielfältige Formeninventar an der Gewässersohle und die großräumigen Platen mit ihren morphologischen Sand- und Wattstrukturen im Bereich der Hoheweg Rinne nachhaltig zu erhalten und zu fördern.

### **2.7.3 Ufervorspülungen in der Unterweser**

Die Ufergestaltung in der Unterweser ist eng mit den verschiedenen Ausbauvorhaben zur Verbreiterung und Vertiefung der Schifffahrtsstraße verknüpft. Die Ausbauhistorie der Weser beginnt mit der „Großen Weserkorrektur“ von Ludwig Franzius, die in den Jahren von 1887 bis 1895 eine Begradigung und Vertiefung der Fahrrinne auf 5 m mit anschließendem Uferverbau durch Buschwerk und Steinpackungen vorsah. In den Jahren zwischen 1913 und 1958 folgten insgesamt vier weitere Ausbauten der Weser. Der letzte Ausbau der Unterweser, der sogenannte 9-m-SKN-Ausbau erfolgte zwischen 1973 und 1979 und hatte einen maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung der Ufer und ihre heutige Struktur. Im Zuge des 9-m-Ausbaus wurde die Sohle vertieft und die Fahrrinne auf eine Breite von 200 m ausgebaut. Ein Großteil des dabei anfallenden sandigen Materials wurde zur Sicherung der Ufer und zum Bestandschutz im Bereich der Ufer verspült. Insbesondere im Gewässerabschnitt zwischen km 23,5 und km 40 wird das heutige Landschaftsbild der Unterweser durch breite Sandstrände geprägt.

Die Sandstrände im Weserästuar unterliegen u. a. durch Sturmfluten, den Tideeinfluss und den Schiffsverkehr einer Vielzahl von Belastungsfaktoren, die an den Stränden zu Erosionen führen. Zur Erhaltung der Strände ist es daher erforderlich, von Zeit zu Zeit erneut Strand- aufspülungen durchzuführen, um den Uferschutz in seinem Bestand und seiner Funktion zu erhalten. Abbildung 2.7-21 gibt einen Überblick über die Gesamtmengen, die im Zeitraum zwischen 1982 und 2011 im Bereich der Strände zwischen km 23,5 und km 40,0 aufgespült wurden.

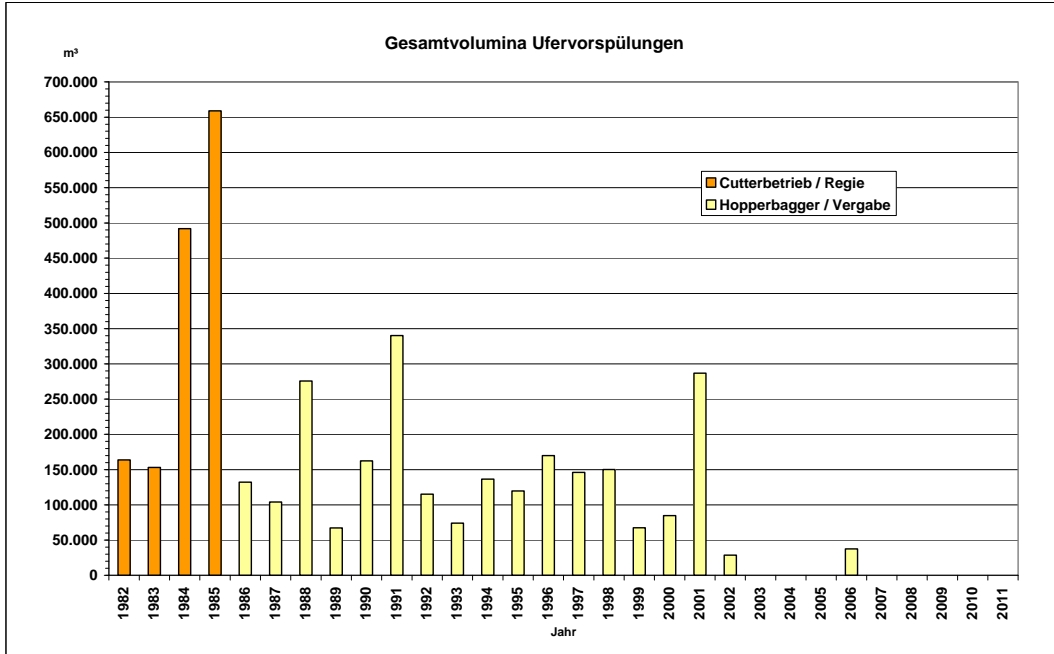


Abbildung 2.7-21: Jährliche Gesamtvolumina Ufervorspülungen Unterweser km 23,5 bis km 40

Ergänzend zu Abbildung 2.7-21 gibt Abbildung 2.7-22 einen Überblick über die Anzahl der Strandaufspülungen in den verschiedenen Strandbereichen am linken und rechten Weserufer zwischen km 23,5 und km 40. Die Höhe der Boxen entspricht der Aufspülmenge pro Flächeneinheit und gibt einen Hinweis über die Intensität der jeweiligen Aufspülmaßnahme. Anhang VI enthält eine tabellarische Zusammenstellung der Ufervorspülungen im Bereich der Unterweser km 23,5 bis km 40 in den Jahren von 1982 bis 2011. Hierbei entsprechen die Ziffern in Abbildung 2.7-22 den laufenden Nummern der Tabelle A-1 in Anhang VI.

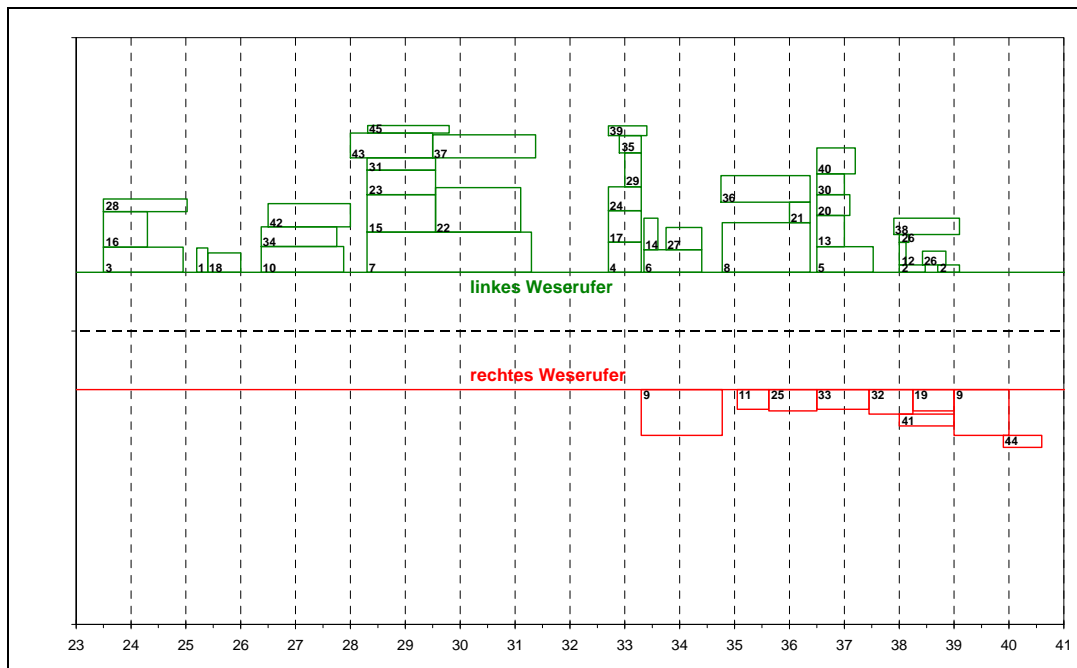


Abbildung 2.7-22: Schematische Darstellung von Ufervorspülungen Unterweser-km 23,5 bis km 40

Anhand der Abbildung 2.7-21 wird deutlich, dass die Häufigkeit der Sandaufspülungen im betrachteten Gewässerabschnitt zwischen km 23,5 und km 40 seit Anfang 2000 deutlich zurückgegangen ist. Während bis 2001 jährliche Unterhaltungsmaßnahmen im Bereich der Weserstrände erfolgten, wurden zwischen 2001 und 2011 nur noch zwei Strandvorspülungen durchgeführt. Die Ufervorspülung auf dem Rönnebecker Sand im Jahr 2002 erfolgte im Zuge des 14-m-Ausbaus der Außenweser zur Herstellung einer Ausgleichsmaßnahme. Innerhalb des Betrachtungszeitraums erfolgte die letzte Ufervorspülung in der Unterweser im Jahr 2006 auf dem Elsflether Sand zur Unterhaltung des Uferschutzes und zur Sicherung der Zufahrt zum Radarturm. Der Rückgang der Strandvorspülungen ist zum einen mit einem Wechsel der Unterhaltungsstrategie beim Uferschutz begründet und zum anderen mit dem Wechsel der Unterhaltungstechnik vom Hopperbagger zum Wasserinjektionsgerät.

Ergänzend zu den Ufervorspülungen im Bereich zwischen km 23,5 und km 40 erfolgten im Jahr 2001 und 2002 unterhalb von Brake ebenfalls Sandvorspülungen auf dem Harriersand und im Bereich des Strandbads Nordenham. Auf dem Harriersand wurden im Jahr 2002 insgesamt ca. 16.500 m<sup>3</sup> Sand aufgespült und im Bereich des Strandbads Nordenham im Jahr 2001 knapp 14.500 m<sup>3</sup>.

## **2.8 Aktuelles Sedimentmanagement in der Tidehunte**

### **Allgemeines**

Die Tidehunte hat eine Gesamtlänge von 24,63 km und verläuft zwischen der Stadt Oldenburg und Elsfleth. Der Unteren Hunte kommt als Bundeswasserstraße eine besondere Bedeutung zu: Sie bildet über die Unterweser die seewärtige Zufahrt zum Hafen Oldenburg sowie zusammen mit dem Küstenkanal, der sich in Oldenburg an die Hunte anschließt, die Binnenschifffahrtsanbindung zwischen der Unterweser und dem Dortmund-Ems-Kanal und damit zu den Rhein- bzw. Rheinmündungshäfen.



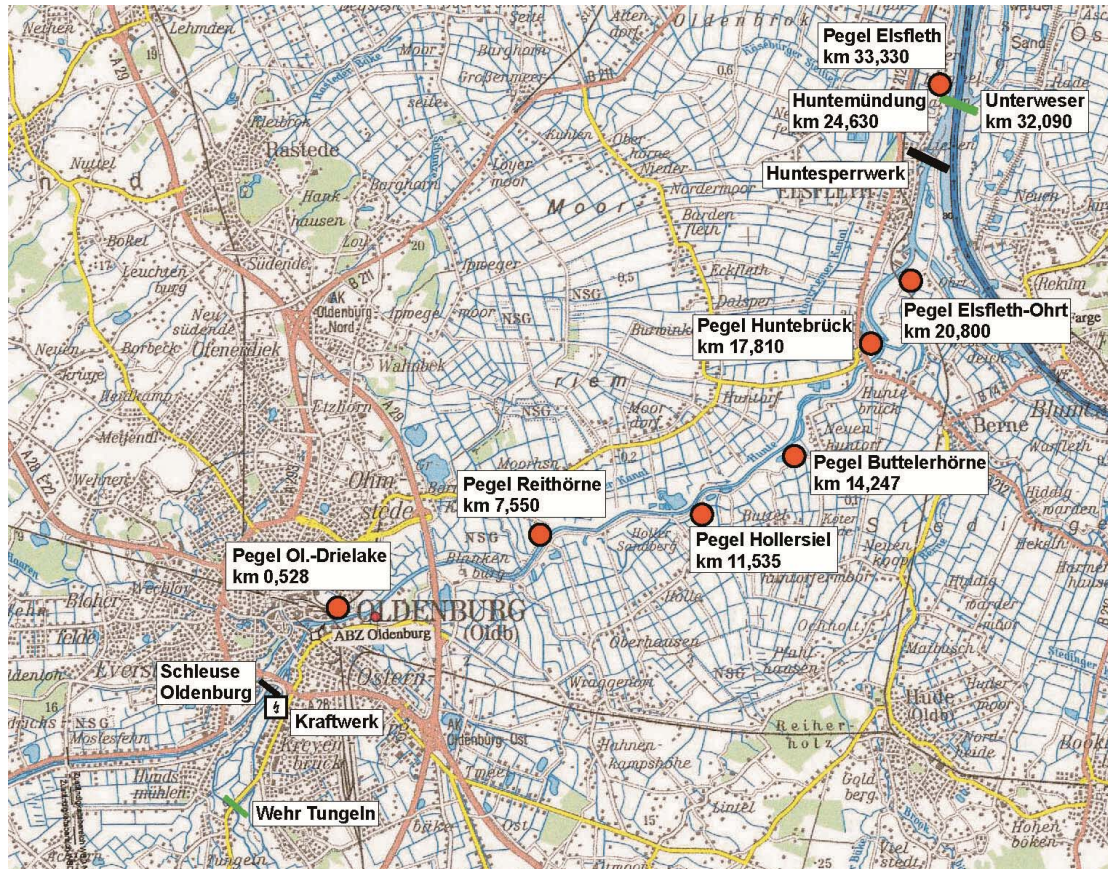


Abbildung 2.8-1: Übersichtsplan der Unteren Hunte (Ausschnitt aus der DBWK 200)

Um den wachsenden Anforderungen an die Belange der Bundeswasserstraße im Laufe der Zeit zu genügen, wurde die Hunte in der Vergangenheit mehrfach ausgebaut und in ihrem Verlauf stark verändert. Ab Mitte des 17. bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurde der Lauf der Unteren Hunte durch Ausbauten von seiner ursprünglichen Länge von ca. 39 km auf rund 27 km Länge verkürzt. Nach Abschluss der 1. Huntekorrektur (1867) konnten Schiffe mit 2 m Tiefgang statt vorher 1,20 m Oldenburg erreichen.

Die 2. Huntekorrektur führte zu einer Vertiefung auf 3,50 m unter Tidehochwasser in Oldenburg und auf 5,18 m in Elsfleth-Lienen bei einem gleichmäßigen Gefälle zwischen Oldenburg und Elsfleth. Weitere Ausbauten erfolgten in den 1930er Jahren für das 600-t-Binnenschiff. In den 1950er Jahren erfolgten weiter Ausbaumaßnahmen für das 1000-t-Binnenschiff. Durch den Bau der Durchstiche in Hollersiel und Neuenhuntoorf Anfang der 1960er Jahre wurde der Flusslauf schließlich auf rund 25 km verkürzt. Mit der Vertiefung des Fahrwassers auf - 5,50 m NN im Bereich Elsfleth Anfang der 1970er Jahre und des Durchstiches im Mündungsbereich der Hunte im Rahmen der Sperrwerksmaßnahmen wurden weitere umfangreiche Ausbaumaßnahmen im Bereich der Hunte vollzogen. Seit Fertigstellung des Hutesperrwerks (Bauzeit zwischen 1976 und 1979) erfolgten bis zu den ersten vorgezogenen Maßnahmen im Jahr 1996 zum letzten Hunteausbau keine Ausbauarbeiten in der Hunte.

Die wesentlichen Maßnahmen zum letzten Ausbau der Tidehunte wurden bis September 2009 abgeschlossen. Im Jahr 2010 erfolgten nur noch kleinere Restarbeiten. Im Zuge des Hunteausbaus erfolgte zwischen Oldenburg und Elsfleth Orth (km 21) eine Verbreiterung der Fahrrinnensohle von 26 m auf 28 m. Zur Begegnung von Hunte-Regelschiffen in den geraden Streckenabschnitten wurde die Fahrwasserbreite mit einer Mindestbreite von 35,5 m hergestellt. Zusätzlich zu den Verbreiterungen des Fahrwassers erfolgte eine Aufweitung der Kurvenradien auf einen erforderlichen Mindestradius von 600 m.

Im Anschluss an den Hunteausbau erfolgte im Jahr 2012 zwischen km 13,8 und km 14,2 der Bau des Warteplatzes Buttelerhörne. Diese Maßnahme wurde 2012 begonnen und im gleichen Jahr abgeschlossen. Derzeitig erfolgt die Ausbauplanung für den Bau der Wendestelle in Oldenburg. Zwischen km 0,6 und km 0,9 soll eine Wendestelle mit einem Durchmesser von ca. 165 m entstehen und die beiden derzeitig genutzten Notwendestellen ersetzen. Nach den derzeitigen Planungen soll die bauliche Umsetzung dieser Maßnahme im Jahr 2014/2015 erfolgen.

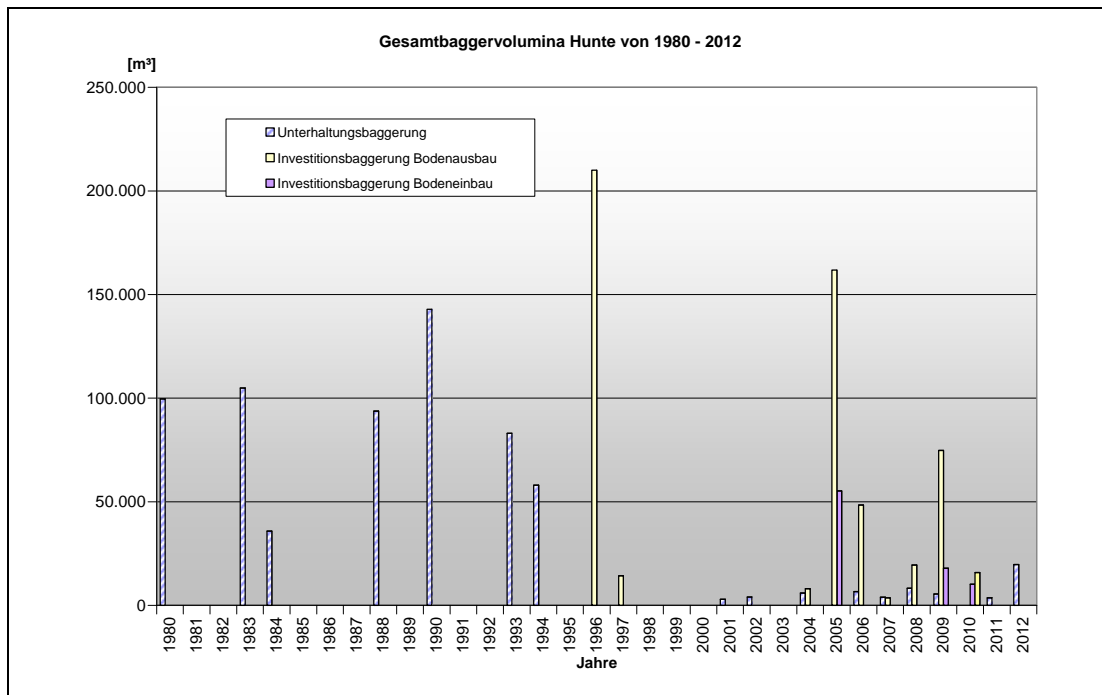
### **Unterhaltungsstrategie**

In der Vergangenheit beschränkten sich die Unterhaltungsbaggerungen in der Tidehunte im Wesentlichen auf den oberen Gewässerabschnitt bei Oldenburg und den unteren Gewässerabschnitt zwischen km 21 und km 23. Der Oldenburger Bereich wurde hierbei in der Regel vom Außenbezirk Oldenburg des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremen im Regiebetrieb unterhalten, während die Unterhaltungsarbeiten unterhalb km 21 im Auftrag des Baggerbüros des Amtes Bremen erfolgten. Im oberen Bereich der Tidehunte entstehen Mindertiefen überwiegend kleinräumig in strömungsextensiven Bereichen des Fahrwassers oder durch Sandeintreibungen nach Hochwasserereignissen. Im unteren Bereich der Tidehunte treten Mindertiefen verstärkt in den Randbereichen auf. In der Regel werden die Mindertiefen beseitigt, wenn sich die Ablagerungen vom Randbereich in die Fahrrinne hinein ausdehnen. Die Gewässersohle in der Tidehunte unterliegt vergleichsweise geringen Änderungen. Aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen werden daher unter Berücksichtigung der Belange der Schifffahrt die Unterhaltungsaktivitäten auf ein Minimum reduziert und auch großflächige Mindertiefen erst ab einer Höhe von ca. 20 cm entfernt.

Die Unterhaltung der Gewässersohle erfolgt hierbei unter Berücksichtigung der gerätetechnischen Baggertoleranz auf Sollsohlniveau.

### **Unterhaltungsbaggervolumina**

Abbildung 2.8-2 gibt einen Überblick über die Baggermaßnahmen im Zeitraum von 1980 bis 2012. Wie anhand der Zusammenstellung der Baggermaßnahmen zu erkennen ist, fanden zwischen 1980 und 1996 nur vereinzelt Unterhaltungsbaggerungen in der Tidehunte statt. Sofern Unterhaltungsbaggerungen durchgeführt wurden, variieren die Baggervolumina jährlich zwischen ca. 36.000 m<sup>3</sup> und ca. 143.000 m<sup>3</sup> (vgl. Abbildung 2.8-2 und Tab. A-2 in Anhang VII). Ab 1996 erfolgten zwischen km 1 und km 6 erste vorgezogene Maßnahmen zum Hunteausbau.



**Abbildung 2.8-2: Baggerungen in der Tidehunte von 1980 bis 2012**

Die wesentlichen Ausbaumaßnahmen im Gewässer fanden zwischen 2004 und 2009 statt. Im Jahr 2005 wurden ca. 162.000 m<sup>3</sup> Boden ausgebaut und ca. 55.000 m<sup>3</sup> Boden zur Kolkverfüllung zwischen km 15,4 und km 16,2 eingebaut.

Während der Ausbauarbeiten, die im Gewässerabschnitt zwischen Hunte-km 0 und km 21 erfolgten, beschränkten sich die Unterhaltungsaktivitäten auf den Gewässerabschnitt unterhalb von Hunte-km 21. Während dieser Zeit wurden, sofern Unterhaltungsbaggerungen durchgeführt wurden, jährlich zwischen ca. 3.000 m<sup>3</sup> und 8.250 m<sup>3</sup> Material gebaggert. Im Jahr 2011 wurden insgesamt ca. 3.600 m<sup>3</sup> Material in der Tidehunte gebaggert und im Jahr 2012 knapp 20.000 m<sup>3</sup> im Gewässerabschnitt zwischen km 21 und km 22 (vgl. Tab. A-2, Anhang VII).

### **Anteil von Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinnenfläche**

Die Abbildungen 2.8-3 und 2.8-4 geben einen Überblick über die prozentualen, mittleren Mindertiefenanteile bezogen auf die Fahrrinnenfläche des jeweiligen Teilabschnitts. Die Angaben beziehen sich auf den Zeitraum nach Fertigstellung des Hunteausbaus. Für das Jahr 2009 wurden für die Grafiken daher nur die Peilerggebnisse nach September 2009 ausgewertet.

Anhand der Abbildungen 2.8-3 und 2.8-4 wird deutlich, dass sich die flächigsten Mindertiefen im oberen Bereich der Hunte zwischen Hunte-km 0 und km 1 befinden. Hier liegt der mittlere jährliche Anteil an Mindertiefen bezogen auf die Fahrrinnenfläche bei ca. 83 % (im Betrachtungszeitraum Sept. 2009 bis Dez. 2011). Im angrenzenden Gewässerabschnitt bis Hunte-km 3 liegt der jährliche Flächenanteil der Mindertiefen im Mittel



zwischen 20 % und ca. 40 %. Mit Ausnahme der Teilabschnitte zwischen 15,4 und km 16,2 sowie zwischen km 21 und km 22 treten in der Tidehunte überwiegend lokale Mindertiefen mit einem mittleren prozentualen Flächenanteil von unter 10 Prozent auf. Zwischen Hunte-km 15,4 und km 16,2 erfolgte im Zuge des Hunteausbaus die Verfüllung eines langgestreckten Kolkes, der sich in den 1960er Jahren durch den Durchstich des Neuenhundertorfer Kurvensystems gebildet hatte. Die Verfüllung des Kolkes erfolgte auf der Gesamtlänge von 800 m auf Sollsohlhöhe (- 4 m NN). Um die Lagestabilität der Kolkverfüllung zu sichern, wurde der verfüllte Bereich flächendeckend mit Wasserbausteinen der Klasse 0 bis 180 mm gesichert. Die Flächigkeit der Mindertiefen im Bereich der Kolkverfüllung beruht zum einen darauf, dass einige Wasserbausteine über Sollsohlniveau herausragen, die dann im Peilplan als Mindertiefe ausgegeben werden, und zum anderen darauf, dass sich trotz der vergleichsweise hohen Fließgeschwindigkeiten Sand auf und in den Zwischenräumen der Wasserbausteine ablagert.

Der vergleichsweise hohe prozentuale Mindertiefenanteil zwischen Hunte-km 20 und km 21 ist zum einen auf Sandablagerungen im Innenkurvenbereich zurückzuführen. Zum anderen erfolgt eine Sedimentverlagerung aus dem angrenzenden Werfthafen in die Tidehunte. Die bindigen Materialien weisen hier eine Verunreinigung mit Schadstoffen auf, so dass die im Zuge von Unterhaltungsbaggerungen beseitigten Sedimente an Land entsorgt werden müssen (vgl. auch Kap. 3.5).

Vergleicht man die in den Abbildungen 2.8-3 und 2.8-4 dargestellten mittleren prozentualen Minderflächenanteile, wird deutlich, dass sich diese in den verschiedenen Teilabschnitten im Betrachtungszeitraum von September 2009 bis Dezember 2011 nur geringfügig verändern. Dass die Mindertiefen nicht abgenommen haben, ist darauf zurückzuführen, dass in vielen Bereichen keine Unterhaltungsbaggerungen stattgefunden haben. Im Jahr 2009 erfolgte eine Unterhaltungsbaggerung zwischen Hunte-km 21 und km 22. Im Jahr 2011 fanden geringe Unterhaltungsbaggerungen zwischen km 2 und km 20 statt. Auf der gesamten Strecke wurde ein Sedimentvolumen von rund 3600 m<sup>3</sup> umgelagert.

Dass sich die Mindertiefen und damit die potenziellen Baggerstellen in dem betrachteten Zeitraum nur gering verändert haben, ist auch ein Hinweis darauf, dass sich in der Tidehunte vergleichsweise nur geringe Mengen an Sedimenten ablagern.

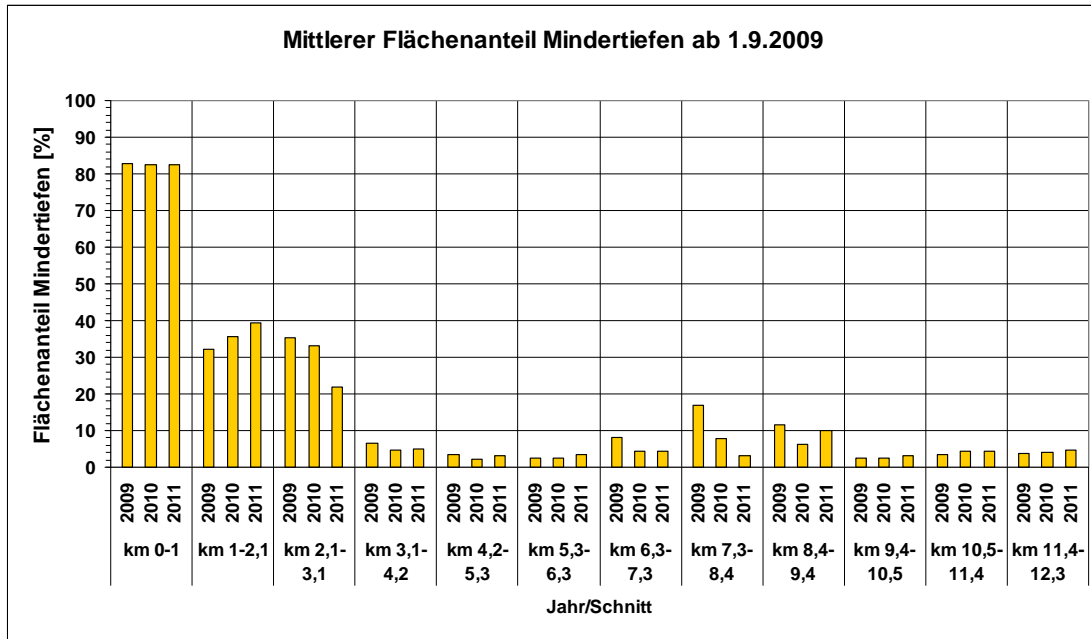


Abbildung 2.8-3: Mittlerer jährl. Mindertiefenanteil bezogen auf die Fahrrinnenfläche (Hunte-km 0 - 12,3)

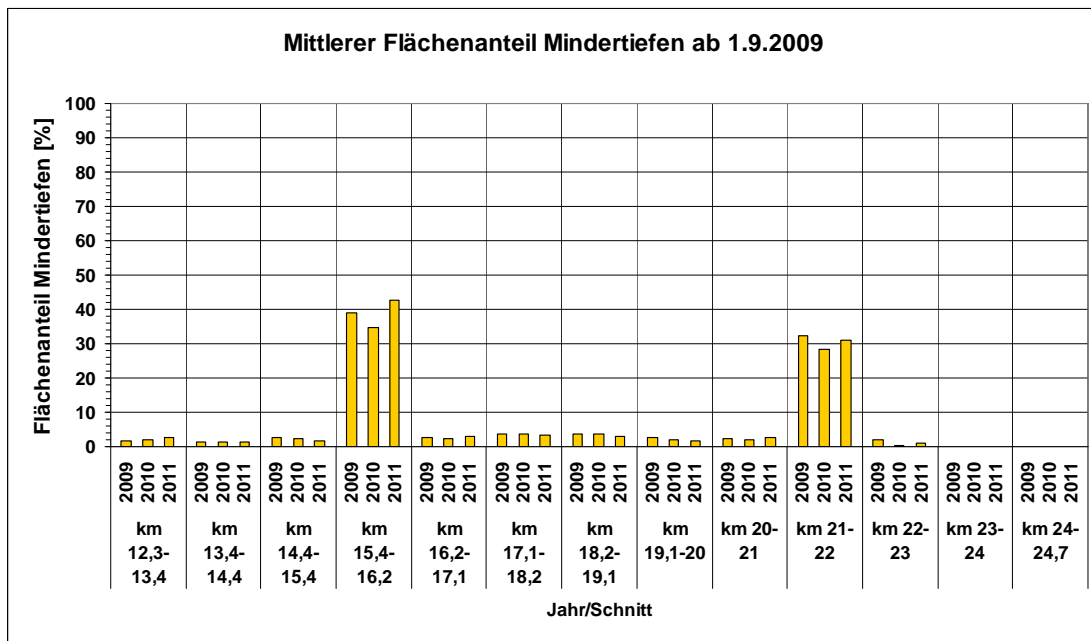


Abbildung 2.8-4: Mittlerer jährl. Mindertiefenanteil bezogen auf die Fahrrinnenfläche (Hunte-km 12,3 - 24,7)

### Sedimentbeschaffenheit

Das Sohlmaterial der Tidehunte besteht überwiegend aus Sanden. In strömungsexensiven Bereichen sowie angrenzend an Altarme oder Hafenbecken treten örtlich auch bindige Sedimente in der Tidehunte auf. Mit dem Ziel, den Einfluss des Hunteausbaus auf die Niedrigwasserstände in Oldenburg zu dämpfen, erfolgte im Zuge des Hunteausbaus zwischen Hunte-km 15,4 und km 16,2 eine Kolkverfüllung, die im oberen Bereich mit Wasserbau-

steinen befestigt ist. Darüber hinaus treten u. a. örtlich verbreitet Klei, Kies, Torf und Steine an der Gewässersohle auf.

Örtlich sind die Sedimente der Gewässersohle mit organischen Schadstoffen und Schwermetallen belastet. Die Beprobung und Bewertung dieser Sedimente erfolgt nach der Handlungsanweisung für Baggergut im Binnenbereich der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (HABAB-WSV 2000, siehe Kap. 3.5) und der LAGA M20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Analyse möglicher Verunreinigungen“.

### **Unterhaltungstechnik**

In der Vergangenheit erfolgten Unterhaltungsbaggerungen in der Tidehunte in der Regel mit dem Schwimmgreifer und Klappschuten. Mit dem Ziel, die Möglichkeiten und den Erfolg anderer Unterhaltungstechniken zu untersuchen, erfolgten in den Jahren 2001 und 2002 im Gewässerabschnitt unterhalb von km 21 Versuchs-baggerungen mit einem Hopper (2001) und dem WI-Gerät. Der Einsatz des WI-Gerätes stellte sich bei dem in diesem Hunteabschnitt anzutreffenden sandigen Material als eine wirtschaftlich und ökologisch gute Alternative zum Schwimmgreifer und zum Hopper heraus, so dass, sofern Unterhaltungsbaggerungen im Gewässerabschnitt unterhalb von km 21 erforderlich wurden, diese ab dem Jahr 2002 mit dem WI-Gerät durchgeführt wurden.

Im oberen und mittleren Bereich der Tidehunte erfolgten bis zum Beginn des Hunteausbaus Unterhaltungsbaggerungen mit dem Schwimmgreifer. Nach Fertigstellung der Ausbaumaßnahmen erfolgte im Juli 2011 auf der gesamten Strecke eine Versuchs-baggerung mit dem WI-Gerät. Das WI-Gerät erzielte hierbei gute Ergebnisse bei der Beseitigung geringer Mindertiefen. Die besten Ergebnisse wurden erreicht, wenn in der Nähe der Baggerstellen Übertiefen in der Gewässersohle vorhanden sind, in die das mobilisierte Sediment verdriften kann. Bei der Baggerung bindiger Sedimente, die überwiegend im oberen Bereich der Tidehunte oder in strömungsberuhigten Seitenbereichen auftreten, ist die Unterhaltungstechnik auch von der Qualität der Sedimente abhängig.

Sofern Schadstoffbelastungen vorliegen, ist der Einsatz eines Schwimmgreifers erforderlich, um die belasteten Sedimente aus dem Gewässersystem zu entfernen. Bei unbelasteten bindigen Sedimenten ist der WI-Einsatz möglich. Um mögliche negative Auswirkungen auf die Trübungs- und Sauerstoffentwicklung in der Tidehunte zu verhindern, werden Unterhaltungsbaggerungen mit dem WI-Gerät möglichst in den Wintermonaten durchgeführt. Grundsätzlich gelten auf der Tidehunte für die Umlagerung unbelasteter, bindiger Sedimente mit dem WI-Gerät die Empfehlungen, dass diese möglichst bei Ebbstrom zu Zeiten hoher Sauerstoffgehalte ( $> 6 \text{ mg/l}$ ), kleiner Wassertemperatur ( $< 10^\circ \text{ C}$ ) und einem möglichst großen Oberwasserabfluss ( $> 14 \text{ m}^3/\text{s}$ ) durchgeführt werden sollten. Die Sedimentmobilisierung sollte darüber hinaus über mehrere Tage verteilt stattfinden bzw. ein Baggervolumen von  $10.000 \text{ m}^3$  innerhalb von 5 Tagen nicht überschreiten (Stammerjohann 2012b).

### **Unterbringung von Baggergut**

Der überwiegende Anteil der Sedimente in der Tidehunte ist nicht mit Schadstoffen belastet und darf daher im Gewässer umgelagert werden. Sofern die Unterhaltungsarbeiten mit dem WI-Gerät durchgeführt werden, erfolgt eine Umlagerung der mobilisierten Sedimente innerhalb des Gewässersystems der Hunte. Bei Einsatz eines Hydraulik- oder Seilbaggers und von Schuten werden die unbelasteten Sedimente bei Ebbströmung in vorhandene Übertiefen der Tideweser im Bereich km 34 umgelagert. Da der untere Bereich der Tidehunte bis etwa Hunte-km 15 ebbstromdominiert ist, ist davon auszugehen, dass kein nennenswerter Stromauftransport von der Weser zurück in die Hunte stattfindet.

Werden in der Tidehunte mit Schadstoffen belastete Sedimente gebaggert, dürfen diese nicht im Gewässersystem umgelagert werden, sondern sind an Land zu entsorgen. Nach Durchführung der Schadstoffanalysen wird in Abstimmung mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde ein Unterbringungskonzept erarbeitet, das die Anforderungen an die erforderlichen Baggeraktivitäten und den Verbleib des Materials regelt.

## 3. Kurzcharakteristik des ökologischen Systems

### 3.1 Ökologisches Leitbild

Das ökologische Leitbild für das vorliegende Sedimentmanagementkonzept ist - wie grundsätzlich auch beim IBP Weser und bei WRRL-Planungen - eine möglichst naturraum- und ästuartypische Ausprägung des Betrachtungsraums Tideweser unter Beibehaltung wesentlicher Nutzungen, insbesondere der Schifffahrt, sowie von Küsten- und Hochwasserschutz. Auch irreversible ökologische Veränderungen, etwa die Einwanderung von Neobiota, werden mit zugrunde gelegt.

Insofern unterscheidet sich das Leitbild - in diesem Konzept sowohl Grundlage für die Bewertung als auch Zielzustand - deutlich von einem natürlichen oder historischen Referenzzustand.

Das Leitbild lässt sich zusammenfassend wie folgt beschreiben:

- > Das Weserästuar ist ein dynamisches System von Flach- und Tiefwasserbereichen, Wattflächen, terrestrischen Flächen, Inseln (Sänden) und Nebenarmen mit einer möglichst ästuartypischen Ausprägung von Tide und Strömung.
- > Morpho- und hydrodynamische Prozesse (Erosion, Sedimentation, Verlandung, Überflutungen) führen zu einer ständigen 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 wesentliche ästuartypische Pflanzen- und Tierarten in langfristig überlebensfähigen Populationen und den entsprechenden Vergesellschaftungen vorkommen.
- > Die Biotope und Lebensgemeinschaften des Weserästuars erfüllen weitere wichtige ökosystemare Funktionen wie die Filterung von Schad- und Nährstoffen.  
(angepasst aus BfG 2008).

Eine genauere Beschreibung, teilweise auch Quantifizierung einzelner Komponenten des Leitbilds, wie sie im Fachbeitrag „Natura 2000“ zum IBP Weser (KÜFOG 2011) vorgenommen wurde, wird für das Sedimentmanagementkonzept als verzichtbar angesehen. Teilweise werden in den folgenden Fachkapiteln quantitative Zielwerte genannt oder Angaben aus dem Fachbeitrag „Natura 2000“ bei der Beschreibung von Defiziten mit herangezogen.

Entsprechend der Aufgabenstellung des Sedimentmanagementkonzepts wird den Zielvorgaben von FFH-/Vogelschutz- („Natura 2000“) und Wasserrahmenrichtlinie besondere Beachtung geschenkt.

Ziel des Schutzgebietsnetzes „Natura 2000“, welches nahezu das gesamte Weserästuar mit umfasst, ist ein günstiger Erhaltungszustand von Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie und (Habitaten der) Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie zur Erhaltung der biologischen Vielfalt. Relevant bzgl. des Sedimentmanagements im Weserästuar sind insbesondere die Lebensraumtypen 1130 „Ästuarien“ und 1140 „Vegetationsfreies Schlick-, Sand- und Mischwatt“ sowie die Arten Finte, Fluss- und Meerneunauge.

Ziel der EG-Wasserrahmenrichtlinie ist grundsätzlich ein „guter ökologischer und chemischer Zustand“ der Gewässer. Dieser ist durch eine entsprechende Einstufung der vorgegebenen Qualitätskomponenten nach zunehmend abgestimmten Bewertungsverfahren definiert. Die Bewertung des ökologischen Zustands basiert hierbei insbesondere auf Phytoplankton, Gewässerflora, Makrozoobenthos und Fischfauna (biologische Qualitätskomponenten, abhängig vom Gewässertyp); weitere, insbesondere hydromorphologische Komponenten werden unterstützend herangezogen. Für künstliche und erheblich veränderte Gewässer (bei denen die Änderungen der hydromorphologischen Merkmale, die für einen guten ökologischen Gewässerzustand erforderlich wären, signifikante nachteilige Auswirkungen auf bestimmte Nutzungen wie z. B. die Schifffahrt hätten) gilt allerdings das „gute ökologische Potenzial“ als Zielzustand, zu dessen Ermittlung bisher noch keine Methodik festgelegt wurde. Dies betrifft einen großen Teil des Betrachtungsraums, nämlich die gesamte Unterweser, die Hunte sowie die Außenweser bis km 85 (Grenze Übergangs- zum Küstengewässer) (FGG Weser 2005 und 2009a). Insofern gilt, wie bereits erwähnt, für WRRL-Planungen ein grundsätzlich vergleichbares Leitbild wie für das vorliegende Konzept, nämlich ein Zielzustand, welcher wesentliche Nutzungen mit einbezieht.

## 3.2 Hydrologie

### 3.2.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands

Zur Beschreibung der hydrologischen Verhältnisse bedient man sich verschiedener Parameter je nach Zielsetzung und Aufgaben. Zunächst werden Wasserstandsaufzeichnungen der vorhandenen Pegel sowie die Durchflüsse einer Messstelle im Oberwasser oberhalb des Weserwehres herangezogen. Des Weiteren geben die Flut- und Ebbedauern, die Laufzeiten der Tidescheitel und die Strömungsverhältnisse bei Flut und Ebbe wichtige Hinweise auf die ablaufenden physikalischen Prozesse.

Als direkte hydrologische Einflussgrößen auf die Tideweser sind zu nennen:

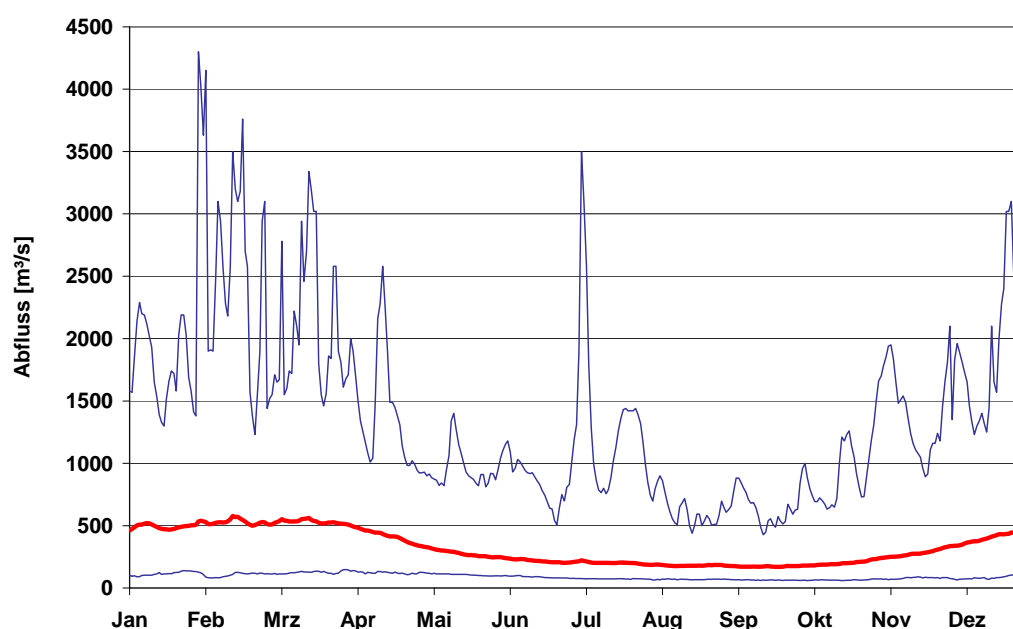
- > die Abflüsse vom Binnenland mit ihren jahreszeitlichen Schwankungen sowie
- > die von See her einschwingende Tide mit ihren astronomischen Schwankungen und meteorologischen Einflüssen wie z. B. Windeinfluss und Luftdruckschwankungen

#### Oberwasserverhältnisse

Zur Betrachtung des Oberwassers werden die seit 1858 ermittelten Abflüsse von dem etwa 30 km oberhalb des Weserwehres Hemelingen gelegenen Pegel Intschede herangezogen. Die

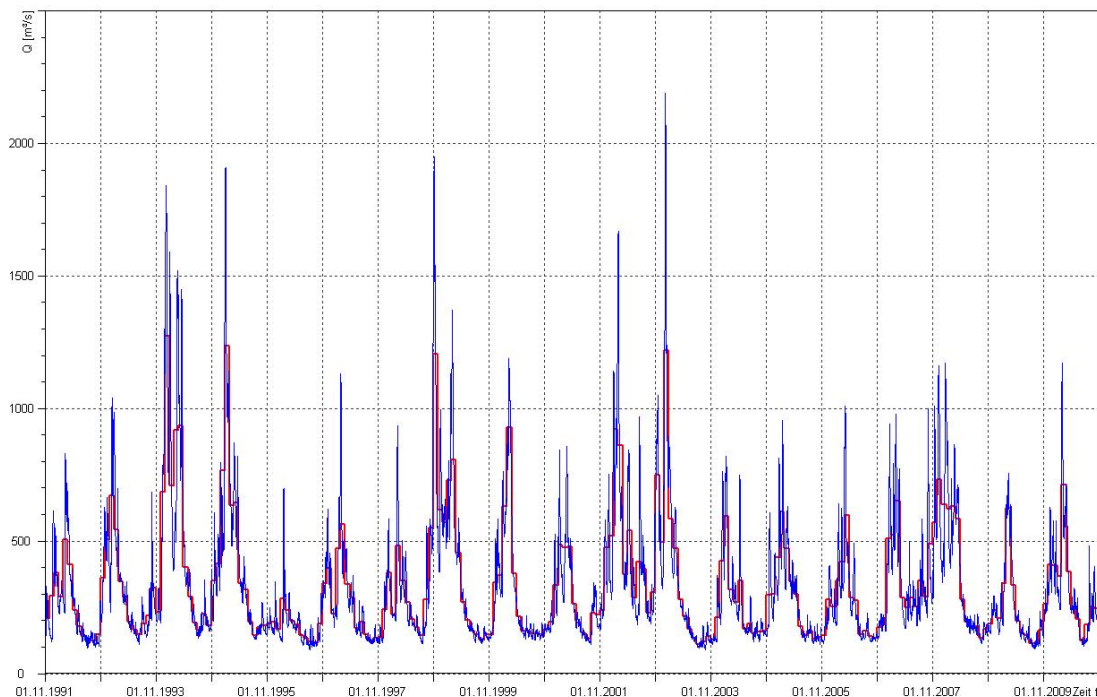
Zeitreihe bis 2010 zeigt Schwankungen innerhalb eines Jahres und zwischen den Jahren und es ergeben sich aus der 152-jährigen Reihe folgende Kennwerte: Der niedrigste beobachtete Abfluss (NNQ) mit  $59,7 \text{ m}^3/\text{s}$  trat am 18. Oktober 1921 auf, der höchste beobachtete Abfluss (HHQ) mit  $4300 \text{ m}^3/\text{s}$  am 29. Januar 1891. Das vieljährige Mittel des Abflusses (MQ) der gesamten Zeitreihe beträgt  $325 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dieser Wert ist nur geringfügig höher als zum Vergleich der MQ-Wert des hydrologischen Jahres 2010 mit  $317 \text{ m}^3/\text{s}$ . Die dazugehörigen niedrigsten und höchsten Abflüsse sind:  $\text{NQ} = 103 \text{ m}^3/\text{s}$  am 23.07.2010 und  $\text{HQ} = 1170 \text{ m}^3/\text{s}$  am 03.03.2010.

Die beiden Hochwasserereignisse in den oben genannten Zeitreihen ereigneten sich im Winter bzw. Frühjahr. Abbildung 3.2-1 zeigt die maximalen Tageswerte der 152-jährigen Reihe im Jahresverlauf; auch hier ist eine Anhäufung der Hochwasser in den Herbst-, Winter- und Frühjahresmonaten gut zu erkennen.



**Abbildung 3.2-1: Vieljährig gemittelte Tageswerte der Zeitreihe 1858 - 2010 am Pegel Intschede (rot) sowie die höchsten und niedrigsten Tageswerte (blau) (Daten: WSA Verden)**

Der höchste schiffbare Wasserstand (HSW) am Pegel Intschede beträgt 640 cm, dies entspricht einem Abfluss von rund  $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ , welcher wiederum etwa einem mittleren Hochwasser (MHQ) zuzuordnen ist. Oberhalb des MHQ-Wertes treten in der 152-jährigen Reihe 111 mittlere und höhere Hochwasser (HW) auf. Betrachtet man HW-Ereignisse oberhalb eines Abflusses vom  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ , sind es immerhin noch 32 Ereignisse, welche bis auf wenige Ausnahmen ausschließlich in den Herbst-, Winter- und Frühjahresmonaten auftreten. Nur einige wenige Ereignisse treten im Sommer auf. Besonders zu erwähnen ist ein Sommerhochwasser am 4. Juli 1871 mit  $3500 \text{ m}^3/\text{s}$ . In den vergangenen 20 Jahren waren die HW-Ereignisse nicht so ausgeprägt wie bereits erwähnt. Abflüsse über  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$  traten nur einmal auf und zwar im Frühjahr 2002. Abbildung 3.2-2 zeigt die Tageswerte und Monatsmittlerwerte für den Zeitabschnitt vom 1. November 1991 bis 31. Oktober 2010.



**Abbildung 3.2-2: Abflüsse: Tageswerte (blau) und Monatsmittelwerte (rot) für die Zeitspanne vom 1. November 1991 bis 31. Oktober 2010 am Pegel Intschede (Daten: WSA Verden)**

Neben dem Einfluss der Weser sind die Abflüsse aus dem Lesum- und dem Huntegebiet zu nennen. Die Abflüsse der Wümme im Einzugsgebiet der Lesum werden am Pegel Hellwege-Schleuse erfasst. Dieser Pegel liegt 44 km oberhalb der Mündung in die Unterweser. Seine Abflüsse liegen im Bereich von  $0,884 \text{ m}^3/\text{s}$  am 10.08.1982 und  $118 \text{ m}^3/\text{s}$  am 05.03.1979 und haben keinen signifikanten Einfluss auf die Wasserstände der Unterweser. Die Wasserstände der Hunte werden am Pegel Oldenburg-Drielake erfasst. Auch ihre Abflüsse haben keinen bedeutenden Einfluss auf die Wasserstandsdynamik der Weser. Die Spannweite der beobachteten Abflüsse reicht von  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  bis  $142 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### Tidesignal aus der Nordsee

Die einschwingende Tide wird geprägt durch die Gezeiten in der Nordsee und meteorologische Einflüsse, insbesondere die Windverhältnisse.

Innerhalb des Systems Sonne-Mond-Erde treten verschiedene Konstellation auf, welche jeweils periodische Änderungen des Wasser- bzw. Meeresspiegels bewirken, insbesondere die etwa halbtägigen Tiden, aber auch Tiden anderer Periodenlänge, wie der Spring-Nipp-Zyklus.

Neben den astronomischen Bedingungen haben die meteorologischen Einflüsse wie Wind und Luftdruck einen bedeutenden Anteil auf die Wasserstände. Dabei besitzt das Windfeld in der Deutschen Bucht für die Entwicklung der Tidewasserstände in den Ästuaren die größere Bedeutung.

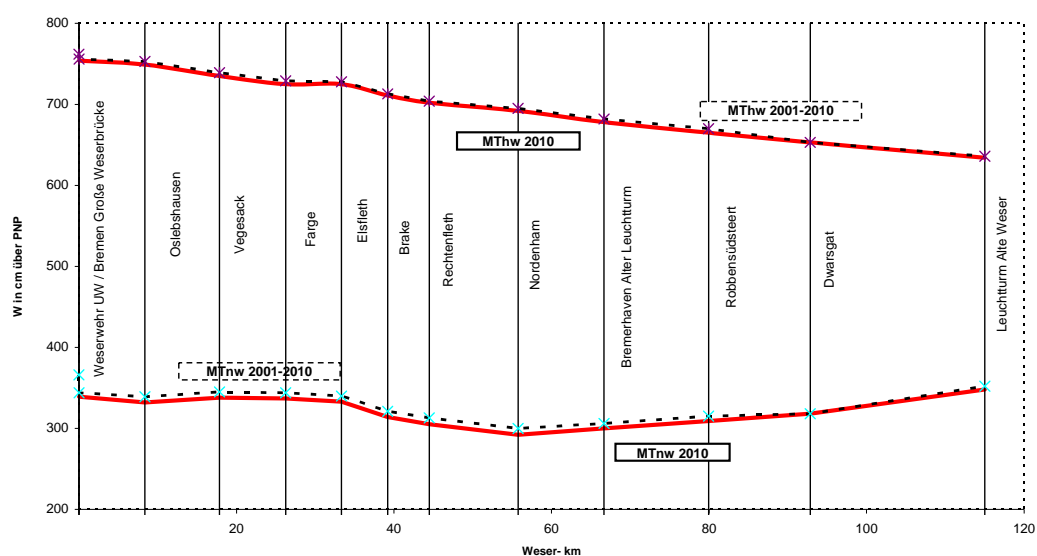


Des Weiteren sind die Wasserstände durch die Meeresspiegelvariation beeinflusst. Untersuchungen des mittleren Tidehoch- und Tideniedrigwasser über einen Zeitabschnitt von 140 Jahren in der Deutschen Bucht im Jahre 1985 ergaben einen signifikanten Trend des mittleren Hochwassers von + 2,5 mm/Jahr. Für die Niedrigwasserverhältnisse wurde kein signifikanter Anstieg bestätigt (Fuhrbötter & Jensen 1985). Untersuchungen zur Veränderung des mittleren Meeresspiegels in der Deutschen Buch ergaben beschleunigte Anstiege des Meeresspiegels zum Ende des 19. Jahrhunderts sowie in den vergangenen Dekaden des Untersuchungsabschnittes (Wahl et al. 2010, 2011). Aktuelle Untersuchungen zum Anstieg des regionalen Meeresspiegels in der südlichen Deutschen Bucht wurden von Hein et al. (2012) im Rahmen des Forschungsprojektes KLIWAS durchgeführt. Die Kernaussage ihrer Arbeit ist, dass im Gegensatz zum globalen Anstieg keine Beschleunigung des Trends festzustellen ist. Vielmehr wird eine ausgeprägte zwischenjährliche und dekadische Variabilität festgestellt.

### Wasserstandsverhältnisse

Die an den Pegeln im Untersuchungsgebiet erfassten Wasserstände beinhalten wie beschrieben eine Summation von verschiedenen Ursachen wie astronomische und meteorologische Einflüsse sowie Einfluss des Oberwassers. Die hohe Variabilität der Eingangsgröße Wasserstand mit ihren abgeleiteten Parametern ist für die weitere Beurteilung immer zu berücksichtigen.

Zur Darstellung des hydrologischen Längsschnitts werden die Wasserstände der Pegel Leuchtturm Alte Weser, Dwarsgat, Robbensüdsteert, Bremerhaven Alter Leuchtturm, Rechtenfleth, Nordenham, Brake, Elsfleth, Farge, Vegesack, Oslebshausen, Bremen Große Weserbrücke und Weserwehr UW des gewässerkundlichen Jahres 2010 herangezogen. Abbildung 3.2-3 zeigt die mittleren Tidehoch- und Tideniedrigwasserstände (MThw, MTnw) des Jahres 2010 sowie die entsprechenden Mittelwerte der vergangenen 10 Jahre als hydrologischen Längsschnitt.

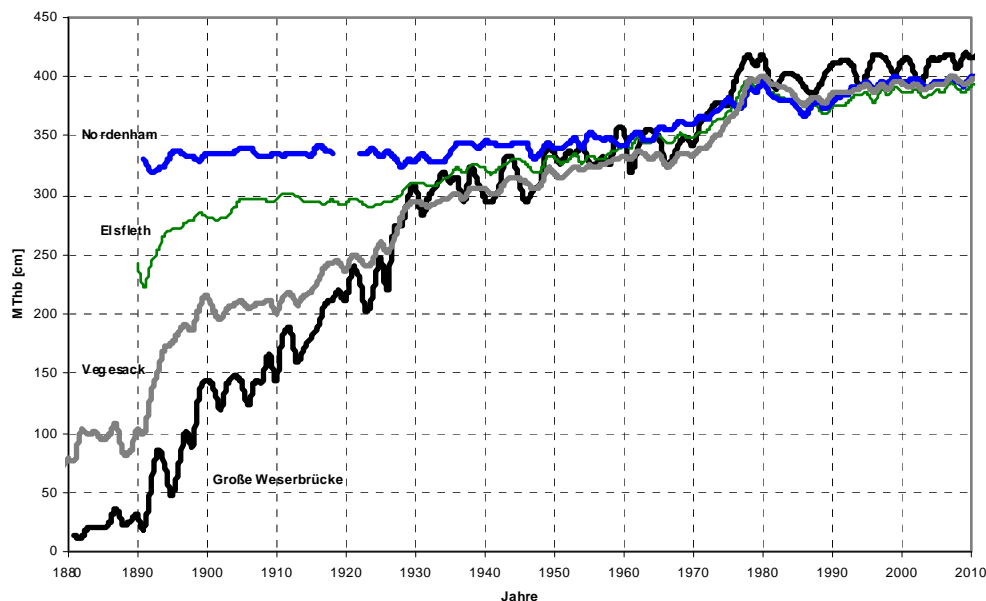


**Abbildung 3.2-3: Hydrologischer Längsschnitt des Tidebereichs der Weser für das gewässerkundliche Jahr 2010 (rot) sowie die 10-jährigen Mittelwerte 2001 - 2010 (gestrichelt) (WSA Bremen und WSA Bremerhaven)**

Das  $MThw_{2010}$  steigt vom Leuchtturm Alte Weser nahezu kontinuierlich an. Die Wasserstands-differenz beträgt zum Pegel Weserwehr UW 125 cm. Das  $MTnw_{2010}$  fällt von Leuchtturm Alte Weser bis zum Pegel Nordenham um 56 cm ebenfalls kontinuierlich ab. Im Bereich der Pegel Nordenham bis einschließlich Elsfleth steigt es wieder um 41 cm an und bleibt dann bis zum Pegel Weserwehr auf einer Höhe von 333 - 339 cm. Der größte Tidehub im gewässerkundlichen Jahr ( $Thb_{2010}$ ) mit rund 415 cm befindet sich im Bereich der Pegel Oslebshausen und Bremen Große Weserbrücke. Am Pegel Nordenham ist der  $Thb_{2010}$  im gewässerkundlichen Jahr 400 cm. Über weite Bereiche vom Pegel Bremerhaven Alter Leuchtturm bis zum Pegel Vegesack ist der Tidehub in einer Größenordnung von rd. 380 bis über 390 cm. Nur im Außenbereich von Bremerhaven seewärts ist er rd. 350 und fällt auf 286 am Leuchtturm Alte Weser. Der Verlauf der 10-jährige Datenreihen ist nahezu gleich. Sowohl die Niedrigwasserwerte als auch für den Hochwasserbereich die  $MThw_{2001-2010}$  liegen geringfügig über den Werten des Jahres 2010. Diese geringen Differenzen spiegeln die natürliche Variabilität der ablaufenden Prozesse wieder.

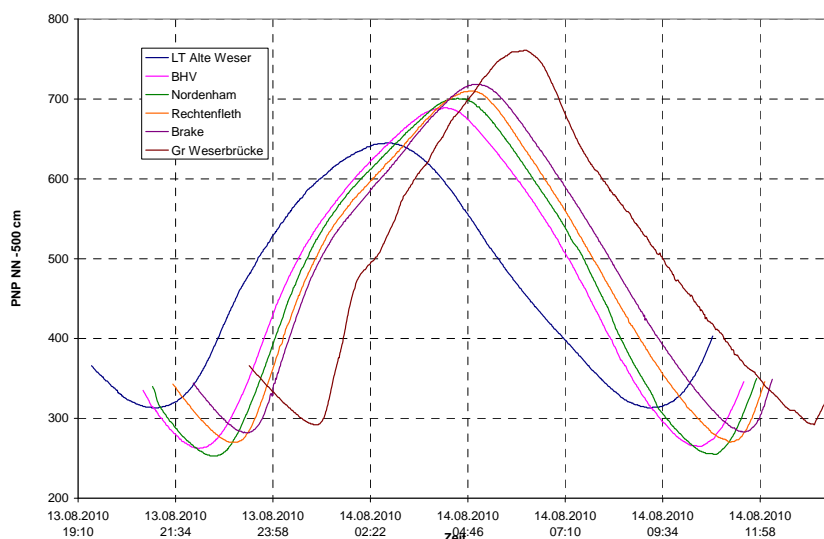
Oberhalb des Pegels Elsfleth mündet die Hunte in die Unterweser. Der Tideeinfluss reicht bis zum Wasserkraftwerk am Küstenkanal in Oldenburg (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Die tidebeeinflussten Wasserstände werden an den Pegeln Elsfleth Ohrt, Huntebrück, Buttelerhörne, Hollersiel, Reithörne und Oldenburg-Drielake gemessen und erfasst. Die mittleren Tidehochwasserstände der 10-jährigen Reihe (2001 - 2010) fallen vom Pegel Elsfleth Ohrt von 723 cm kontinuierlich auf eine Höhe von 708 cm am Pegel Hollersiel und steigen danach bis zur Tidegrenze in Oldenburg-Drielake auf 725 cm. Die dazugehörigen  $MTnw_{2001-2010}$  steigen dagegen von 339 cm kontinuierlich auf einen Wert von 459 cm am Pegel Oldenburg-Drielake. Daraus ergibt sich ein mittlerer Tidehub an der Huntemündung von 384 cm, welcher sich bis zur Tidegrenze um 118 cm verringert und somit einen Tidehub von 266 cm erreicht. Wie bei allen Tidegewässern wird durch Reibung und Reflexion die Tidekurve verformt. Sind die mittleren Flut- und Ebbedauern am Pegel Elsfleth Ohrt mit 5:39 h für die Flut und 6:46 h für die Ebbe zu verzeichnen, so ändern sich die Werte am Pegel Oldenburg-Drielake auf 5:01 h und 7:24 h für die Flut- und Ebbedauer.

Neben natürlichen Einflüssen tragen wasserbauliche Maßnahmen wie z. B. die Vertiefung der Fahrinne und die Gestaltung der Häfen über Modifikationen der Gewässer-geometrie zu Änderungen der Wasserstände bei. In der vergangenen Zeit wurde die Tideweser zum einen mehrfach ausgebaut. Zum anderen wurden in der Vergangenheit erhebliche Sandmengen für den Deich- und für den Autobahnbau entnommen. Zusätzlich wurde die Tidedynamik durch den Bau des Weserwehres verändert. Dies spiegelt sich wider in einem Anstieg der mittleren jährlichen Tidehochwasserstände ( $MThw$ ), einem Absinken der mittleren jährlichen ( $MTnw$ ) und dem daraus resultierenden größeren Tidehub ( $MThb$ ). Insbesondere der Tidehub stromauf von Brake ist seit Beginn dieses Prozesses sehr stark angestiegen. Die graphische Darstellung des Tidehubs bei Bremen in Abbildung 3.2-4 belegt dies. Betrag der Tidehub an der Weserbrücke vor dem Jahr 1887 nur wenige Dezimeter, so stieg er durch verschiedene Maßnahmen an. Seit 1980 ist er nahezu unverändert in der Größenordnung von über 400 cm.



**Abbildung 3.2-4: Entwicklung des Tidehubes an den Pegeln Nordenham, Elsfleth, Vegesack und Große Weserbrücke von 1881/91 bis 2011 (Daten: WSÄ Bremen und Bremerhaven)**

Tidewasserstände unterliegen ebenso wie Oberwasserabflüsse jahreszeitlichen und mehrjährigen Schwankungen. Hinzu kommt die Asymmetrie der von See her ohnehin leicht asymmetrisch verformt einlaufenden Tidewelle, welche sich infolge der Reibung flussaufwärts verstärkt. Die asymmetrische Verformung zeichnet sich aus durch eine kürzere Flutdauer gegenüber der Ebbdauer, welche Veränderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten mit sich bringen. Die asymmetrische Verformung der Tidekurve wird begleitet von einer Kenterpunktverschiebung mit der daraus resultierenden Flut- und Ebbestromdauer. Die Kenterpunktverschiebung sowie die Asymmetrie der Tidekurve nimmt wie erwähnt stromaufwärts, bedingt durch die Energieumwandlung und zunehmenden Oberwassereinfluss, zu.



**Abbildung 3.2-5: Verlauf der Tidekurve vom Leuchtturm Alte Weser bis zur Großen Weserbrücke am Beispiel der Tide vom 14.08.2010 (WSÄ Bremen und Bremerhaven)**

Die Tide reicht bis in die Nebengewässer und wird am Weserwehr in Bremen Hemelingen reflektiert. Die Tidewelle durchläuft das 115 km lange Ästuar in knapp drei Stunden (Hennig 2010).

### Strömungsverhältnisse

Die bereits erwähnte Asymmetrie der einschwingenden Tidekurve und ihre flussaufwärts zunehmende Verformung gehen einher mit den Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten sowie den gesamten Strömungsverhältnissen in der Unter- und Außenweser. Die Tide ist somit das bestimmende Merkmal für die Strömungsgeschwindigkeiten. Stromaufwärts in der Unterweser wird zunehmend der Einfluss des Oberwassers deutlich. Die Strömungsverhältnisse geben ein ständig wechselndes Bild, dessen Beschreibung auf einige wenige charakteristische Kenngrößen beschränkt bleiben muss. Von den zuständigen Wasser- und Schifffahrtsämtern werden in bestimmten Abständen Strömungsmessungen durchgeführt. Im Folgenden werden einige Ergebnisse dieser Messungen genannt, um einen groben Überblick über die Strömungsverhältnisse mit ihren Geschwindigkeiten zu gewinnen. Die maximalen Flutstromgeschwindigkeiten liegen bei km 65 bei etwa 130 cm/s und bei km 40,4 bei rd. 100 cm/s. Im dazwischen liegenden Bereich erreichen sie die Größenordnung von 115 - 120 cm/s. Demgegenüber stehen die um ca. 20 % größeren maximalen Ebbestromgeschwindigkeiten von 160 cm/s bei km 65 und 120 cm/s bei km 40,375. Auf 135 - 140 cm/s belaufen sich die maximalen Ebbestromgeschwindigkeiten im Bereich zwischen Weser-km 40 bis 65. Infolge von unterschiedlichen Tide- und Windverhältnissen können die oben genannten Werte um 10 - 20 % schwanken, was für weitere Auswertungen und Bewertungen zu berücksichtigen ist. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Geschwindigkeitsverteilung über den jeweils betrachteten Querschnitt nicht gleichmäßig ist, sondern im Querschnitt selbst sowie mit der Zeit variiert.

Besondere Variabilität geht wie erwähnt einher mit dem Tidegang in der Flut- und Ebbe- phase. Bei diesen Fließvorgängen der ein- und ausströmenden Tide und dem zeitlich variablen Oberwasserabfluss herrschen unterschiedliche Strömungsvorgänge und Fließgeschwindigkeit entlang der Flussachse. Der verkürzte Flutast führt zwangsläufig zu rasch ansteigenden hohen Geschwindigkeiten, besonders im ersten Drittel des Flutastes. Diese nehmen mit Erreichen des Tidehochwassers (Thw) ab und fallen beim Flutstromkenterpunkt auf Null. Zu erwähnen ist noch, dass die Kenterung des Stromes nicht gleichmäßig über den Fließquerschnitt verteilt, sondern entsprechend den örtlichen Gegebenheiten ungleich eintritt (insbes. kentert die Strömung in der tieferen Rinne später als in den flacheren Randbereichen). Zusätzliche Einflussgrößen auf die Strömung sind Änderungen der Tiefe, Querbauwerke, Leitdämme, Einschnürungen, Flussbiegungen um nur einige zu nennen.

Hinzu kommt der Einfluss von Salzgehalt und somit Dichtegradienten, welche einen zusätzlichen Einfluss auf das Strömungsgeschehen haben.

In der Tideweser herrschen - wie in allen Flüssen, Küstengewässern und Ozeanen - nahezu immer turbulente Fließvorgänge vor, d.h. die einzelnen Wasserteilchen bewegen sich vollkommen ungeordnet während des Fließvorganges (und nicht in Stromfäden bzw. parallel

zueinander wie bei laminarer Fließbewegung). Turbulenzen tragen entscheidend zur Bewegung und Transport von Sedimenten bei.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass komplexe Strömungs- und Turbulenzstrukturen vorherrschen. Die Komplexität der hydrodynamischen Verhältnisse im Weserästuar zeigt sich auch darin, dass in der Literatur die Tideweser unterschiedlich als ebbestromdominant, als flutstromdominant oder mit einer heterogenen Verteilung der Ebbe- bzw. Flutstromdominanz beschrieben wird (BfG 2011b, Hennig 2010, Kösters 2010, Schrottke et al. 2006, BAW 2006, Schubert & Rahlf 2003, Wienberg 2003).

### **3.2.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP**

Zur Anpassung der Fahrrinne an die Entwicklung der Seeschiffe wurde die Tideweser mehrfach ausgebaut. Dies spiegelt sich besonders in der Entwicklung des Tidehubes wieder. Besonders ausgeprägt ist die Erhöhung des Tidehubes in der Unterweser, besonders markant im Stadtgebiet von Bremen. Durch die verschiedenen Ausbaumaßnahmen wurde das mittlere Tideniedrigwasser abgesenkt, gleichzeitig erfolgt eine Erhöhung des mittleren Tidehochwassers, was wiederum zur bereits genannten Erhöhung des Tidehubes führte. Damit verbunden sind auch Verluste von Flachwasserzonen. Einhergehend mit den veränderten Wasserständen konzentrierte sich der Flut- und Ebbestrom auf die Fahrrinne. Hiermit verbunden sind Veränderungen der Fließgeschwindigkeiten, welche ebenfalls in der Unterweser ausgeprägter sind als in der Außenweser. Diese Auswirkungen betreffen auch die Nebengewässer. Somit wird gemäß IBP Weser (Fachbeitrag „Natura 2000“, KÜFOG 2011) die Außenweser aus hydrologischer Sicht mit B („gute Ausprägung“), die Unterweser und die Nebenarme und -gewässer mit C („mittlere bis schlechte Ausprägung“) bewertet.

Die Nutzung der Tideweser durch die Schifffahrt bedingt eine andauernde Überprägung des morphologischen und damit auch hydrologischen Systems der Tideweser. Diese Überprägung trug zu einem beträchtlichen Teil dazu bei, dass die Wasserkörper „Übergangsgewässer“ und „Ströme der Marschen“ als erheblich veränderte Wasserkörper eingestuft wurden. Insofern stehen diese Überprägungen dem Erreichen des guten ökologischen Zustandes im Wege. Aber auch das gute ökologische Potential und damit die Ziele des Bewirtschaftungsplanes (FGG Weser 2009a) erscheinen im ersten Bewirtschaftungszyklus bis 2015 aus verschiedenen Gründen nicht erreichbar.

## **3.3 Hydromorphologie**

### **3.3.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands**

Die Tideweser ist ein typisches Flachküstenästuar, das sich trichterförmig nach Nordwesten hin öffnet und vor allem im äußeren Bereich durch zahlreiche verzweigte Rinnen gekenn-

zeichnet ist. Ein besonderes Kennzeichen des hydrologisch-morphologischen Systems ist seine große selbstregulierende Dynamik (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006, KÜFOG 2011).

Seit dem 19. Jahrhundert wurde die Tideweser mehrfach ausgebaut und gehört inzwischen zu den wichtigsten deutschen Seewasserstraßen. Ausführliche Beschreibungen der historischen Entwicklung sind z.B. in Hennig (2010), Lange et al. (2008), GfL, Bioconsult & KÜFOG (2006), Schubert & Rahlf (2003) oder Wienberg (2003) zu finden. Durch Strombaumaßnahmen und Unterhaltungsbaggerung wird die Fahrrinne in den erforderlichen Abmessungen aufrecht erhalten.

Die Unterweser (km - 4 beim Weserwehr in Bremen Hemelingen bis km 65) und die Außenweser (km 65 bis km 130) sind in ihrer morphologischen Gestalt grundsätzlich zu unterscheiden. Die Unterweser lässt sich des Weiteren in drei Bereiche einteilen, die sich durch unterschiedliche hydraulische und sedimentologische Vorgänge charakterisieren lassen. Dazu gehören die sogenannte „Transportkörperstrecke“ zwischen km 18 - 54, die Schlickstrecke zwischen km 55 - 58 und der Blexer Bogen zwischen km 62 - 65 (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Die Trübungszone befindet sich in Abhängigkeit der Tide und des Oberwasserabflusses zwischen km 45 (Sandstedt) und km 75 (Langlütjen Nordsteert) (Schuchardt & Schirmer 1991, BAW 2006, KÜFOG 2011, vgl. auch Kapitel 3.4.1 und 3.8).

## **Außenweser**

### Gewässergeometrie

Die Außenweser öffnet sich trichterförmig nach Nordwesten und ist durch große Wattflächen und zwei parallel laufende Rinnen (Wurster Arm und Fedderwarder Fahrwasser) gekennzeichnet. Bezogen auf die Gesamtfläche der Außenweser zwischen km 65 und km 85 beträgt der Flächenanteil der Fahrrinne 2,6 %, den größten Flächenanteil nehmen Wattflächen mit ca. 72 % ein (KÜFOG 2011). Die Fahrrinne (Neue Weser, Hohewegrinne und Fedderwarder Fahrwasser) wird durch Strombauwerke (zwischen km 68 - 91) stabil gehalten, ca. 17 % der Fahrinnenfläche werden regelmäßig unterhalten.

Von km 90 bis km 126 beträgt die Fahrinnenbreite ca. 300 m und weist eine Solltiefe von 14,6 m unter SKN auf. Stromauf von km 90 bis km 68 (Bremerhaven) beträgt die Fahrinnenbreite 220 m mit einer Tiefe zwischen 13,95 m und 14,6 m unter SKN. Im Wurster Arm liegen die Wassertiefen zwischen 8 m und 18 m, in der Robinsbalje zwischen 8 m und 16 m. Eine Übersicht weiterer morphologischer und abiotischer Parameter sind im Fachbeitrag „Natura 2000“ zum Integrierten Bewirtschaftungsplan dargestellt (KÜFOG 2011, Tabelle 24).

### Beschaffenheit Gewässerbett

Flachwasserbereiche treten vor allem in den Wattrinnen und an der Tegeler Plate und der Robbenplate auf und sind pro Tide größtenteils über 5 Stunden mit Wasser bedeckt (Lange 2004, GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Eine sehr hohe Dynamik mit morphologischen Verlagerungen ist vor allem in den nicht festgelegten Hauptrinnen (außerhalb der Fahrrinne)

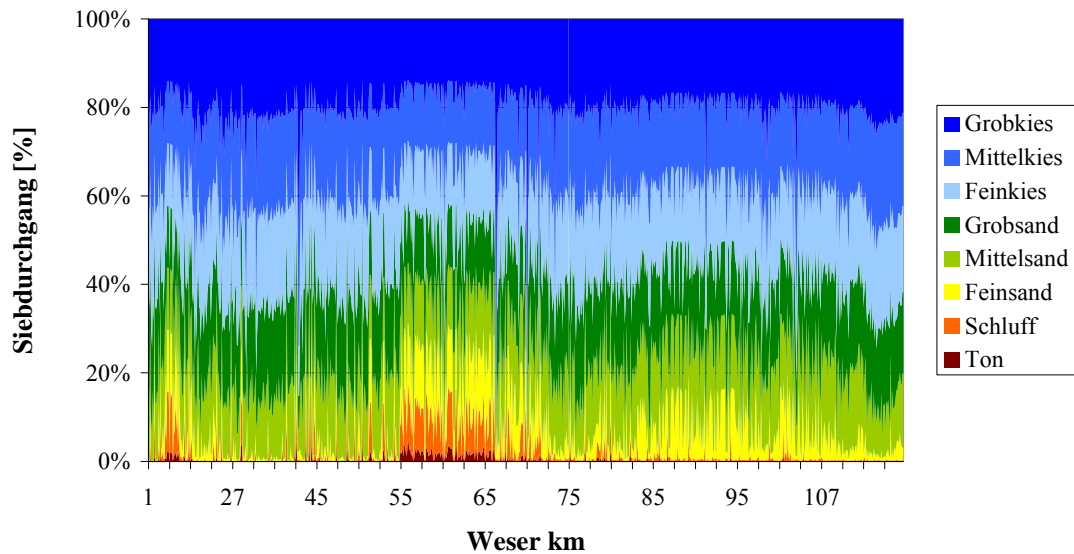
und Nebenrinnen vorhanden. Im Bereich Fedderwarder Priel - Langlütjensand treten Rinnenverlagerungen mit Geschwindigkeit zwischen 50 - 100 m/Jahr auf (Hennig 2010, Lange et al. 2008, GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Digitale Geländemodelle basierend auf Vermessungsdaten aus den Jahren 1996 bis 2007 zeigen Höhenänderungen +/- 10 m infolge von Rinnenverlagerungen (WSA Bremerhaven 2010) (vgl. auch Kapitel 3.8).

Zwischen km 96 - 100 sowie zwischen km 111 - 118 befinden sich Transportkörperstrecken. Nach Untersuchungen von Wienberg (2003) und des WSA Bremerhaven (WSA Bremerhaven 1999) besitzen die Transportkörper eine Höhe von bis zu 6 m und einen Kuppenabstand zwischen 60 m und 500 m.

#### Feststofftransportverhältnisse/Sohlsubstrate

Der Sedimenttransport steht in Wechselwirkung mit den hydrodynamischen und morphologischen Randbedingungen. Der Sedimenteintrag und -austrag erfolgt über das Oberwasser der Weser und im Mündungsgebiet aus dem Küstenlängstransport von West nach Ost. Der innere Bereich der Außenweser (km 65 - 72) ist durch einen vielfältigen Substratwechsel, vor allem am westlichen Fahrrinnenrand, gekennzeichnet (KÜFOG & OSAE 2006) (vgl. Kapitel 3.8). Neben Beimengungen von Schluff sind z. T. im kleinräumigen Wechsel, Mergel, Feinsand, Grobsand, Muschelbruch, Torf und Steinfelder vorzufinden. Im restlichen Bereich der Außenweser dominieren Sandfraktionen. Östlich des Fahrwassers liegen parallel zu den Stromkajen vor allem Fein- und Grobsande. Im Hafengebiet von Bremerhaven prägen Kornfraktionen < 0,063 mm (Schluff und Ton) mit einem Gewichtsanteil von durchschnittlich 30 - 40 % das Sediment. Die mittleren Korndurchmesser  $d_m$  zahlreicher Sohlproben im Fahrrinnenbereich der Außenweser variieren zwischen 0,004 mm (Feinschluff) und 11,4 mm (Mittelkies). Der äußere Bereich zwischen Robbenplate und Mellum (km 83 - 103) ist im Wesentlichen von sandigen Elementen geprägt. In den tiefen, rinnennahen Bereichen dominiert Feinsand, in den seitlichen und flacheren Abschnitten Grobsand. Der mittlere Korndurchmesser  $d_m$  für den Fahrrinnenbereich der Außenweser beträgt 0,5 mm (Mittelsand) (Daten WSA Bremerhaven, KÜFOG 2011, GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006, BAW 2006, Schrottke et al. 2005). Abbildung 3.3-1 gibt einen Überblick über die Korngrößenverteilung der Weser im Längsschnitt.

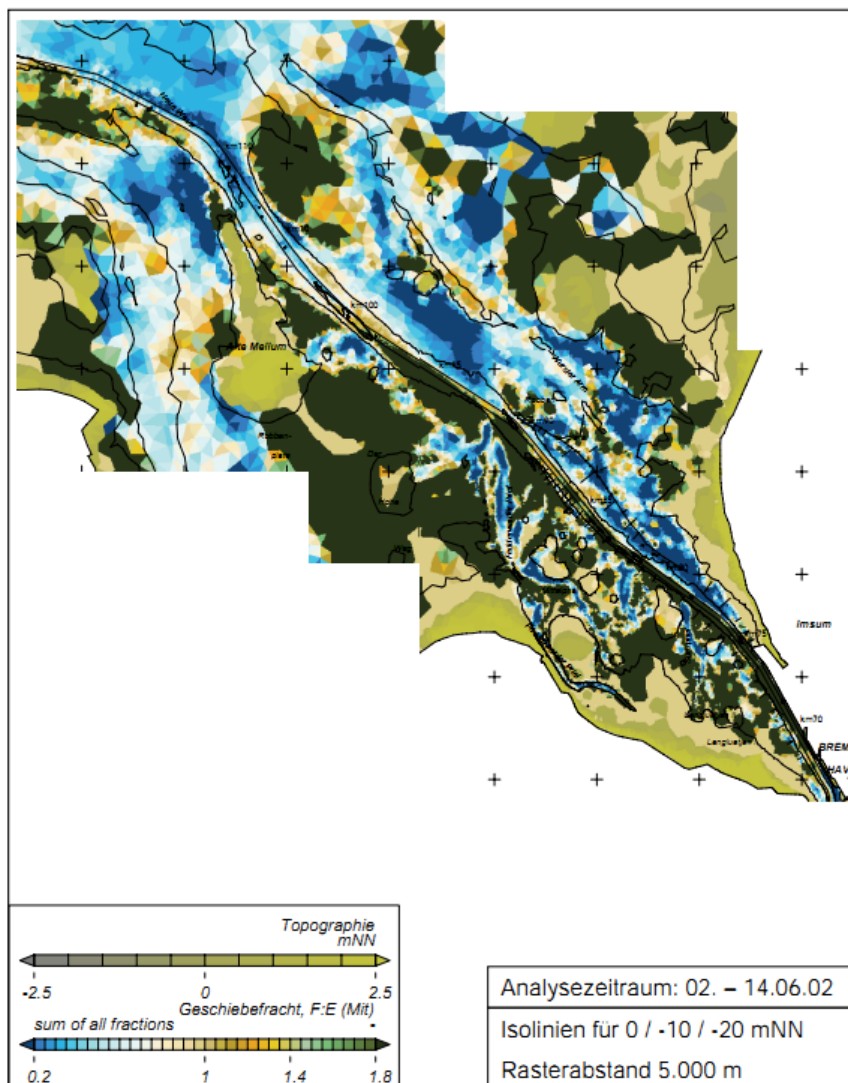
## Korngrößenverteilung



**Abbildung 3.3-1: Korngrößenverteilung der Weser in der Fahrgraben  
(Daten: WSA Bremerhaven)**

Nach Wienberg (2003) und dem WSA Bremerhaven (1996) ist aufgrund einer Ebbestromdominanz insgesamt ein leichter seewärts gerichteter residueller Sedimenttransport vorhanden. Neuere Untersuchungen der BAW mit 2D- und 3D-HN-Modellen (2006) bestätigen diese Annahme für den Bereich der tiefen Rinne stromab km 100. Die Geschiebefrachten konzentrieren sich auf die tiefen Rinnen der Neuen Weser (Hauptfahrwasser) und Alten Weser (Nebefahrwasser). Stromauf km 100 bilden sich im Hauptfahrwasser (Neue Weser, Hohewegrinne und Fedderwarder Fahrwasser) für beide Tidephasen Transportbänder aus, die bis zum Containerterminal Bremerhaven reichen. Im westlichen Streifen der Fahrgraben sowie auf den westlich der Fahrgraben gelegenen Wattgebieten ist die mit dem Flutstrom transportierte Geschiebefracht größer als die mit Ebbestrom transportierte Geschiebefracht. Im östlichen Streifen ist dagegen die mit dem Ebbestrom transportierte Geschiebefracht größer als die mit dem Flutstrom transportierte Geschiebefracht. Insgesamt ist stromauf von km 100 bis ca. km 88 der residuelle Sedimenttransport in Flutstromrichtung orientiert. In der inneren Außenweser (km 65 - 90) zeigt sich nach den Modellergebnissen der BAW (2006) eine unterschiedliche Verteilung von Geschiebefrachtbändern (vgl. Abbildung 3.3-2). Geschützt durch die Leitwerke divergieren zwischen km 85 - 75 die Transportbänder von Flut- und Ebbestrom. Das Westufer der Rinne ist flutstromdominant, das Ostufer ebbestromdominant. Oberstrom von km 75 dominiert ein flutstromgerichtetes Transportband, die Geschiebefracht während des Ebbestroms ist verhältnismäßig gering. Übersichtsgrafiken sowie eine ausführlichere Beschreibung zum Geschiebetransport sind im Gutachten zur ausbaubedingten Änderung zu Transportprozessen und Morphodynamik zu finden (Schubert & Rahlf 2003, BAW 2006).





**Abbildung 3.3-2: Verhältnis des mittleren Geschiebetransport mit dem Flutstrom zum mittleren Geschiebetransport mit dem Ebbestrom (F:E), Summe aller Fraktionen (BAW 2006)**

Der residuelle Suspensionstransport ist entsprechend den Untersuchungen der BAW (2006) auf den Watten westlich der Fahrrinne und im westlichen Streifen der Fahrrinne ebenso in Flutstromrichtung und im östlichen Streifen in Ebbestromrichtung gerichtet. Im Abschnitt der Containerkajen Bremerhaven (ca. km 66 - 75) ist der residuelle Suspensionstransport (v. a. Mittelschluff) bei Ebbestrom größer als bei Flutstrom. Im Bereich der Containerkaje Bremerhaven ergibt sich damit eine Gesamtbilanz der Sedimenttransporte, die durch einen Geschiebeeintrag aus der Außenweser und einen Austrag von suspendierten Sedimenten aus dem Blexer Bogen gekennzeichnet ist (BAW 2006).

Dauermessungen und großräumige Informationen zur Schwebstoffkonzentration in der Außenweser sind zurzeit nicht verfügbar. Weitere Informationen zu Trübung und Schwebstoffgehalten sind in Kapitel 3.8 dargestellt.

## Ufer und Wattflächen

Insgesamt sind 25,2 km der Ufer der Außenweser verbaut, dies entspricht einem Uferverbau von 66 % der gesamten Uferlänge (Stand 2005). Sommerdeiche, Lahnungen, Deckwerke und Bühnen sind zur Ufersicherung vorhanden. Am westlichen Ufer ist das Vorland breiter als am östlichen Ufer. Die Deiche bilden eine deutliche Begrenzung zu den binnendeichs anschließenden Marschen. Als künstliche Inseln liegen die Felseninseln Langlütjen I und II auf dem Langlütjensand (KÜFOG 2011). Die Außenweser ist durch große Wattflächen gekennzeichnet, insgesamt umfasst das Wateinzugsgebiet der Weser eine Fläche von ca. 50.000 ha. Die Watten erheben sich bis zu 2,5 m über SKN (alt) und werden über ein System von bis zu 16 m unter SKN (alt) tiefen Baljen und Prielen be- und entwässert, deren größte der Fedderwar-der Priel, die Robinsbalje und der Norder-/Ostertill sind. Sandwatt nimmt in der Außenweser den weitaus größten Teil ein. Misch- und Schlickwatt sind vor allem in Ufernähe ausgebildet. Die größte Ausdehnung erreicht das Schlickwatt vor der Butjadinger Küste (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006).

Ein Flächenvergleich der Jahre 1860, 1960 und 2000 ergab in der äußeren Außenweser (stromab ca. km 84) einen Rückgang der Flächen im Eulitoral um ca. 18 % und einen Zunahme der Flächen im Sublitoral um ca. 5 %. 17,5 % der sublitoralen Flächen sind Flachwasserbereiche (Stand 2000). Im Bereich der inneren Außenweser nahmen die eulitoralen Flächen dagegen um ca. 13 % zu und die sublitoralen Bereiche um ca. 36 % ab. Der Anteil der Flachwasserbereiche der sublitoralen Flächen betrug im Jahr 2000 ca. 34 % (Elsebach et al. 2006).

Im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen wurden in den letzten Jahren verschiedene Maßnahmen u. a. an der Wurster Küste umgesetzt, um die ästuarine Charakteristik zu fördern und die hydromorphologische Qualität lokal zu verbessern (KÜFOG 2011, TIDE online).

## **Unterweser**

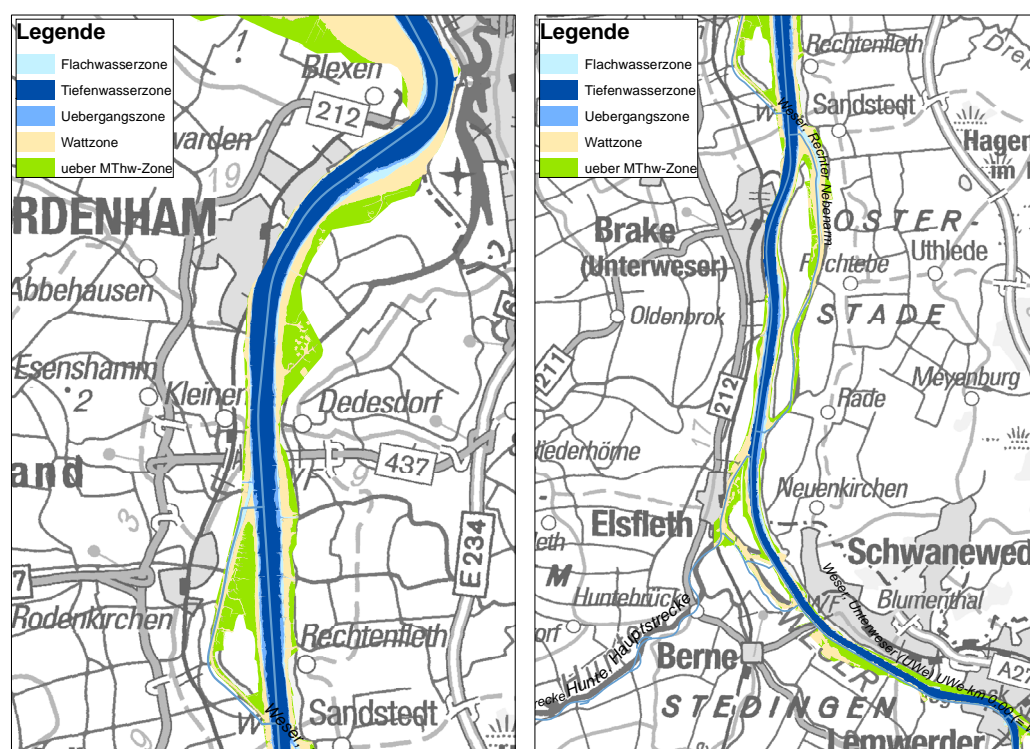
### Gewässergeometrie

Die Gewässerstruktur der limnischen Unterweser (km 5 - 40) wurde auf ca. 40 % mit Klasse 6 (sehr stark verändert), auf ca. 60 % mit Klasse 7 (vollständig verändert) bewertet (KÜFOG 2011 unter Bezug auf die FGG Weser). Die restliche Unterweser wurde als stark verändert (Klasse 5) und sehr stark verändert (Klasse 6) eingestuft (FGG Weser 2005 - Karte 3.2.5.7). Für den rechten Nebenarm wurde die Gewässerstruktur besser, mit Stufe 3 (mäßig verändert) bewertet. Die schlechte Bewertung resultiert u. a. aus einem großen Anteil massiv befestigter Ufer in der Hauptrinne, die an der Unterweser insgesamt ca. 60 % betragen. Zwischen Weser-km 12 - 32 ist annähernd das gesamte rechte Ufer der Fahrtrinne befestigt. Am linken Ufer finden sich zwischen km 23,5 und km 40 verbreitet Sandstrände (vgl. Kap. 2.7.3). In den Nebenarmen ist der Anteil der befestigten Ufer deutlich geringer als in der Hauptrinne (NLWKN & SUBV 2012).

Entsprechend der Nutzung als Großschifffahrtsweg ist die Unterweser durch Bühnen eingengt und stark vertieft. Strömungsberuhigte Seitenbereiche und Überschwemmungs-

flächen sind kaum vorhanden. Die Unterweser besitzt von km 6 - 40 eine Fahrrinnenbreite von 150 m und eine Tiefe von 9,1 bis 9,6 m unter SKN. Zwischen km 40 - 68 besitzt die Fahrrinne eine Breite von 200 m und eine Tiefe von 9,1 - 11 m unter SKN (km 40 - 58) bzw. 11 - 13,9 m unter SKN (km 58 - 68). In der ursprünglich durch Sandbänke und kleine Inseln geprägten Unterweser sind heute nur noch einzelne langgestreckte Inseln und Nebenarme vorhanden (Strohauser Plate mit Schweiburg, Harriersand mit Rechtem Nebenarm, Rönnebecker Sand und Warflether Sand mit Westergate und Warflether Priel). Aufgrund der geringen Durchströmung weisen die Nebenarme Verlandungstendenzen auf (BfG 2002, GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006, BAW 2006, KÜFOG 2011, NLWKN & SUBV 2012).

Etwas größere Flachwasserbereiche befinden sich in den Mündungsbereichen der Nebenarme. Die Flachwasserbereiche entlang des Hauptarmes sind in ihrer lateralen Ausdehnung meist sehr schmal (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Große Teile des Rechten Nebenarmes fallen bei Tideniedrigwasser trocken. Auch die limnischen Nebenarme Westergate, Rekumer Loch und Woltjenloch werden bei Niedrigwasser nicht mehr durchflossen. Abbildung 3.3-3 zeigt überblicksweise die Verteilung der verschiedenen morphologischen Zonen, Flachwasserzonen etc. in der Unterweser.



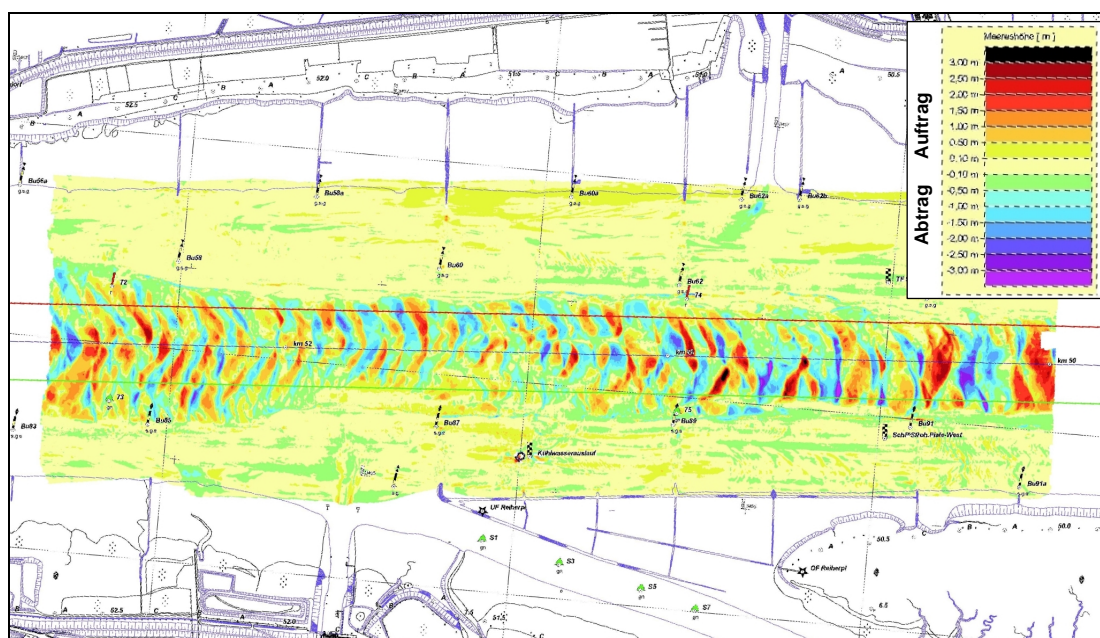
**Abbildung 3.3-3: Morphologische Zonen (Flachwasserbereiche, Tiefenwasserbereiche etc.) in der Unterweser**

#### Beschaffenheit Gewässerbett

Die Soilmorphologie der Unterweser ist insgesamt durch einen Wechsel von ebenen Bereichen und subaquatischen Dünenfeldern mit unterschiedlicher Geometrie gekennzeichnet. Teilweise ist sie durch Baggerungen überprägt. Die Bereiche mit subaquatischen Dünen überwiegen. Untersuchungen im Bereich der Trübungszone (km 45 - 75) ergaben eine durch-

schnittliche Größe der Dünen von 2 - 3 m Höhe und 50 m Länge. Maximal wurden Dünen mit bis zu 6 m Höhe und 150 m Länge gefunden (Schrottke et al. 2005, 2006). Die Transportkörperstrecke ist durch eine hohe Morphodynamik mit sich umlagernden Sedimenten gekennzeichnet. In diesem Gewässerabschnitt bilden von kleineren Riffeln überlagerte subaquatische Dünen die charakteristische Sohlform der Unterweser. In Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss wachsen diese zu standortspezifischen Höhen an oder werden bei hohen Abflüssen erodiert (Piechotta 2011, WSA Bremen 2012). Die Mobilität der subaquatischen Dünen zeigt sich in einem in Abbildung 3.3-4 dargestellten Differenzenraster für die Jahre 2005 und 2006 für km 50 bis km 52,5.

Nach Nasner (Institut für Wasserbau 2006) wurden vor dem 9-m-Ausbau (ab 1973) messbare Riffelstrecken lediglich zwischen km 40 - 45 gefunden. Die Entstehung der Transportkörper in der aktuellen Dimension ist auf verschiedene Ursachen (veränderte hydraulische Bedingungen, veränderte Sedimentzusammensetzung etc.) zurückzuführen; sie ist unumkehrbar und somit Teil des Leitbildes.



**Abbildung 3.3-4: Differenzenraster für die Jahre 2005 und 2006 für km 50 bis km 52,5 der Weser (WSA Bremerhaven)**

Zur Unterhaltung der Fahrrinne werden die Transportkörperkuppen seit etwa Mitte 2003 durch Wasserinjektionen mobilisiert und so in die Riffeltäler verlagert. Das Aufwachsen der Sohlformen setzt im Anschluss an die Sohlbaggerung wieder ein, so haben die Dünenkuppen nach einigen Wochen das alte Niveau wieder erreicht (BfG 2011b, WSA Bremen 2012). Generelle Änderungen der Höhenlagen der Riffeltäler sind im Zeitraum von 1999 - 2008 nicht zu erkennen (WSA Bremerhaven 2010).

#### Feststofftransportverhältnisse/Sohlsubstrate

Nach Untersuchungen von Schrottke et al. (2005) ist in der Unterweser ebenfalls eine heterogene und dynamische Verteilung von Oberflächensedimenten und Sohlformen zu finden. Das Sedimentspektrum reicht von Schlick über Kies- bis zu Geröllablagerungen und geringen

Vorkommen von anstehendem Torf und Geschiebemergel bzw. -lehm. Stromauf von Weser- km 56 dominieren Sandfraktionen (vgl. Abbildung 3.3-1). Partiiell wurden Schlickablagerungen mit variierender Konsistenz von hoch viskos bis stark drainiert im gesamten Untersuchungsgebiet angetroffen. Im Bereich der Trübungszone sind zwischen Nordenham und Bremerhaven (km 58 - 65) flächenhafte Ausdehnungen von Schlickablagerungen vorhanden, die eine hohe räumliche und zeitliche Variabilität aufweisen. Stärker konsolidierte und geschichtete Schlickablagerungen, die sich als beständig gegenüber dem tideinduzierten Strömungen zeigten, werden von zyklisch auftretenden „frischen“ Schlickablagerungen überdeckt. Diese finden im Wesentlichen während der Stauwasserzeiten statt und werden mit dem Flut- bzw. Ebbestrom weitgehend wieder remobilisiert. Untersuchungen von Schrottke et al. (2006) zeigten, dass diese Schlickablagerungen sowohl an verschiedenen Stellen auftreten als auch zu keiner Zeit das komplette Trübungsmaximum betreffen (KÜFOG 2011, Hennig 2010, BAW 2006, Schrottke et al 2005, 2006). Die Bühnenfelder der Unterweser sind bis km 48,5 fast vollständig verschlickt (Schubert & Rahlf 2003).

Ein Wechsel von Ebbestrom- zu Flutstromdominanz in der Unterweser zeigt sich nach den Modellergebnissen der BAW (2006) nicht. Das Flutstromtransportband wird stromauf schwächer. Im Bereich der Fahrinne herrscht überwiegend Ebbestromdominanz vor. Daraus resultiert ein residueller Sedimenttransport stromab von Bremen bis zur Geestemündung in Bremerhaven. Stromaufwärts von km 18 sind die Ebbe- und Flutstromgeschiebefrachten etwa gleich groß (BAW 2006). Im Blexer Bogen (km 62 - 65) zeigt die Strömung ein sehr komplexes Bild. Das Netto-Ebbestrom-Geschiebefrachtband verspringt zwischen den Weserufern und folgt nicht mehr dem Verlauf der Fahrinne. Zwischen km 62 - 65 verläuft die Netto-Ebbestrom-Geschiebefracht nicht mehr am Ostufer wie in der Außenweser, sondern am Westufer. Das Transportband bei Flutstrom verläuft östlich. Die Strömungen sind durch eine Art Barre (natürliche quer zur Hauptströmungsrichtung unter MThw liegende Schwelle) getrennt. Von km 58 - 62 verläuft das Ebbestrom-Geschiebefrachtband weiter am Westufer (BAW 2006, GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Die Strömungsverhältnisse variieren zudem über die Tiefe mit einer tendenziellen Flutstromdominanz an der Sohle und einer Ebbestromdominanz in den oberen Wasserschichten. Aufgrund dieser hydromorphologischen Bedingungen existiert im Blexer Bogen zwischen km 63 - 65 ein hoher Unterhaltungsaufwand (im Zuge des geplanten Ausbaus wird hier durch eine Verschwenkung der Fahrinne in Bereiche mit größeren natürlichen Tiefen eine Optimierung angestrebt) (WSA Bremerhaven 2003a).

Zwischen km 55 - 58 befindet sich die sogenannte Schlickstrecke Nordenham. Durch die Sedimentation von Schwebstoffen aus der Trübungszone nehmen die Wassertiefen in diesem Bereich insgesamt ab und es bilden sich feinsandige Sedimente mit einem hohen Schluffanteil. Tiderhythmische Ablagerungen und Remobilisierung von Schwebstoffen in Form hochdynamischer Schlicke sind typisch. Während der Stauwasserzeiten kann lokal Fluid Mud entstehen, der jedoch unregelmäßig auftritt und in Neigung, Oberflächenrauheit und Dicke stark variiert (Schrottke et al. 2005, 2006). Die Sedimentzusammensetzung hat sich in der Vergangenheit teilweise verändert. So wurde für die Schlickstrecke Nordenham (km 55 - 58) zwischen 1983 und 1988 eine Abnahme der Schluffanteile und eine Zunahme v. a. der Mittelsande beobachtet. Gleichzeitig verlagerte sich die oberstrom liegende Grenze der Schlickstrecke ca. 1 km nach unterstrom von km 54 zu km 55 (GfL, Bioconsult & KÜFOG



2006). Zwischen Weser-km 55 - 58 zeigen tiefere Sedimenthorizonte (> 50 cm Tiefe) erhöhte Schadstoffbelastungen. Dies lässt auf stabile ältere Ablagerungen schließen, die vermutlich Ende der 1980er Jahre stattfanden (BfG 2006a).

Die Schwebstofftransportverhältnisse sind sehr komplex. Insgesamt sind zwischen km 44 - 51 ausgeprägte stromab gerichtete Nettotransporte von suspendiertem Material vorhanden. Stromauf schwächt sich der stromab gerichtete Transport ab. Bei geringen Oberwasserabflüssen kann dann für einzelne Kornfraktionen auch ein Nettostromauftransport stattfinden (BAW 2006) (vgl. auch Kapitel 3.8). Im Bereich der Trübungszone ist die höchste Schwebstoffkonzentration mit einem starken vertikalen Gradienten vorhanden. Die Schwebstoffkonzentration beträgt an der Sohle bis zu 1.500 mg/l und 400 mg/l oberflächennah. Bei Blexen ergaben Langzeitmessungen eine Schwebstoffkonzentration bis zu 2.000 mg/l in Sohlnähe in der Fahrrinne und etwa 800 mg/l in Sohlnähe außerhalb der Fahrrinne. Ganztidenmessungen an einzelnen Querprofilen im Sommer 2009 ergaben maximale Schwebstoffkonzentrationen zu Beginn und Mitte der Flutströmung. Bei Weser-km 62,5 wurden bis zu 9.000 mg/l (rechtes Ufer), bei Weser-km 55,8 bis zu 11.000 mg/l (sohlnah) und bei Weser-km 47 (sohlnah, linkes Ufer) bis zu 13.000 mg/l gemessen. Während der Ebbeströmung waren die Schwebstoffkonzentrationen geringer. Bei Weser-km 55,8 wurden max. Konzentrationen von 800 mg/l während der Ebbeströmung ermittelt, bei Weser-km 47 600 mg/l (Aqua Vision 2009). Die mittlere Schwebstoffkonzentration am Pegel Intschede (Binnenweser ca. km 331) liegt im Vergleich dazu bei 32 mg/l (1997 - 2011).

Die Trübungszone verzögert den seewärtigen Transport bestimmter Schwebstofffraktionen, da sie partikelselektiv wirkt (Grabemann et al. 1997, KÜFOG 2011). Stromauf der Trübungszone sind die Schwebstoffkonzentrationen deutlich geringer. Zu einem deutlichen Austrag von Schwebstoffen aus dem System kommt es durch Sedimentation in den Häfen von Bremen, sowie in Nebenarmen und in Seitenbereichen und Flachwasserzonen (KÜFOG 2011, GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006, Schuchardt & Schirmer 1991). Bei Probennahmen im Jahr 2005 lagen die mittleren Korndurchmesser im rechten Nebenarm (km 33 - 44) zwischen 0,03 mm und 1,21 mm. Der Mittelwert aller Proben zeigte einen  $d_m$  von 0,08 mm. Im Vergleich dazu lag der, aus allen Proben in der Fahrrinne zwischen km 33 und 44 gemittelte  $d_m$  bei 12,95 mm. Im limnischen Bereich der Unterweser (Weserwehr bis ca. km 40 bei Brake) erreichen die Schwebstoffkonzentrationen im Durchschnitt 42 mg/l (Schuchardt et al. 1993) mit gering ausgeprägter tidaler Variabilität (Papenmeier et al. 2009).

An den drei Überlaufschwelen der Kleinensielier Plate (ca. km 55) ergaben Untersuchungen des WSA Bremerhaven Schwebstoffgehalte zwischen 60 und > 400 mg/l, die zu mehr als 40 % aus Fein- und Mittelschluffen bestehen. Der Eintrag von Schwebstoffen in die Flachwasserzonen, die im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen auf der linken Weserseite auf der Kleinensielier Plate, sowie auf der rechten Weserseite auf der Tegeler Plate angelegt wurden ist demnach groß und führt zu Verschlickung und Verlandung in den Flachwasserzonen (Buthmann 2002, Schirmer & Lange 2003). Zur Verminderung der Verlandungstendenzen wurden die Überlaufschwelen der Maßnahme Kleinensielier Plate 2005 erhöht. Die Ergebnisse einer limnologischen Untersuchungen 2007 (Lange, Droste & Meyerdirks 2008) lassen vermuten, dass diese Maßnahme erfolgreich war.

## Ufer und Wattflächen

Wattflächen sind an der Unterweser im Wesentlichen in Nebenarmen und Bühnenfeldern zu finden. Insgesamt konnte in den letzten Jahren eine Zunahme der Wattflächen beobachtet werden, die aus Verlandungstendenzen der Nebenarme sowie dem MTnw Absink der letzten Jahrzehnte resultiert. Die Wattflächen sind größtenteils dem Schlickwatt zuzuordnen und werden unterschiedlich lang überflutet. Vereinzelt sind Sandwatten und Mischwatten entlang des Hauptstromes aufzufinden. Auch die im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen angelegten tidebeeinflussten Vorlandgewässer weisen Schlickwatten auf (KÜFOG 2011, NLWKN & SUBV 2012, GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006).

Die Ufer im Bereich MThw entlang der Unterweser sind zu über 50 % befestigt bzw. überbaut (Schuchardt et al. 1993, KÜFOG 2011). In Siedlungs- und Hafenbereichen sowie am linken Weserufer dominieren Steinschüttungen und Spundwände sowie Bühnen in Querrichtung zur Uferlinie und bereichsweise Buschlahnungen längs der Uferlinie ca. 0,5 m oberhalb der MTnw-Linie. In unbebauten Bereichen und am rechten Ufer sind auch größere Abschnitte mit naturnahen bzw. nicht befestigten Ufern zu finden (Strände, Röhricht bzw. Uferabbrüche), die teilweise z. B. durch Strandvorspülungen unterhalten werden (vgl. Kap. 2.7.3). Auf der rechten Weserseite befinden sich der Rechte Nebenarm und die Flussinsel Harriersand. Die unbefestigten Ufer sind im Amtsbereich des WSA Bremen im Bereich der Tideniedrigwasserlinie häufig durch eine Fußsicherung auf Höhe des MTnw (Leitwerke oder Spundwände) stabilisiert. Der Vorlandbereich am linken und am rechten Ufer besitzt teilweise eine Breite von bis zu 1250 m. Am rechten Ufer und rings um die Strohauser Plate und Harriersand befinden sich zusätzlich Sommerdeiche. An einigen Stellen, z. B. der Luneplate wurden großflächige Kompensationsmaßnahmen umgesetzt mit dem Ziel, tidebeeinflusste Vorlandflächen in der Brackwasserzone zu schaffen.

Ein Flächenvergleich der Jahre 1860, 1960 und 2000 ergab im Sublitoral eine Flächenabnahme um 36 %, im Bereich des Eulitoral dagegen eine Flächenzunahme um 78 % (Elsebach et al. 2006). Die Zunahme der Flächen im Eulitoral ist im Wesentlichen auf den Ausbau der Weser (z. B. Eintiefung der Fahrinne) zurückzuführen und basiert u. a. auf der Abnahme der Flächen im Sublitoral insbesondere der Flachwasserbereiche (Elsebach et al. 2006).

## **Hunte von Oldenburg bis zur Mündung**

Die untere Hunte durchfließt ab Oldenburg Marsch- und Moorwiesen sowie -weiden, bis sie am nördlichen Stadtrand Elsfleths in die Weser mündet. Sturmfluten können im Mündungsbereich durch ein Sperrwerk zurückgehalten werden, der Tideeinfluss reicht bis zum Wasserkraftwerk am Küstenkanal in Oldenburg (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Die untere Hunte bildet die seewärtige Zufahrt zum Hafen Oldenburg sowie zusammen mit dem Küstenkanal die küstenparallele Binnenschiffsanbindung der Häfen an der Unter- und Mittelweser zu den Rhein- bzw. Rheinmündungshäfen. Der Ausbau der Hunte begann im 19. Jahrhundert und hatte u. a. eine Verkürzung des Gewässerlaufs von 35 km auf 22 km zwischen Oldenburg und Elsfleth sowie eine starke Vergrößerung des Tidenhubs und der Wassertiefe zur Folge (NLWKN & SUBV 2012; vgl. Kap. 2.8). Die Hunte ist dem Gewässertyp 22.2 „Flüsse der Marschen“ zugeordnet.

Die Gewässerstruktur der Unteren Hunte wird als stark bis vollständig, meist als sehr stark verändert eingestuft (FGG Weser 2005). Die untere Hunte ist kanalartig auf eine Tiefe bis 4 m unter SKN ausgebaut und besitzt ein Trapezprofil mit einer Sohlbreite von 28 m und einer Böschungsneigung von 1:3. Die Lage der Sollsohle wird durch Unterhaltungsbaggerungen gesichert. Um den Schiffsverkehr zu erleichtern, wurden die Kurven abgeflacht (vgl. Kap. 2.8). Eine Probennahmekampagne im September 2011 ergab, dass die Hunte im Wesentlichen sandiges Material mit einem geringen Feinkornanteil (Fraktion < 20 µm, 0,3 - 6,8 %) aufweist. Nur an einzelnen Positionen im Bereich Oldenburg und Elsfleth traten eher schluffige Sedimente mit einem Feinkornanteil zwischen 16,5 und 63,4 % auf. Alle Proben waren dunkel gefärbt, mit einem zum Teil modrigen Geruch (Stammerjohann 2012b).

Die Ufer der Hunte sind auf einer Strecke von 84 % der Gesamtuferlinie mit Steinschüttungen und stellenweise auch Spundwänden befestigt, ein Vorland kaum vorhanden. Die zufließenden Marschgewässer werden durch eine Deichlinie mit Mündungsbauwerken (Schöpfwerke mit Sielen) von der Tide-Hunte abgetrennt, sind jedoch bei freiem Sielzug tiderhythmisch für aquatische Organismen zeitweise passierbar.

Wattflächen, gebildet von Schlickwatten, sind an der Hunte nur noch in den drei mit ihr verbundenen Altarmen (km 12,5 und 14,6 rechtsseitig, km 15,9 linksseitig) zu finden (NLWKN & SUBV 2012).

Seit den 1990er Jahren wurden an verschiedenen Standorten, insbesondere in Kurven (bei Werder, Huntebrück, Neuenhundertorf, Gellenerhörne, Wulfsiel, Hollersiel und Kloster Blankenburg), Ausgleichsmaßnahmen in Form von Uferaufweitungen und Anlage von Flachwasserbereichen durchgeführt (NLWKN & SUBV 2012, GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006).

### **3.3.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP**

Die Tideweser sowie die Nebengewässer Lesum und Hunte wurden als erheblich veränderte Fließgewässer eingestuft. Zielzustand nach WRRL ist somit das gute ökologische Potenzial. Da das gute ökologische Potenzial derzeit noch nicht vollständig definiert ist, wird zunächst der gute ökologische Zustand als Referenz verwendet (NLWKN & SUBV 2011). Der ökologische Gesamtzustand der Tideweser gemäß WRRL wurde mit mäßig (stromab von Brake) bzw. unbefriedigend (stromauf von Brake) bewertet. Die Einstufung resultiert u. a. aus den hydromorphologischen Veränderungen, die z. B. mit dem stufenweisen Ausbau der Tideweser für Seeschiffe zusammenhängen. Dieser führte beispielsweise zu veränderten hydrologischen Randbedingungen und zu einem Verlust von Flachwasserzonen (NLWKN & SUBV 2011, KÜFOG 2011).

Entsprechend des Bewirtschaftungsplanes (FGG Weser 2009a) werden die Ziele der WRRL bis 2015 für die Tideweser und die Hunte voraussichtlich überwiegend nicht erreicht. Eine Fristverlängerung ist vorgesehen. Ursache dafür sind im Bereich von Unterweser und Hunte



vor allem die hydromorphologischen Beeinträchtigungen der Weser und ihrer Nebengewässer.

Im Fachbeitrag „Natura 2000“ zum IBP Weser (KÜFOG 2011) wird in der Beschreibung des Leitbildes ein Anteil der Flachwasserflächen an der Gesamtfläche des tidebeeinflussten Bereichs von ca. 10 % genannt. Momentan liegt der Anteil der Flachwasserbereiche bei ca. 7 % (Außenweser) und bei ca. 5 % in der Unterweser (KÜFOG 2011). Der Anteil an Wattflächen ist in der Unterweser nur halb so groß wie in der Beschreibung des Leitbildzustandes dargestellt (KÜFOG 2011).

### **3.4 Wasserbeschaffenheit und Phytoplankton**

Zentrale Inhalte zur Beschreibung der Gewässergüte sind der Sauerstoffhaushalt, die Nährstoffverteilung sowie das Phytoplankton. Insbesondere der Sauerstoffgehalt des Wassers ist eine wesentliche Größe, die zur Beurteilung der ökologischen Auswirkungen von Sedimentumlagerungen herangezogen wird. Dabei werden Richtwerte für den Sauerstoffgehalt im Wasser sowie die Wassertemperatur als ökologische Randbedingungen genutzt um mögliche Folgen der Umlagerungen für Organismen zu minimieren.

In den nachfolgenden Ausführungen wird auf wesentliche Prozesse im Sauerstoffhaushalt, u. a. die Sauerstoffzehrung eingegangen. In diesem Zusammenhang werden als wichtigste Substrate der mikrobiellen Sauerstoffzehrung der gelöste und partikuläre organische Kohlenstoff angesprochen und Bezüge zum Schwebstoffgehalt und dessen Verteilung in der Tideweser aufgezeigt.

#### **3.4.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands**

##### **Unter- und Außenweser**

Die Wasserbeschaffenheit in der Unterweser (UW) ist zum einen durch den flussseitigen Wassereintrag aus der staugeregelten Mittelweser und zum anderen durch den Wassereinstrom aus der Außenweser (AW) bzw. der Nordsee bestimmt. Hinzu kommen die Zuflüsse, insbes. Ochtum, Lesum, Hunte und Geeste, sowie punktuelle Einleitungen in die Unterweser selbst. Die Unterweser bis km 65 ist gekennzeichnet durch einen limnischen Abschnitt sowie einen Brackwasserabschnitt mit niedrigen bis mittleren Salzgehalten in dem sich auch das ästuartypische Trübungsmaximum mit hohen Schwebstoffgehalten befindet. Die Lage der Bereiche ist nicht stationär, sie wird neben der Tidebewegung flussseitig von hydrologischen Abflussereignissen und meerseits durch Windbedingungen ausgeprägt.

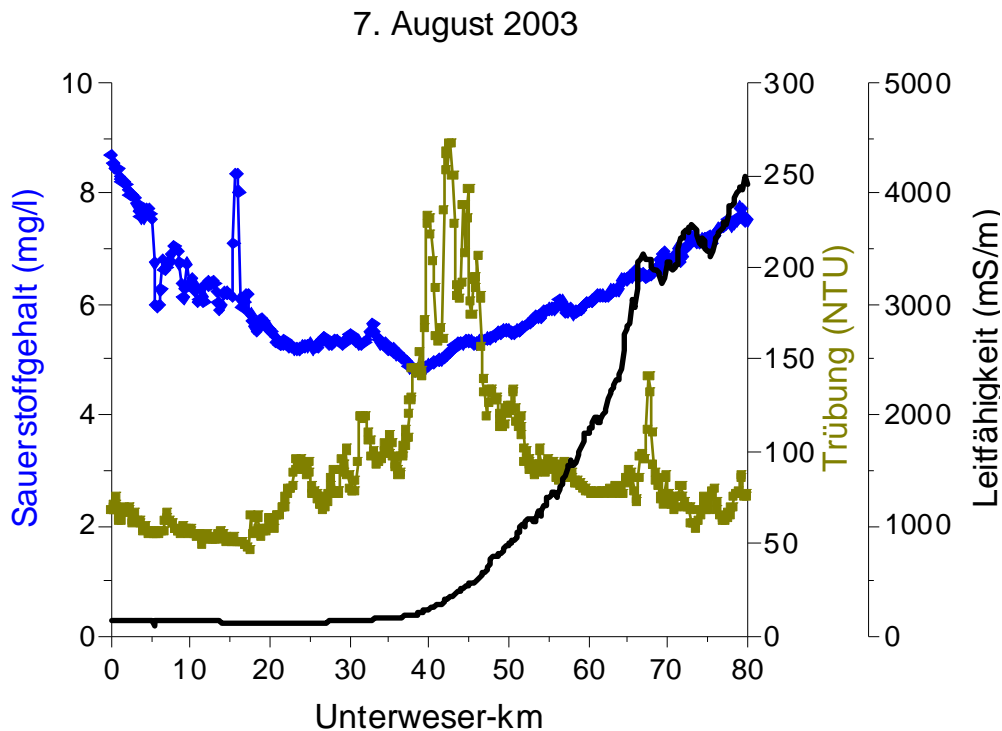
Der herrschende Tideeinfluss führt einen Wasserkörper mit seinen Inhaltsstoffen auf seinem Weg von Bremen bis Bremerhaven mehrfach an ein und demselben Ort vorbei, so dass in der Unterweser Aufenthaltszeiten von bis zu 30 Tagen erreicht werden.

### Salzgehalt

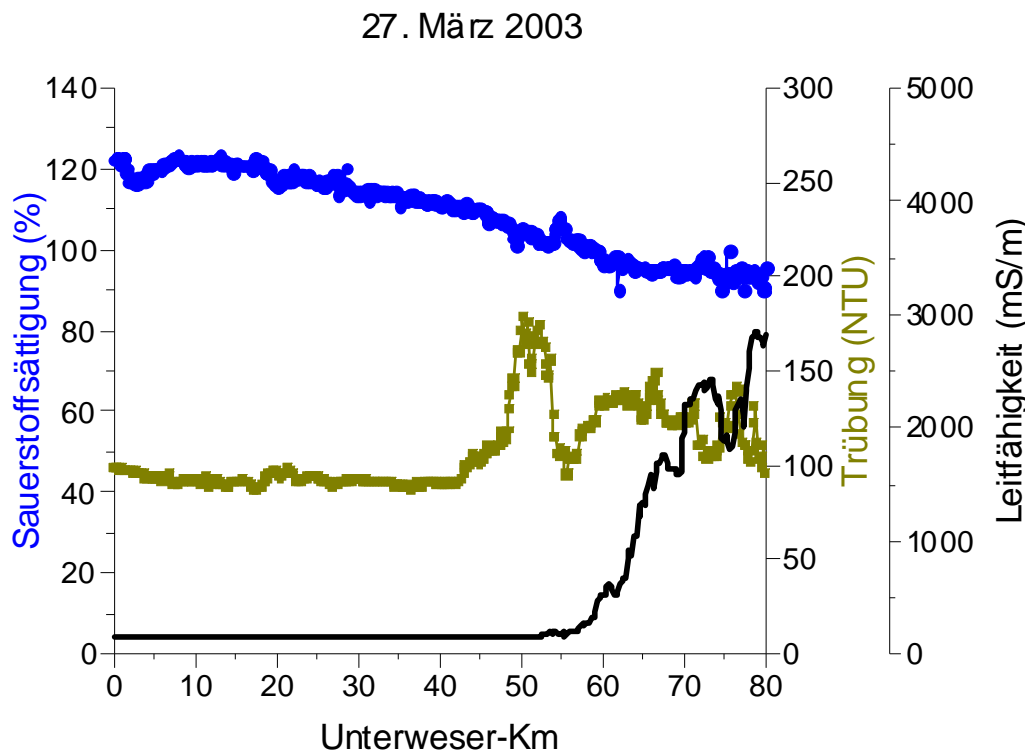
Die gemessenen Salzgehaltsprofile (1984 - 1996) (Grabemann et al. 1999) zeigen, dass bei mittlerem Niedrigwasserabfluss (MNQ) die Brackwasserzone (definiert durch einen Salzgehalt von  $> 2$  PSU) im Mittel bis UW-km 36 reicht; bei MHQ liegt die oberstromige Grenze im Mittel etwa 30 Kilometer weiter stromab. Im Tidezyklus wird die Brackwasserzone zwischen Niedrig- und Hochwasser um ca. 10 - 15 km verschoben. Die Schwebstoffgehalte zeigen ein mit der unteren Brackwassergrenze übereinstimmendes Maximum, die sogenannte Trübungszone.

### Sauerstoff

Im Längsprofil der UW vom Weserwehr hin zur Trübungszone (ab ca. UW-km 40 - 50) nimmt der Sauerstoffgehalt typischerweise ab, was darauf hindeutet, dass sauerstoffzehrende Prozesse deutlich gegenüber sauerstoffeintragenden Prozessen dominieren. Wie in folgender Abbildung 3.4-1 an Messungen der FGG Weser aus dem August 2003 zu ersehen ist, beginnt die Abnahme der Sauerstoffgehalte ebenso wie der Trübungsanstieg bereits oberhalb des deutlichen Anstiegs der Salinität (hier verdeutlicht durch die Leitfähigkeit). Weiter stromab führt der zunehmende Einfluss des Seewassers mit höheren Sauerstoffgehalten zu einem Wiederanstieg der Sauerstoffgehalte.



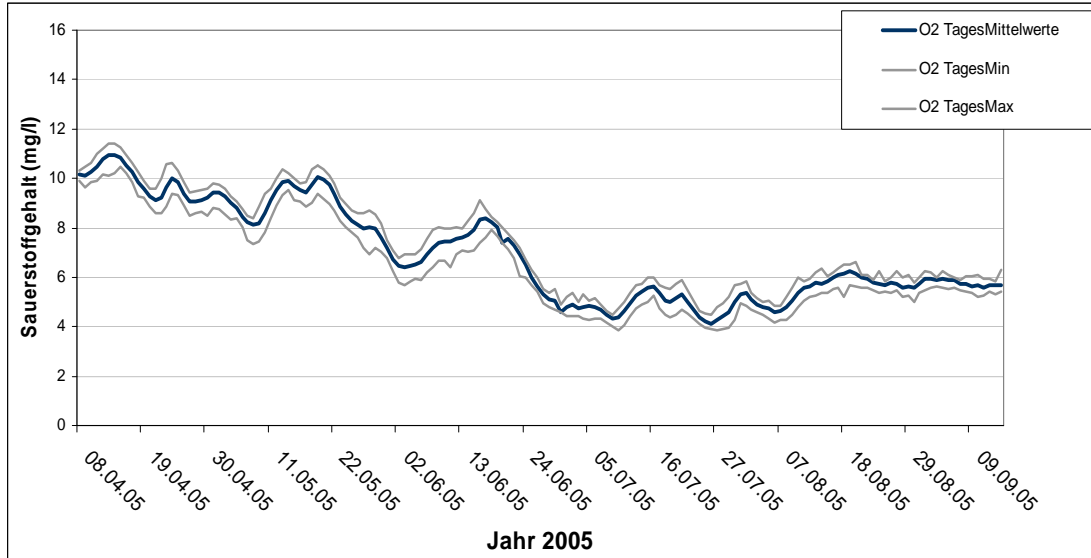
**Abbildung 3.4-1: Längsprofile des Sauerstoffgehaltes, der Leitfähigkeit sowie der Trübung in der Unterweser bis km 80 am 07. August 2003**



**Abbildung 3.4-2: Längsprofile der Sauerstoffsättigung, der Leitfähigkeit sowie der Trübung in der Unterweser bis km 80 am 27. März 2003**

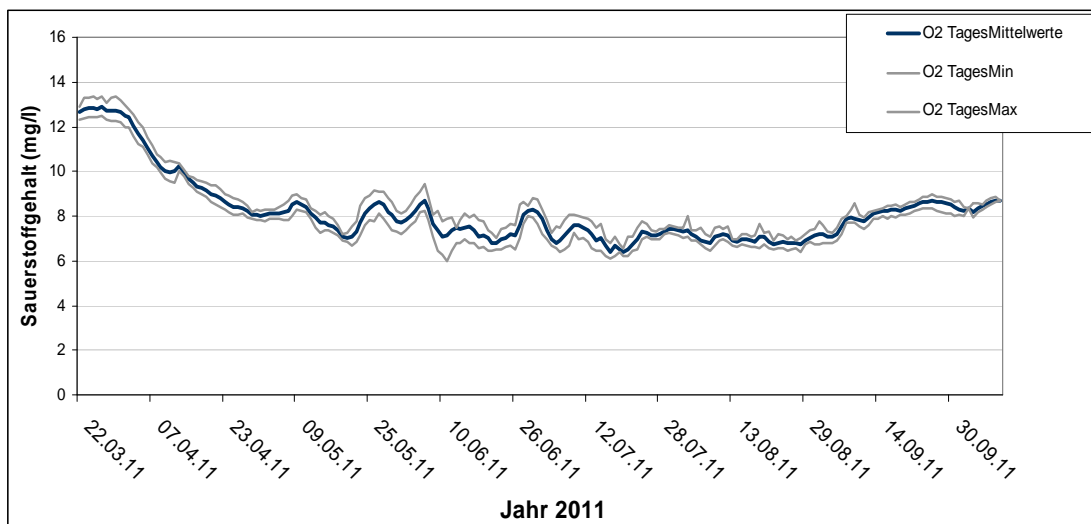
Beim Vergleich mit einer Messfahrt aus dem Frühjahr 2003 (Abbildung 3.4-2) zeigt sich, dass der Salzgradient (ersichtlich aus den Werten für die Leitfähigkeit) im Frühjahr weiter meerwärts liegt, während er im Sommer aufgrund der abnehmenden Oberwasserabflüsse stromauf verschoben ist. Während der Wert von 200 mS/m im März 2003 bei UW-km 52 überschritten wurde, lag im August 2003 der Beginn des Salinitätsgradienten bei UW-km 40. Daraus wird deutlich, dass sich auch die Salinitäten in der Unterweser im Bereich bis oberhalb von Brake im Jahresgang deutlich verändern. Insbesondere im Sommer zu Niedrigwasserzeiten ist in diesem Unterweserbereich ein deutlicher Salzwassereinfluss feststellbar. Einhergehend mit den hydrologischen Bedingungen und der Lage des Salzgradienten wird auch die Trübungszone in der Unterweser im Laufe des Jahres stromauf verschoben. Im März 2003 traten maximale Trübungswerte von 150 - 180 NTU im Bereich UW-km 50 auf, während bei der Messfahrt im August 2003 das Trübungsmaximum deutlich höhere Werte bis 270 NTU aufwies und weiter stromauf bei km 40 - 45 lag (vgl. auch Kap. 3.8.2).

Aktuelle Längsprofilmessfahrten zeigen eine vergleichbare Verschiebung der Salinitätsverhältnisse sowie der Sauerstoffbedingungen in der Unter- und Außenweser vom Juni zum August 2011 (Abbildung 3.4-6 und Abbildung 3.4-7).



**Abbildung 3.4-3: Jahresgang des Sauerstoffgehaltes in der Unterweser bei Farge (km 26) im Jahr 2005 (Messwerte alle 5 Minuten)**

Für die Vegetationsperiode 2005 liegen Messungen zum Sauerstoffgehalt bei Farge (km 26) vor. Die geringsten Sauerstoffgehalte traten in der warmen Jahreszeit im Juli auf und betrugen 4 mg O<sub>2</sub>/l. Sauerstoffwerte unter 5 mg/l traten an 29 Tagen, Werte unter 6 mg/l an 87 Tagen im Zeitraum 01.04 bis 15.09.2005 auf. Dauermessungen des Sauerstoffgehaltes für das Jahr 2011 zeigen einen vergleichbaren Jahresgang, aber im Sommer insgesamt höhere Sauerstoffgehalte. Der Wert von 6 mg O<sub>2</sub>/l wurde im Jahr 2011 bei Farge nicht unterschritten.



**Abbildung 3.4-4: Jahresgang des Sauerstoffgehaltes in der Unterweser bei Farge (km 26) im Jahr 2011**

In einem BfG-Messprogramm wurden im Jahr 2003 der Rechte Nebenarm sowie der Hauptstrom der Unterweser bei km 40 vergleichend untersucht (BfG 2006c). Die Untersuchungsergebnisse zeigen Unterschiede zwischen dem Rechten Nebenarm und dem Hauptstrom der Unterweser auf. Insbesondere traten im Rechten Nebenarm während der Ebbphase höhere Chlorophyllkonzentrationen auf. Auch bei den Längsprofilmessungen wurden deutlich

positive Gradienten des Chlorophylls in den Rechten Nebenarm hinein gemessen. Dabei ist zu vermuten, dass von den Wattflächen des Rechten Nebenarms ein starker Eintrag von benthischen Algen in die Wassersäule stattfindet. Auch der stärker an die Atmosphäre gekoppelte Wärmehaushalt und die durch die Lage am oberen Rand der Brackwasserzone geringere Leitfähigkeit im Rechten Nebenarm bewirken ein eigenständiges Milieu im Rechten Nebenarm. Die Messergebnisse des Sauerstoffgehaltes belegen nur geringe Unterschiede zwischen Unterweser und dem Rechten Nebenarm. Wobei für den Sauerstoffhaushalt im Rechten Nebenarm anders als im Hauptstrom Prozesse wie die Sauerstoffproduktion der benthischen Algen und die Sauerstoffzehrung der Wattsedimente von Bedeutung sind. Es zeigt sich, dass die Flachwasser- und Wattbereiche prägenden Einfluss auf den Stoffhaushalt im Rechten Nebenarm besitzen.

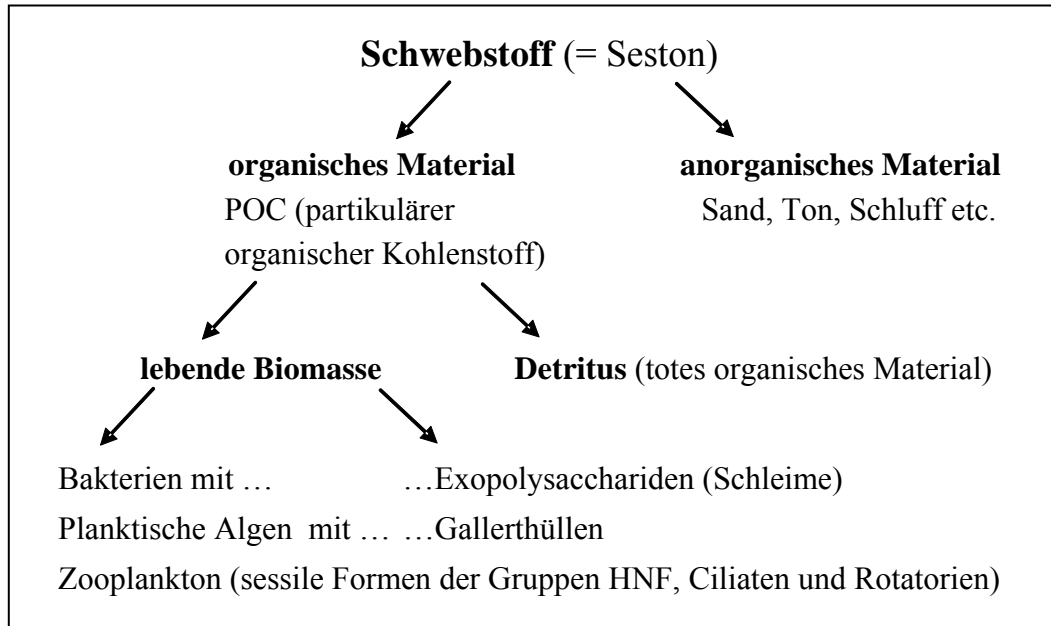
Die Eigenständigkeit des Rechten Nebenarms in Bezug auf Stoffhaushalt und Plankton wird durch die hohe biologische Produktion an Algenbiomasse auf den Wattflächen mit bestimmt. Durch die zeitweise hohen Fließgeschwindigkeiten und die flache Wassersäule wird eine starke Kopplung des benthischen mit dem planktischen Kompartiment bewirkt. Inwieweit das Zooplankton von dieser produktiven Nahrungsbasis profitiert, konnte nicht geklärt werden. Im Vergleich der bestimmenden Gruppen des Zooplanktons zeigte sich, dass die Copepoden eher den Hauptstrom bevorzugten, während die Rotatorien eher im Rechten Nebenarm vorkamen.

Auch in seinem jetzigen Zustand erfüllt der Rechte Nebenarm wichtige ökologische Funktionen für die Unterweser. Dabei sind weiträumige Auswirkungen auf den Hauptstrom aufgrund des geringen Wasservolumens des Rechten Nebenarms nicht zu vermuten und waren in den Messergebnissen der Station in der Unterweser auch nicht erkennbar. Lokal hat insbesondere die autotrophe Produktion für die Nahrungskette im Rechten Nebenarm eine hohe Bedeutung.

#### Organischer Anteil der Schwebstoffe

Eine gebräuchliche Definition des Schwebstoffes lautet: „Es sind Teilchen, die im bewegten Wasser durch Turbulenzen in Schwebelage gehalten werden und größer als  $0,45\ \mu\text{m}$  sind“ (Wilken et al. 1991). Diese Definition ist stark durch die Probenahmetechnik des Filtrierens geprägt.

Die Zusammensetzung der Schwebstoffe kann wie folgt schematisiert werden (Abbildung 3.4-5):



**Abbildung 3.4-5: Schema über die Zusammensetzung von Schwebstoffen**

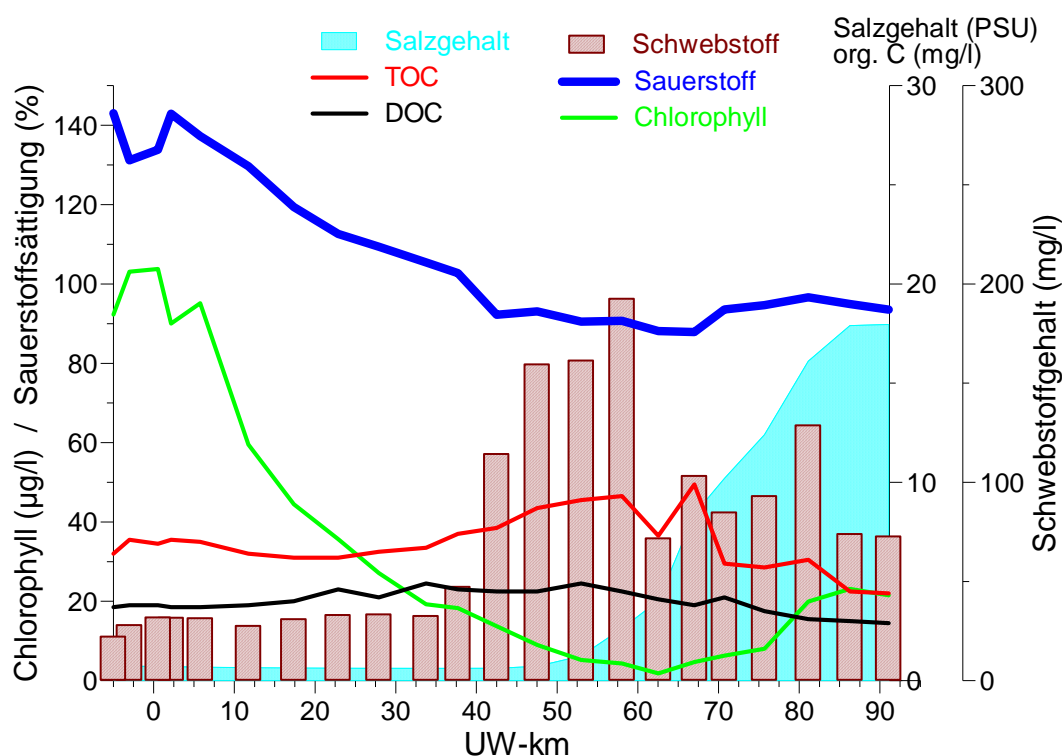
Der organische Anteil der Schwebstoffe besteht im Wesentlichen aus Phyto- und Bakterio-plankton sowie Detritus. Die Gesamtkonzentration an organischen Kohlenstoff in einem Wasservolumen wird als TOC (Total Organic Carbon) bezeichnet, der gelöste Anteil als DOC (Dissolved Organic Carbon). Die Differenz von TOC zu DOC ist der POC (Particulate Organic Carbon), der ein auf den Kohlenstoff (C) bezogenes Maß für den organischen Anteil der Schwebstoffe ist. Ebenso kann der organische Anteil der Schwebstoffe als Glühverlust einer getrockneten Schwebstoffprobe angegeben werden.

Die Funktion der organischen Verbindungen in Schwebstoffen ist vielschichtig. Die für den Sauerstoffhaushalt wichtigste Funktion besteht darin, dass der organische Kohlenstoff der Schwebstoffe (POC) - wie auch der DOC - als Substrat (=Nahrungsquelle) für heterotrophe Bakterien dient. Die Bakterien veratmen bei Anwesenheit von Sauerstoff im Wasser den Kohlenstoff und verursachen dadurch eine Sauerstoffzehrung bzw. einen Rückgang des Sauerstoffgehaltes. Ferner wirken schleimartige Substanzen, die von Bakterien ausgeschieden werden, wie Kitt und verkleben die Partikel miteinander. Die Zusammensetzung dieser Komplexe kann sowohl hinsichtlich der relativen Anteile zwischen den einzelnen Partikel-spezies variieren als auch hinsichtlich der Zustandsform eines definierten Partikels. Der Einfluss biologischer Parameter auf die Schwebstoffzusammensetzung ist von maßgeblicher Bedeutung für die Schwebstoffdynamik (Greiser 1988). Bei einer rein gravimetrischen Angabe des organischen Anteils der Schwebstoffe wird ihre Bedeutung nicht immer vollständig deutlich.

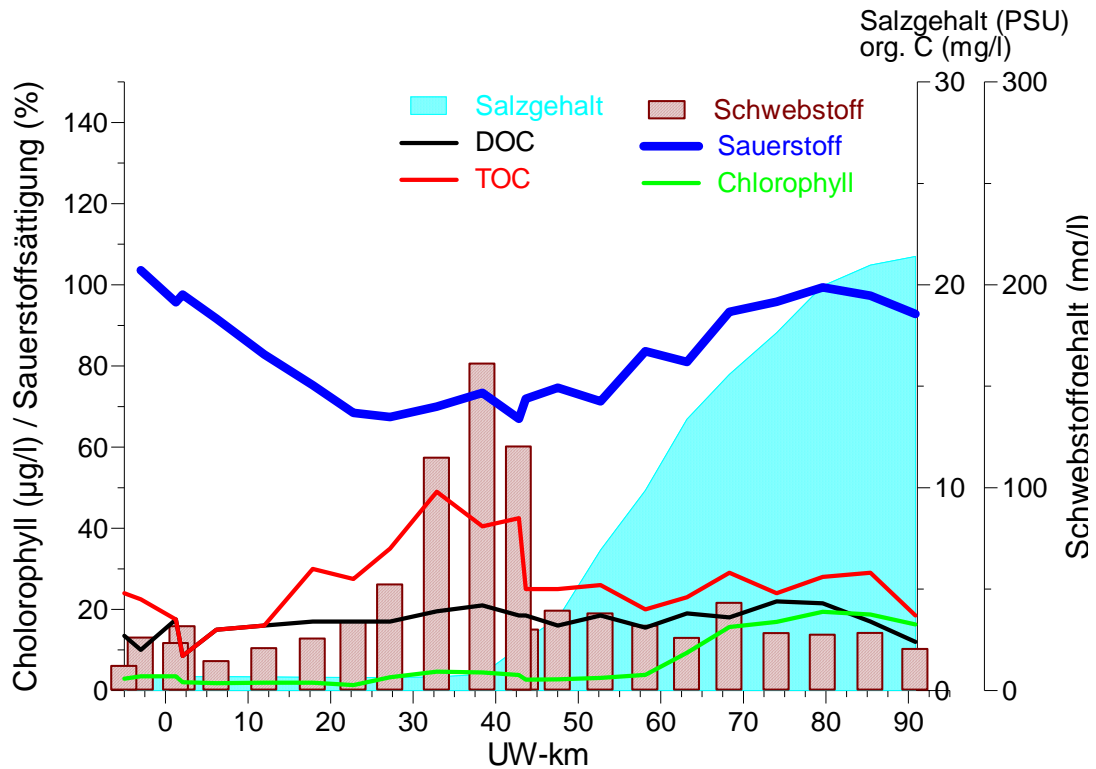
Bei Auswertungen von 4 Längsprofilmessfahrten in den Sommermonaten der Jahre 2009 und 2010 lag der mittlere POC-Gehalt (Differenz aus TOC zu DOC) im limnischen Abschnitt (PSU < 1) bei 5,9 mg C/l, im Brackwasserabschnitt (PSU 1 bis 18) bei 7,7 mg C/l und im polyhalinen Außenweserabschnitt (PSU > 18) bei 3,7 mg C/l (siehe hierzu auch Abbildung

3.4-6 und Abbildung 3.4-7). Damit betrug der Gewichtsanteil des org. C an den Schwebstoffen 0,4 - 9 %.

Betrachtet man zusätzlich noch die Chlorophyll-a-Messwerte (Abbildung 3.4-6 und Abbildung 3.4-7), die mit einem Faktor von 25 multipliziert den Kohlenstoffgehalt der lebenden Algen (für Kieselalgen) anzeigen, so wird deutlich, dass im limnischen Abschnitt die Algen 25 % des organischen Anteils der Schwebstoffe ausmachen. Für den Brackwasserabschnitt beträgt der algenbürtige Anteil nur 7 % und im polyhalinen Abschnitt der Außenweser sind es wieder 21 %.



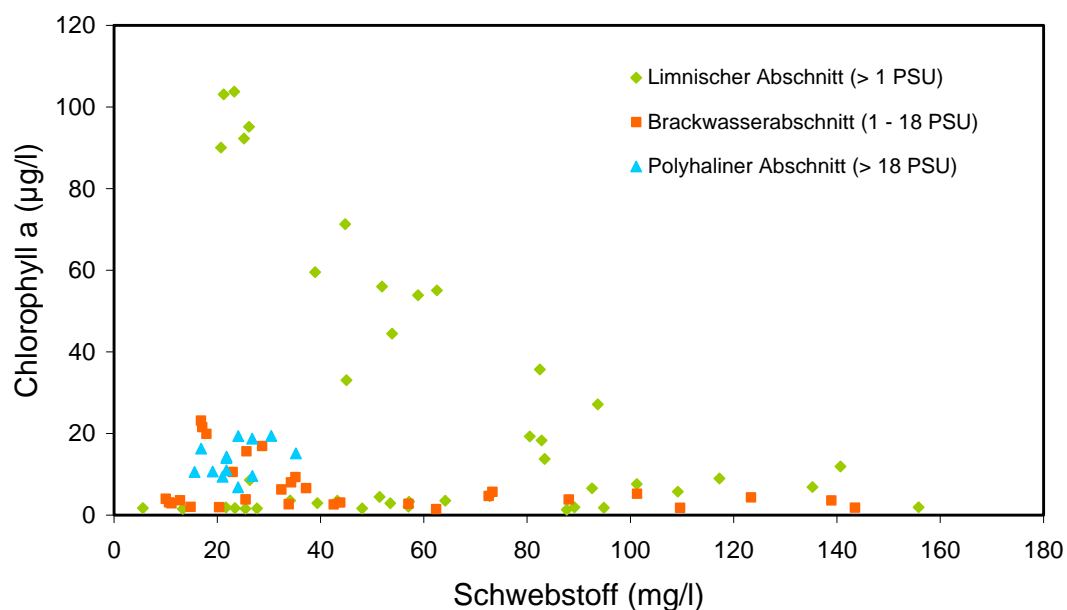
**Abbildung 3.4-6: Längsprofil der Sauerstoffsättigung, des Salzgehaltes, des Schwebstoffs, des Chlorophylls sowie des TOC- und DOC-Gehaltes in der Unter- und Außenweser im Juni 2011.**



**Abbildung 3.4-7: Längsprofil der Sauerstoffsättigung, des Salzgehaltes, des Schwebstoffs, des Chlorophylls sowie des TOC- und DOC-Gehaltes in der Unter- und Außenweser im August 2011.**

Die große Bedeutung der Algen für den Schwebstoffgehalt im limnischen Abschnitt der Tideweser zeigt sich auch an der Abhängigkeit des Schwebstoffgehalts vom Algengehalt (Abbildung 3.4-8). Hier ist - meist im Frühjahr - eine deutliche negative Korrelation der Schwebstoffgehalte und des Chlorophyllgehaltes zu erkennen, d. h. mit abnehmenden Schwebstoffgehalten weist dieser zunehmend hohe Algenanteile auf. Im Brackwasserbereich nimmt diese gegensätzliche Abhängigkeit deutlich ab bzw. es 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 Tideweser können nur dann höhere Chlorophyllgehalte auftreten, wenn der Schwebstoffgehalt und damit die Trübung soweit zurückgehen, dass genügend Licht für das Wachstum der Algen gegeben ist. Im polyhalinen Abschnitt bzw. in der Außenweser ist aus den wenigen Daten ebenfalls keine Korrelation zu erkennen. Die Werte sind recht homogen, so liegen die Schwebstoffgehalte zwischen 15 und 40 mg/l und die Chlorophyll-a-Werte zwischen 10 und 20 µg/l.





**Abbildung 3.4-8: Korrelationen von Schwebstoffgehalt und Chlorophyll-a-Gehalt für die Messfahrten in der Tideweser der Jahre 2009 und 2010. Proben aus dem limnischen Abschnitt (grün), aus dem Brackwasserabschnitt (orange) und aus dem polyhalinen Abschnitt (blau).**

Entsprechend zeigt der POC-Gehalt im oberen limnischen Abschnitt des Weserästuars wesentlich größere Schwankungsbreiten als in übrigen Abschnitten des Ästuars. In der oberen Ästuarregion werden während Algenblüten größere Mengen organischer Substanz aus der Mittelweser eingetragen und z. T. dort auch produziert. Gemäß den Daten verhält sich der POC-Gehalt (entspricht 42 % des Glühverlustes) entsprechend wie das Chlorophyll im Längsverlauf der Unterweser umgekehrt proportional zur Menge der abfiltrierbaren Stoffe. Während also im limnischen Abschnitt der Tideweser geringe Schwebstoffkonzentrationen mit relativ hohen POC-Anteilen gekoppelt sind, werden im Brackwasserbereich hohe Schwebstoffkonzentrationen mit relativ niedrigen POC-Anteilen gemessen. Weiterhin zur Nordsee gehen die Gehalte an abfiltrierbaren Stoffen zurück und der relative Anteil des POC steigt damit wieder an.

Wie beschrieben weisen im limnischen Bereich der Tideweser die Schwebstoffe einen hohen Anteil an organischem Material auf, der als partikulärer organischer Kohlenstoff (POC) bezeichnet wird. Insbesondere der im Frühjahr und Sommer hohe Anteil von algenbürtigen Kohlenstoffverbindungen führt zu einem hohen Substratangebot für heterotrophe Bakterien. Unter Sauerstoffverbrauch werden diese schnell abbaubaren C-Verbindungen mikrobiell abgebaut. Dieser biologische Prozess bewirkt einen Rückgang der Sauerstoffgehalte in der Unterweser. In Richtung Nordsee nimmt die Aufenthaltszeit der Partikel ständig zu. Dies ermöglicht eine zunehmende mikrobielle Auszehrung des organischen Anteils der Schwebstoffe. Als Folge weist der partikuläre organische Kohlenstoff in der Trübungszone eine schlechtere Abbaubarkeit als im limnischen Bereich auf. Der Schwebstoff zeigt also einen unterschiedlichen kalorischen Gehalt auf und wird unterschiedlich schnell durch heterotrophe Bakterien verbraucht. Die gute Qualität/Abbaubarkeit des algenbürtigen Detritus zeigten

Relexans et al. (1988) im Loire-Ästuar. Während des Transportes durch das Ästuar wird der Nährwert der Schwebstoffe verringert.

Die biologischen Prozesse, im Wesentlichen die lichtlimitierte und daher reduzierte Primärproduktion und der gesteigerte Abbau organischer Substanz durch am Schwebstoff aufsitzende Bakterien, bewirken einen Rückgang des organischen Anteils am Schwebstoff in der Trübungszone. So dominiert in der Unterweser der Algenanteil am POC im limnischen Bereich und der Detritusanteil (allochthones Material, schwer abbaubar) in der Trübungszone (Schuchardt 1990).

Viele Abbauprozesse in den Schwebstoffen laufen vergleichbar auch bei der Sedimentbildung (= Diagenese) ab. Das POC wird durch Hydrolyse in gelöstes organisches Material überführt. Anschließend wird das DOC aerob oder anaerob veratmet und der Kohlenstoff als CO<sub>2</sub> abgegeben. Die Umsatzraten sind je nach Prozess und Qualität des Ausgangssubstrat (leicht oder schwer abbaubar) sehr unterschiedlich. Zudem liegt bei diesen mikrobiell katalysierten Vorgängen eine starke Temperaturabhängigkeit zugrunde.

Durch die biologischen Einflüsse auf die Schwebstoffbildung ist auch eine jahreszeitliche Schwebstoffdynamik gegeben. Der organische Anteil ist starken Auf- und Abbauprozessen unterworfen und zeigt somit eine hohe Dynamik. Infolgedessen ist die quantitative und qualitative Zusammensetzung des Schwebstoffes im Ästuar sowohl in dessen Längsverlauf als auch saisonal variabel.

#### Bewertung/Datenlage

Grundsätzlich haben die hydrodynamisch-morphologischen Veränderungen der letzten ca. 100 Jahre (vgl. Kapitel 3.2 „Hydrologie“ und 3.3. „Hydromorphologie“) auch negative Einflüsse auf die Wasserbeschaffenheit. Diesbezüglich ist zu nennen:

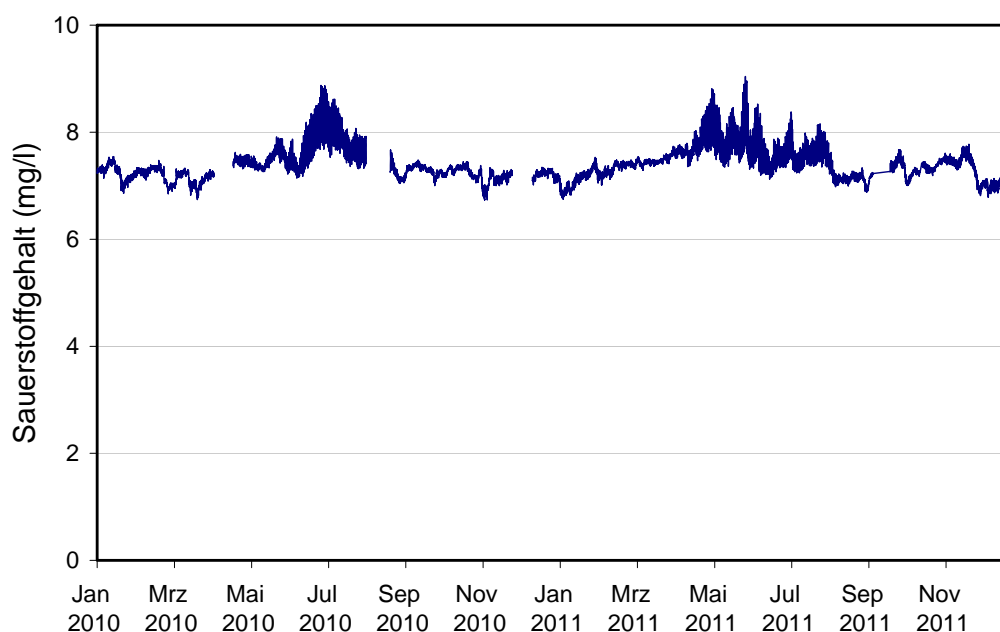
- > die Verlagerung des marinen Salzeinflusses bzw. Brackwassereinflusses stromaufwärts
- > der Verlust von Nebenarmen, Flachwasserzonen und Wattgebieten, welche wie beschrieben auch den Sauerstoffhaushalt beeinflussen
- > eine möglicherweise erhöhte Trübung in Zusammenhang mit dem verstärkten Wasseraustausch durch höheren Tidenhub und stärkere Strömungen
- > die erhöhten Wassertiefen mit entsprechender Verringerung der physikalischen Sauerstoffeintragsrate, wodurch das Auftreten von Sauerstoffmangelsituationen gefördert werden kann.

Die Datengrundlage zur Einschätzung der Wasserbeschaffenheit und des biologischen Kompartimentes Phytoplankton ist allerdings in der Unterweser unzureichend. Die Beurteilung basiert aktuell nur auf Daten einer Messstation (Brake) oder älteren Messwerten. Der Algenbiomasseparameter Chlorophyll a wird nicht überwacht. Aussagen zur räumlichen Verteilung des Sauerstoffs oder der Nährstoffe in der Unterweser sind so nicht möglich und bestehende Gradienten dieser Größen werden nicht erfasst.

## Hunte von Oldenburg bis zur Mündung

Die Hunte gehört in ihrem tidebeeinflussten Unterlauf zum Gewässertyp 22.2 (Flüsse der Marschen). Die einzige Wassergütemessstation Reithörne liegt am linken Ufer der Unteren Hunte, rund 7,7 km unterhalb der Schleuse Oldenburg bzw. rund 13 km von der Mündung in die Unterweser entfernt. Nachfolgende Mess- und Kennwerte basieren auf Angaben des NLWKN Oldenburg/Brake.

Dauermessungen des Sauerstoffgehaltes belegen, dass in den Jahren 2010 und 2011 durchweg gute Sauerstoffbedingungen vorlagen. Die Sauerstoffgehalte in den Jahren 2010 und 2011 lagen immer über 6 mg O<sub>2</sub>/l (Abbildung 3.4-9).



**Abbildung 3.4-9: Dauermessungen des Sauerstoffgehaltes in der Hunte an der Station Reithörne in den Jahren 2010 und 2011**

Die aktuelle trophische Situation der Hunte kann aus Messungen zur Algenbiomasse des Phytoplanktons abgeleitet werden. Die Chlorophyllwerte (2-wöchentliche Probenahme im Zeitraum März bis Oktober) wiesen in den Jahren 2010 und 2011 Mittelwerte von 30,2 µg Chla/l und 56,7 µg Chla/l, bei 90-Perzentilwerten von 63 µg Chla /l und 153 µg Chla/l auf. Die Auswertung für diese Messstation führt zur vorläufigen Einstufung der Hunte nach WRRL in die Klasse „deutliche Defizite“ (= hypertroph).

Die zeitweise hohe Primärproduktion durch das Phytoplankton bewirkt auch eine starke biogene Belüftung des Wassers der Hunte. Dies führt in den Sommermonaten Juli 2010 und Mai 2011 zu hohen Sauerstoffgehalten mit Übersättigungen des Wassers mit Sauerstoff (Abbildung 3.4-9) und pH-Wert-Erhöhungen.

Die Nährstoffkonzentrationen der Hunte sind - nach den Daten der Station Reithörne - generell erhöht. Eine grobe Abschätzung der Stickstoff- und Phosphorfrachten deutet darauf

hin, dass der überwiegende Teil aus diffusen Quellen stammt. Das betrifft mehr als 90 % des Stickstoffs (Daten aus 1994; Bezirksregierung Weser-Ems et al. 2004). Der Anteil des Phosphors aus diffusen Quellen liegt in derselben Größenordnung.

**Tab. 3.4-1: Mittelwerte (Mit.) und 90-Perzentilwerte (90%) der Nährstoffmessreihen der Jahre 2010 und 2011 an der Station Reithörne in der Hunte**

Jahr	Ammonium mg NH <sub>4</sub> -N/l		Nitrat mg NO <sub>3</sub> -N/l		Gesamt-N mg N/l		ortho-P mg PO <sub>4</sub> -P/l		Gesamt-P mg P/l	
	Mit.	90%	Mit.	90%	Mit.	90%	Mit.	90%	Mit.	90%
2010	0,4	0,6	3,4	5,0	5,0	6,7	0,07	0,11	0,26	0,37
2011	0,4	0,8	3,5	5,7	4,6	7,2	0,08	0,16	0,25	0,39

Gelöste Kohlenstoffverbindungen (DOC, Mittelwerte für die Jahre 2010 und 2011 betragen 15 bzw. 14 mg C/l) und Gesamtphosphat weisen aufgrund der großen Moorgebiete im Einzugsgebiet der Hunte generell hohe Konzentrationen auf und sind damit überwiegend natürlichen Ursprungs.

### 3.4.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP

Eine WRRL-Bewertung der biologischen Qualitätskomponente Phytoplankton erfolgt für den limnischen Abschnitt der Unterweser bis Brake (Typ 22.3, Ströme der Marschen). Für diesen Bereich der Tideweser wird der Zustand für das Phytoplankton als mäßig bewertet (siehe NLWKN & SUBV 2011). Insbesondere im Frühjahr können hohe Algengehalte auftreten, die zum überwiegenden Teil aus der Mittelweser eingetragen werden. Im Typ Übergangsgewässer, das sich aus dem übrigen Abschnitt der Unterweser und dem anschließenden Abschnitt der Außenweser bis km 85 zusammensetzt, besteht aufgrund der starken Lichtlimitierung der Algen kein Zusammenhang zu den Nährstoffgehalten; das Phytoplankton wird hier daher nicht bewertet. Der übrige Bereich der Außenweser ist neben den flussbürtigen Einträgen der Unterweser durch die trophischen Bedingungen im Wattenmeer gesteuert. Der Zustand wird ebenfalls als mäßig bewertet (siehe NLWKN & SUBV 2011).

Belastungen der Wasserbeschaffenheit, die in WRRL-Planungen hervorgehoben werden, sind:

- > Der Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt der Tideweser ist durch die Mittelweser und Einleitungen der Stadt Bremen im limnischen Abschnitt bis Brake (km 40) belastet.
- > Im rein limnischen Bereich der Unterweser ist eine erhöhte Salzbelastung durch den Salzeintrag aus der Mittelweser bzw. Werra festzustellen.

Um das übergeordnete Bewirtschaftungsziel, den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial für die Bundeswasserstraße Tideweser zu erreichen, soll daher eine Reduzierung der oberstromigen Belastung durch Salz und Nährstoffe erreicht werden. Dadurch sollen Eutrophierungserscheinungen in der Mittelweser und auch der Tideweser minimiert werden und damit zusammenhängende Sauerstoffdefizite weiter reduziert werden. „Für die Belastung der Küstengewässer durch Nährstoffe ist Stickstoff der limitierende Faktor. Daher wurde bereits in den 1980er Jahren im Rahmen der Nordseeschutzkonferenz

die Forderung aufgestellt, die Stickstoffkonzentrationen von 1985 um 50 % zu reduzieren, um die Probleme mit Eutrophierungen in den Küstengewässern der Nordsee zu vermeiden. Dieses Ziel ist bisher noch nicht erreicht worden und wird daher weiterhin verfolgt. Dies bedeutet für die Messstation Bremen-Hemelingen, dass die Jahreskonzentration von 6,0 mg N/l (1985) auf zukünftig 3,0 mg N/l bzw. die Stickstoffkonzentration von 2006 (4,3 mg N/l) um ca. 30 % zu reduzieren ist. Dieser Zielwert wird auch auf die Hunte übertragen, die unterhalb von der Messstation Hemelingen in die tidebeeinflusste Unterweser mündet und einen bedeutenden Anteil der Stickstofffracht transportiert.“ (Zitat NLWKN & SUBV 2011).

### 3.5 Schadstoffbelastungen und ökotoxikologische Wirkungen

Beim Sedimentmanagement ist u. a. die Qualität der Sedimente im Baggerbereich und im Falle der aquatischen Unterbringung auch die Qualität der Feststoffe im Bereich der Unterbringungsstellen zu betrachten. Sedimente sollen im Rahmen von Baggermaßnahmen nur dann im Gewässer umgelagert werden, wenn sie bestimmten Qualitätsanforderungen genügen, die in den Handlungsanweisungen des Bundes bzw. des Bundes und der Länder für den Umgang mit Baggergut festgelegt sind (HABAB-WSV 2000, HABAK-WSV 1999, GÜBAK 2009, zukünftig HABAG).

Der Schwerpunkt der Beschreibung der Schadstoffbelastung der Tideweser für ein Sedimentmanagement liegt daher auf den überwiegend feststoffgebundenen Schadstoffen, die auch in den o. g. Handlungsanweisungen Berücksichtigung finden. Darüber hinaus werden Informationen zur Belastung mit polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD, „Dioxine“) und -furanen (PCDF, „Furane“), die im Rahmen der UVU (BfG 2006a) für die Weseranpassung an ausgewählten Proben untersucht wurde, zur Beschreibung der Ist-Situation verwendet. Zur Freisetzung von Schadstoffen aus Sedimenten stehen ebenfalls einige Daten zur Verfügung.

Zusätzlich wurde das ökotoxikologische Wirkpotenzial von Sedimenten und Baggergut sowie die integrale Belastung durch Schadstoffe mit ausgewählten ökotoxikologischen Tests überprüft. Hierbei können auch Schadstoffbelastungen festgestellt werden, die durch die expliziten chemischen Analysen nicht erfasst werden. Ökotoxikologische Wirkungen der Sedimente aus dem Bereich der Tideweser wurden im Regelfall mit Organismen der drei Trophieebenen (Produzenten, Konsumenten, Destruenten) gemäß der Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut, HABAB-WSV 2000, HABAK-WSV 1999, GÜBAK 2009 und dem BfG-Merkblatt "Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung" (BfG 2009b) untersucht.

Schadstoffe, die keine oder nur geringe Affinität zu Sedimenten haben, werden hier nicht betrachtet, da ihr Einfluss auf das Sedimentmanagement als gering eingeschätzt wird.

Die Schadstoffbelastung der Tideweser hängt u. a. vom Eintrag schadstoffbelasteter Feststoffe aus dem Binnenbereich, von lokalen Quellen im Ästuar und von der im Längsverlauf des Ästuars zunehmenden Vermischung der schadstoffbelasteten Feststoffe mit Sedimenten marinen Ursprungs, die abhängig vom Oberwasserabfluss und in bestimmten Bereichen der

Tideweser mit dem Ebbstrom stromauf transportiert werden, ab (siehe Kap. 3.3.1 „Hydromorphologie“).

Die Feststoffe der Tideweser zeigten Ende der 1980er und frühen 1990er Jahren vor allem hohe Konzentrationen an Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Nickel (Ni) und Zink (Zn) (BfG 1998b). In den letzten Jahren sind die Schwermetallgehalte z. T. deutlich zurückgegangen. An organischen Schadstoffen werden vor allem Polychlorierte Biphenyle (PCB), p,p'-DDE und Tributylzinnverbindungen (TBT) nachgewiesen. Zudem ist aufgrund des Stromauftransportes mariner Sedimente eine leichte Abnahme der Schadstoffbelastungen von der Unterweser in Richtung Außenweser festzustellen.

### **3.5.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands**

#### **Ergebnisse der chemischen Analysen und Bewertung**

Für die Charakterisierung der Schadstoffbelastung der Sedimente der Tideweser wurden Ergebnisse von Untersuchungen an schwebstoffbürtigen Oberflächensedimenten bzw. Schwebstoffen von Dauermessstationen (DMS) der BfG in der Unterweser bei Bremen Insel (km 7,25), Farge (km 26,25) und Nordenham (km 56,6) sowie der Außenweser bei Bremerhaven Nordschleuse (km 69,5) aus den Jahren 2003 bis 2010 berücksichtigt (BfG 2011a). Um Hinweise auf die aus dem Binnenbereich eingetragenen Schadstoffe zu erhalten, werden auch Schadstoffdaten der Dauermessstationen Langwedel (Weser-km 329,4) und Hemelingen (Weser-km 360,95) bei der Bewertung der Ergebnisse berücksichtigt. Bei der Bewertung wird nicht zwischen Sedimenten und Schwebstoffen unterschieden, da die feinkörnigen Anteile der Oberflächensedimente, in denen sich die Schadstoffe bevorzugt anreichern, aufgrund der durch Tide, Wellengang und Dünung bedingten ständigen natürlichen Umlagerungsprozesse im Austausch mit der Schwebstoffphase stehen.

Außerdem werden für die Beschreibung der Belastungssituation Untersuchungsergebnisse zu Schadstoffgehalten und Korngrößenverteilungen von im Juni 2005 beprobten Oberflächensedimenten entlang der Unter- und Außenweser sowie der Nebenarme Schweiburg und Rechter Nebenarm verwendet. Schadstoffe in Sedimenten aus der Fahrrinne der Unterweser wurden nur seewärts von Weser-km 51 untersucht, da die übrigen Proben zu geringe Feinkornanteile aufwiesen. Darüber hinaus werden Ergebnisse aus den oberen 100 bis 200 cm von 15 im September 2005 entnommenen Sedimentkernen verwendet. Die Untersuchung dieser Proben erfolgte für die Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) 2006 zur geplanten Weseranpassung und die Ergebnisse sind im Bericht BfG-1473 (BfG 2006a) ausführlich dargestellt und bewertet.

Aus den Nebenarmen der Weser stehen zusätzlich Ergebnisse zur Schadstoffbelastung von Sedimentkernen aus Wattbereichen der Tideweser aus dem Jahr 1999 zur Verfügung (BfG 2006a). Aus diesen und weiteren Flachwasserbereichen im Bereich der Unter- und Außenweser seewärts von Farge liegen darüber hinaus Ergebnisse aus Untersuchungen von Proben aus dem September 2011 vor. Bei dieser im Rahmen des Forschungsvorhabens KLIWAS durchgeführten Probenahme wurden an 21 Positionen überwiegend Sedimentkerne entnom-

men. Soweit vorhanden, werden die Ergebnisse für die obersten 90 cm, unterteilt in 30-cm-Abschnitte, beschrieben. Für wenige Proben liegen auch Daten aus größeren Tiefen vor.

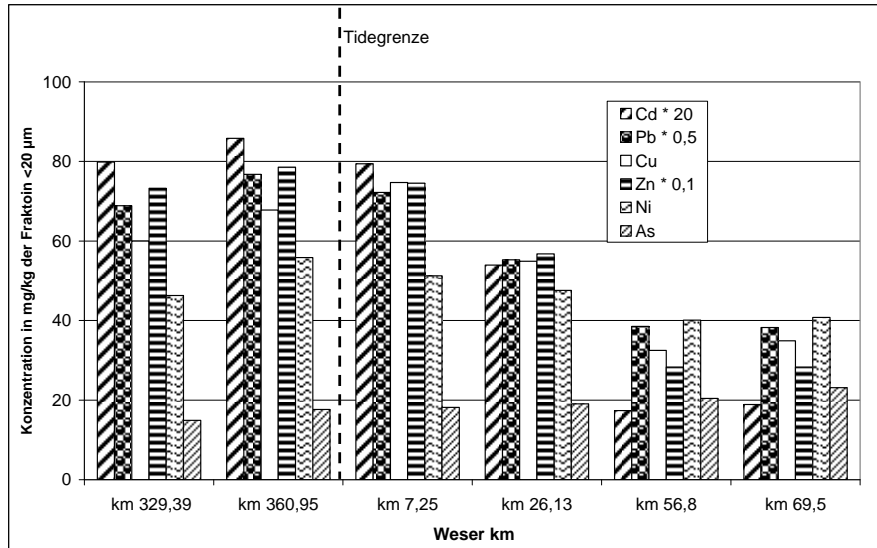
Bei den Feststoffproben der DMS ist davon auszugehen, dass sie die aktuelle Belastung der Sedimentoberfläche bzw. der Schwebstoffe und damit die für Transportprozesse zur Verfügung stehenden Feststoffe widerspiegeln. Bei den Sedimentproben, die im Rahmen der UVU untersucht wurden, ist jedoch nicht auszuschließen, dass auch tiefere Schichten mit u. U. älteren Ablagerungen erfasst wurden, die aufgrund des beobachteten Rückgangs der Schadstoffbelastungen oft höhere Schadstoffbelastungen aufweisen als aktuelle Proben.

Die feststoffgebundenen Schadstoffe reichern sich vorwiegend in der Feinkornfraktion  $< 20 \mu\text{m}$  an (Ackermann et al. 1983). Um Unterschiede in der Zusammensetzung der verschiedenen Proben zu kompensieren, beziehen sich die Schadstoffgehalte bei der folgenden Bewertung der Schadstoffbelastungen gemäß der Vorgaben der HABAB-WSV sowie der bei der UVU 2006 durchgeführten Bewertung (BfG 2006a) für alle Untersuchungsbereiche stets auf diese Feinkornfraktion, wenn nicht anders angegeben. Abweichend davon sehen mittlerweile die „Gemeinsamen Übergangsbestimmungen der Küstenländer und des Bundes für den Umgang mit Baggergut in den Küstenländern“ (GÜBAK 2009) bei der Unterbringung von Baggergut seewärts von Unterweser-km 58 und das aktualisierte UVU-Bewertungsverfahren (BfG 2011c) eine Normierung der Gehalte organischer Schadstoffe auf die Fraktion  $< 63 \mu\text{m}$  vor. Zur Normierung werden Schwermetalle in der abgetrennten Fraktion  $< 20 \mu\text{m}$  gemessen; die in Gesamtproben (Fraktion  $< 2 \text{mm}$ ) gemessenen Gehalte der organischen Schadstoffe werden auf diese Feinkornfraktion normiert.

Weitere Details zur Auswahl der untersuchten Schadstoffe sowie zu den Untersuchungs- und Bewertungsmethoden sind im Bericht BfG-1473 (BfG 2006a) beschrieben.

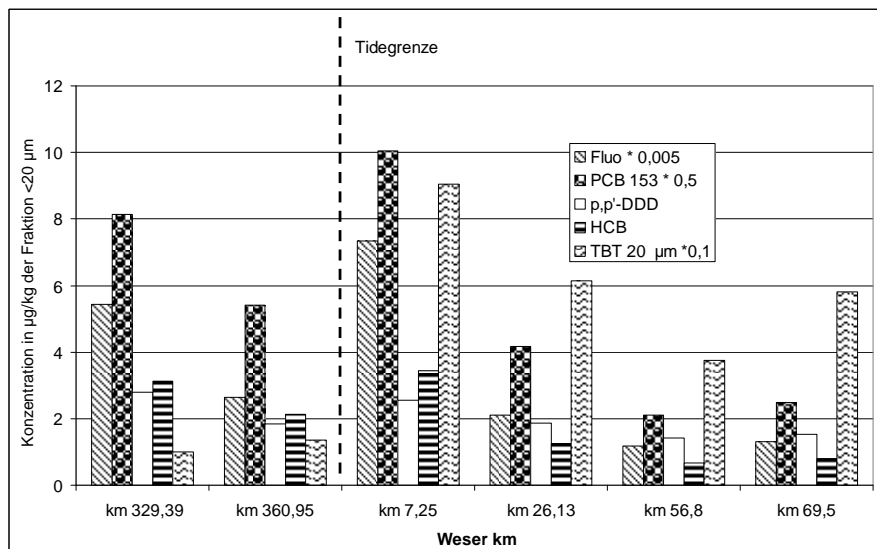
#### Schadstoffkonzentrationen in schwebstoffbürtigen Sedimenten der Dauermessstationen und in Sedimentproben im Längsverlauf der Tideweser sowie in der Hunte

In den Abbildungen 3.5-1 und 3.5-2 sind die Gehalte ausgewählter Schwermetalle und organischer Schadstoffe in Feststoffproben der DMS für die Jahre 2008 - 2010 dargestellt. Für Cadmium (Cd), Blei (Pb), Kupfer (Cu), Zink (Zn) und Nickel (Ni) zeigen die Konzentrationen einen ähnlichen Verlauf: bei der Station Bremen Insel (Weser-km 7,25) sind die Konzentrationen ähnlich hoch wie an den im Binnenbereich der Weser gelegenen beiden Stationen Langwedel und Hemelingen und damit noch fluvial geprägt. Ab der Station Farge (Weser-km 26,1) gehen die Schwermetallkonzentrationen der o. g. Metalle aufgrund einer zunehmenden Verdünnung mit durch den Flutstrom stromauf transportierten Feinsedimenten in Richtung See jedoch zurück. Die Quecksilberbelastung ist in den Proben aller untersuchten Stationen auf einem ähnlich niedrigen Niveau und spielt in der Tideweser keine große Rolle. Die ebenfalls geringen Arsen- (As) und Chromgehalte (Cr) sind dagegen an den Stationen im Binnenbereich am geringsten und nehmen in Richtung See leicht zu.



**Abbildung 3.5-1: Gehalte ausgewählter Schwermetalle und von Arsen in der Fraktion < 20 µm von rezenten Feststoffen im Längsverlauf der Tideweser (2008 - 2010)**

Für die Organochlorpestizide Hexachlorbenzol (HCB) und die Verbindungen der DDX-Gruppe ist wie bei den meisten Schwermetallen ein ähnliches Konzentrationsniveau bis Bremen Insel zu beobachten, ehe die Schadstoffgehalte in Richtung Nordsee abnehmen. Für die Stoffklassen der Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) und der Polychlorierten Biphenyle (PCB), in Abbildung 3.5-2, gezeigt am Beispiel des Fluoranthen und des PCB 153, sind die Gehalte in den Proben der Station Bremen Insel dagegen deutlich höher als in den Proben aus dem Binnenbereich und nehmen ab der Station Farge wie erwartet ab. Die Konzentrationen der in der Vergangenheit als Antifoulingmittel eingesetzten Tributylzinnverbindungen steigen in Bremen Insel sprunghaft an und nehmen in Richtung See zunächst ebenfalls leicht ab, um in Bremerhaven, vermutlich durch den Hafbetrieb, wieder anzusteigen.



**Abbildung 3.5-2: Gehalte ausgewählter organischer Schadstoffe und von TBT in der Fraktion < 20 µm von rezenten Feststoffen im Längsverlauf der Tideweser (2008 - 2010)**



Tabelle 3.5-1 fasst die Ergebnisse der Untersuchungen, die im Rahmen der UVU 2006 durchgeführt wurden, zusammen. Die Tabelle enthält außerdem die Schadstoffbelastungen an den als Referenz herangezogenen DMS der BfG für den Bezugszeitraum 2003 - 2005. Die mittleren Schadstoffgehalte sind farblich entsprechend ihrer Zuordnung zu den 5 Klassen „Wertstufe 1“ (= sehr hoch belastet, rot) bis „Wertstufe 5“ (= sehr gering belastet, blau) der im BfG-Bericht 1473 beschriebenen UVU-Methodik unterlegt (BfG 2006a, Ackermann et al. 2002). Zur besseren Unterscheidung der Belastungen wurde eine Zwischenstufe 2 - 3 (violett) eingeführt. Für Dioxine/Furane, für die in der HABAK-WSV keine Richtwerte vorgegeben wurden, fehlen Wertstufen. Die qualitative Bewertung orientiert sich an Empfehlungen der Bund/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine zur Bodensanierung und -nutzung (UBA (online)).

Da sich die Schadstoffgehalte der schwebstoffbürtigen Sedimente an den DMS vom Referenzzeitraum 2003 - 2005 zu den aktuellen Referenzwerten 2008 - 2010 leicht verändert haben, ist auch bei den Oberflächensedimenten mit einer entsprechenden Änderung zu rechnen. Während für die Schwermetallgehalte eine Abnahme der Belastung beobachtet wurde, wurden für die Gehalte der organischen Schadstoffe teilweise geringfügig höhere Werte festgestellt (Tabelle 3.5-2)

Nur die Chromgehalte sowohl der schwebstoffbürtigen Sedimente als auch der Oberflächensedimente sowie der beim geplanten Ausbau zu baggernden Sedimente bewegen sich im Bereich der Hintergrundbelastung und entsprechen damit der Wertstufe 5. Sie werden im Folgenden nicht mehr betrachtet.

Die aus den strömungsberuhigten Nebenarmen und Bühnenfeldern entlang der Tideweser ab ca. Unterweser-km 25 untersuchten Sedimente, die mit wenigen Ausnahmen einen Schluffanteil > 70 % aufweisen, zeigen in den oberen Schichten von 0 - 30 cm im Allgemeinen eine ähnliche Belastung wie die schwebstoffbürtigen Sedimente an den DMS (Abbildung 3.5-3 und Abbildung 3.5-4). In tieferen Schichten wurden in einigen Proben höhere Gehalte angetroffen, z. B. in Proben aus der Westergate, dem Rechten Nebenarm und der Schweiburg. Auffällig ist die Zunahme der Gehalte einiger Schadstoffe vor allem in den oberen 30 cm von zwei im Jahr 2011 in der Außenweser entnommenen Sedimentkernen (Tettenser Plate, Weser-km 67,5 und Franziusplate, Weser-km 70) im Vergleich zu entsprechenden Proben aus dem Jahr 1999. Höhere Gehalte als in den alten Proben wurden z. B. für Zink, Blei, PCBs und DDX-Verbindungen festgestellt. Die Ursache für die erhöhten Belastungen ist nicht bekannt. In einem weiteren Kern aus diesem Bereich (Blexer Plate) wurde diese Zunahme der Konzentrationen mit der Zeit nicht beobachtet. Auf die Belastungen der Seitenbereiche wird bei der folgenden Beschreibung der Weserabschnitte detaillierter eingegangen. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse ist in Vorbereitung.

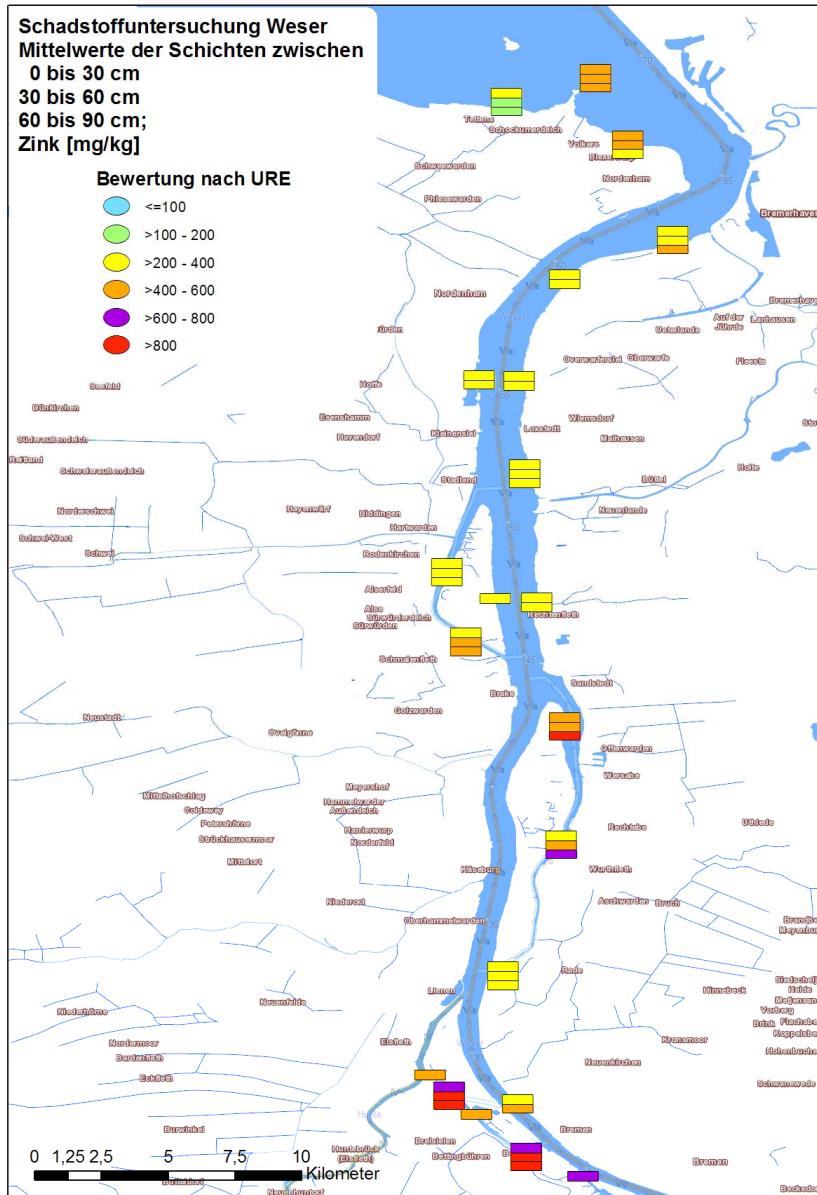
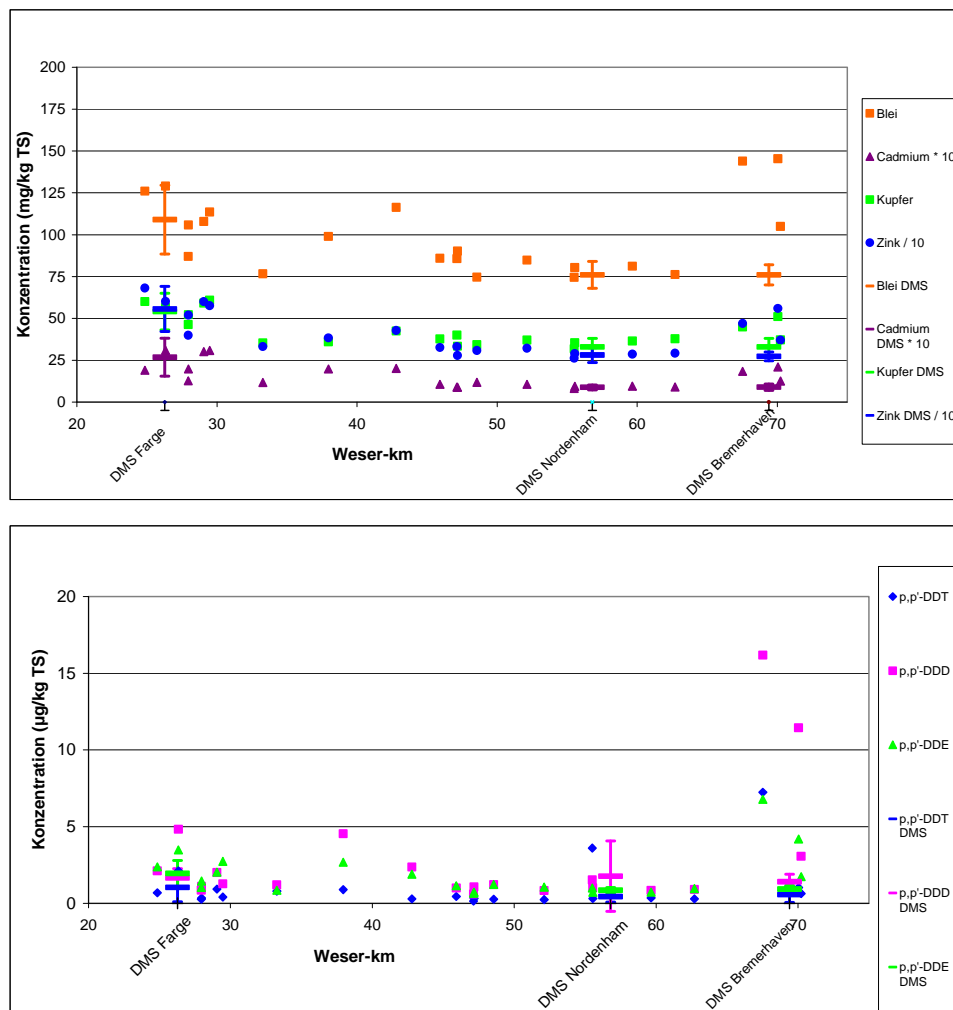


Abbildung 3.5-3: Zinkgehalte in Schichttiefen bis zu 90 cm aus strömungsberuhigten Seitenbereichen der Tideweser (Probenahme August 2011)



**Abbildung 3.5-4: Gehalte ausgewählter Schwermetalle und organischer Schadstoffe in Oberflächenproben aus strömungsberuhigten Seitenbereichen der Tideweser (Probenahme August 2011)**

> Unterweser bis km 7,25

Zu Schadstoffkonzentrationen in der Unterweser bis km 7,25 liegen nur Ergebnisse von Baggergutuntersuchungen aus der Unterweser im Bereich der Bremer Häfen (km 6 - 8) aus den Jahren 2004 und 2011 vor (BfG 2005a, Stammerjohann 2012a). In diesem Bereich, in dem Sedimente mit einem relativ hohen mittleren Feinkornanteil von 30 - 36 % der Feinkornfraktion < 20 µm vorliegen, zeigten bei den Untersuchungen im Jahr 2004 die Gehalte von Cadmium, Chrom, Quecksilber, Kupfer, den Kohlenwasserstoffen sowie TBT z.T. deutlich höhere Gehalte als an den DMS Hemelingen und Bremen Insel. Während die Konzentrationen einiger Schadstoffe an den DMS Hemelingen (km 360,95) und Bremen Insel (km 7,25) vom Zeitraum 2003 - 2005 zu den Jahren 2008 - 2010 abgenommen haben (siehe Tabelle 3.5-2), liegen die Konzentrationen der o. g. Schwermetalle in den untersuchten Sedimenten des Baggerbereiches in den Bremer Häfen im Jahr 2011 immer noch ähnlich hoch wie im Jahr 2004. Die Quecksilber- und Zinkkonzentrationen sind sogar um 30 % bzw. 50 % gestiegen (Stammerjohann 2012a). Auch die PCB-Konzentrationen im Hafens-Baggertgut aus dem Jahr 2011 übersteigen die Konzentrationen aus dem Jahr 2004 um ca.

45 %. Für diese Stoffe gibt es u. U. lokale Quellen im Bereich der Bremer Häfen und die Schadstoffkonzentrationen sind damit nicht als typisch für diesen Bereich anzusehen. Die hohen im Jahr 2004 angetroffenen Kohlenwasserstoffkonzentrationen wurden in 2011 dagegen nicht mehr gefunden. Die TBT-Konzentrationen im Baggergut sind zwar auch im Jahr 2011 höher als die aktuellen TBT-Konzentrationen an der DMS Bremen Insel, doch sind sie seit 2004 aufgrund des seit 2008 EU-weit und international geltenden Verbotes von TBT-haltigen Antifoulinganstrichen deutlich von 147 µg TBT/kg auf 65 µg TBT/kg, jeweils bezogen auf die Gesamtprobe (d. h. < 2 mm), zurückgegangen.

Aus der übrigen Strecke dieses Weserabschnittes liegen keine Informationen zur Schadstoffbelastung vor.

> Unterweser km 7,25 - km 55:

Die Oberflächensedimente des Hauptstroms der Unterweser sind überwiegend sandig und es wurden nur Proben ab km 51 auf Schwermetalle und TBT sowie Dioxine/Furane untersucht. Für die Bestimmung der weiteren organischer Schadstoffe waren die Feinkornanteile zu gering. Die Gehalte der Dioxine/Furane sind als gering einzustufen. Die Belastung mit Schwermetallen entspricht mit Ausnahme der Zinkgehalte der Wertstufe 4 (geringe Belastung). Die Zinkgehalte sind der Stufe 3 (mittlere Belastung) zuzuordnen. Aufgrund der geringen Feinanteile wurden die sandigen Oberflächensedimente aus der Riffelstrecke (km 18 - 55) der Unterweser zusammenfassend der Wertstufe 4 (geringe Belastung) zugeordnet, da sie keine wesentlichen Schadstoffanreicherungen erwarten lassen.

**Tabelle 3.5-1: Schadstoffbelastung der Sedimente und Schwebstoffe der Unter- und Außenweser  
(in < 20 µm-Fraktion)**

Teilraum	Arsen mg/kg	Cadmium mg/kg	Chrom mg/kg	Kupfer mg/kg	Quecksilber mg/kg	Nickel mg/kg	Blei mg/kg	Zink mg/kg	Summe 16 PAK mg/kg	Summe 6 PAK mg/kg	Kohlenwasserstoffe mg/kg	Pentachlorbenzol µg/kg	Hexachlorbenzol µg/kg	α-HCH (Linden) µg/kg	γ-HCH (Linden) µg/kg	Summe 7 PCB µg/kg	p,p'-DDT µg/kg	p,p'-DDD µg/kg	p,p'-DDE µg/kg	TBT in <20 µm µg TBT/kg	TBT in <2 nm µg TBT/kg	PCDD/PCDF I-TEQ (NATO/CCMS) ng/kg TM	TOC %					
<b>Unteres bis km 55</b>																												
Messstation Hennemingen, km 360,95 (2003-2005)	22	5,2	62	68	0,41	57	189	902	3,3	1,8	282	0,67	2,2	0,16	0,76	41	2,5	2,6	3,3	69	55		7,5					
Messstation Bremen Insel, km 7,25 (2003-2005)	22	5,2	74	85	0,42	60	172	882	7,9	4,3	122	0,41	1,2	0,10	0,61	60	0,91	2,3	2,4	151	70		3,5					
Messstation Farge, km 26,25 (2003-2005)	24	3,1	70	60	0,39	54	132	630	3,1	1,6	212	0,52	1,6	0,10	0,56	28	2,5	2,0	2,2	113	70		4,8					
Oberflächenproben km 8 - 55 (UVU 06)	19	1,0	71	33	0,26	50	75	312	Feinkornanteil <20 µm zu gering für Berechnung													3,5	0,09					2,3
Schweiburg (UVU 06)	21	1,3	72	36	0,40	43	94	337	2,5	1,2	433	<1,9	<1,9	<0,4	<0,4	26	<1,9	<1,9	<1,9	120	30		1,3					
Rechter Nebenarm, Einzelprobe km 6,75 (UVU 06)	26	3,3	78	47	2,7	48	192	567	4,0	2,2	363	<0,7	<0,7	<1,5	<0,7	123	2,8	2,9	4,9	55	38		3,3					
Rechter Nebenarm, Mittelwert (UVU 06)	20	1,7	73	39	0,75	44	110	385	3,3	1,7	277	<1,6	<1,6	<0,6	<0,6	51	<2,1	2,3	<2,6	95	23		1,5					
<b>Unteres km 55 - 68:</b>																												
Messstation Nordenham, km 56,6 (2003-2005)	28	1,0	80	41	0,40	49	95	332	1,9	0,85	100	0,59	0,70	0,10	0,17	16	0,58	1,7	1,2	69	24		1,5					
Oberflächenproben (UVU 06)	22	1,3	75	36	0,43	47	96	330	3,4	1,7	572	<2,0	<2,0	<0,8	<0,4	33	<2,0	2,6	2,1	96	20		2,0					
Sedimentkerne Ausbaubegleitgut (UVU 06)	25	1,5	79	33	0,63	40	108	341	4,8	2,6	480	<3,0	<3,0	<0,9	<0,8	58	<3,0	<3,0	<3,0	200	31		1,7					
<b>Außenweser km 65 - 120:</b>																												
Messstation Nordschleuse, km 69,5 (2003-2005)	28	1,0	77	33	0,37	46	86	303	1,9	0,91	<70	0,42	0,54	0,08	0,13	12	<0,4	1,4	0,83	89	31		1,7					
Oberflächenproben (UVU 06)	22	0,8	74	29	0,28	49	69	234	<2,4	<1,0	510	<3,0	<3,0	<0,6	<0,6	<25	<3,0	<3,0	<3,0	78	12		1,3					
Sedimentkerne Ausbaubegleitgut (UVU 06)	21	<0,5	69	17	<0,2	43	35	158	<1,9	<0,9	<290	<3,0	<3,0	<0,6	<0,6	<21	<3,0	<3,0	<3,0	26	3,4		2,0					
<b>URE-Wertstufen</b>																												
sehr hoch (unbelastet)	10	0,3	80	20	0,2	30	25	100	0,1	0,05	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
hoch	20	1,2	100	60	0,8	50	100	200	2	1	300	1	2	0,4	0,2	20	1	3	1	20								
mittel	40	2,4	200	120	1,6	100	200	400	6	3	1000	3	6	1	0,6	60	3	10	3	60								
gering	60	3,6	300	180	2,4	150	300	600	12	6	2000	6,5	13	2	1,3	130	6,5	20	6,5	130								
gering (Tendenz sehr gering)	80	4,8	400	240	3,2	200	400	800	18	9	3000	10	20	3	2	200	10	30	10	200								
sehr gering (hoch belastet)	>80	>4,8	>400	>240	>3,2	>200	>400	>800	>18	>9	>3000	>10	>20	>3	>2	>200	>10	>30	>10	>200								
RW1 (GÜBAK/HABAK)	40	1,5	120	30	0,7	70	90	300	1	1	300	1	2	0,4	0,2	20	1	3	1	20								
RW2 (GÜBAK/HABAK)	120	4,5	360	90	2,1	210	270	900	3	3	1000	3	6	1	0,6	60	3	10	3	300								

**Tabelle 3.5-2: Schadstoffbelastung der Sedimente und Schwebstoffe der Unter- und Außenweser  
(in < 20 µm-Fraktion)**

Teilraum	Arsen mg/kg	Cadmium mg/kg	Chrom mg/kg	Kupfer mg/kg	Queck- silber mg/kg	Nickel mg/kg	Blei mg/kg	Zink mg/kg	Summe 16 PAK mg/kg	Summe 6 PAK mg/kg	Kohlen- wasser- stoffe mg/kg	Penta-chlor- benzol µg/kg	Hexachlor- benzol µg/kg	α-HCH (Lindan) µg/kg	γ-HCH (Lindan) µg/kg	Summe 7 PCB µg/kg	p,p- DDT µg/kg	p,p- DDD µg/kg	p,p-DDE µg/kg	TBT in <20 µm µg TBT/kg	TBT in <2 mm µg TBT/kg	TOC %	
Messstation Hemeilingen, km 360,95 (2003-2005)	22	5,25	62	68	0,41	57	189	902	3,3	1,8	282	0,67	2,2	0,16	0,76	41	2,5	2,6	3,3	69	54,6	7,52	
Messstation Hemeilingen, km 360,95 (2008-2010)	18	4,34	61	67	0,37	55	160	788	3,1	1,8	239	0,38	2,0	0,09	0,28	36	1,3	1,9	2,7	15	11,1	6,47	
Messstation Bremen Insel, km 7,25 (2003-2005)	22	5,20	74	85	0,42	60	172	882	7,9	4,3	122	0,41	1,2	0,10	0,61	60	0,91	2,3	2,4	151	70	3,5	
Messstation Bremen Insel, km 7,25 (2008-2010)	18	4,12	65	77	0,41	52	150	775	7,9	4,5	193	0,94	3,5	0,30	0,36	66	1,7	2,9	3,2	90	21	2,49	
Messstation Farge, km 26,25 (2003-2005)	24	3,10	70	60	0,39	54	132	630	3,1	1,6	212	0,52	1,6	0,10	0,56	28	2,5	2,0	2,2	113	70	4,79	
Messstation Farge, km 26,25 (2008-2010)	19	2,70	67	55	0,35	48	111	567	2,7	1,6	167	0,35	1,2	0,08	0,17	27	2,8	1,9	2,2	61	40	5,04	
Messstation Nordenham, km 56,6 (2003-2005)	28	1,00	80	41	0,40	49	95	332	1,9	0,9	100	0,59	0,70	0,10	0,17	16	0,58	1,7	1,2	69	24	1,5	
Messstation Nordenham, km 56,6 (2008-2010)	20	0,87	71	33	0,32	40	77	283	1,6	0,9	140	0,32	0,66	0,09	0,12	13	0,44	1,5	0,84	38	16	2,2	
Messstation Nordschleuse, km 69,5 (2003-2005)	28	1,00	77	33	0,37	46	86	303	1,9	0,91	<70	0,42	0,54	0,08	0,13	12	<0,35	1,4	0,83	89	31	1,7	
Messstation Nordschleuse, km 69,5 (2008-2010)	23	0,94	80	35	0,40	41	77	283	1,7	0,9	184	0,30	0,80	0,12	0,15	16	0,54	1,5	1,0	58	19	1,8	
URE-Wertstufen	10	0,3	80	20	0,2	30	25	100	0,1	0,05	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
sehr hoch (unbelastet)	hoch	1,2	100	60	0,8	50	100	200	2	1	300	1	2	0,4	0,2	20	1	3	1	30	20		
mittel	40	2,4	200	120	1,6	100	200	400	6	3	1000	3	6	1	0,6	60	3	10	3	60	60		
gering (Tendenz sehr gering)	60	3,6	300	180	2,4	150	300	600	12	6	2000	6,5	13	2	1,3	130	6,5	20	6,5	130	130		
sehr gering (hoch belastet)	80	4,8	400	240	3,2	200	400	800	18	9	3000	10	20	3	2	200	10	30	10	200	200		
>80	>4,8	>400	>240	>240	>3,2	>200	>400	>800	>18	>9	>3000	>10	>20	>3	>2	>200	>10	>30	>10	>200	>200		
RW1 (GUBAK/HABAK)	40	1,5	120	30	0,7	70	90	300	1	300	1	2	2	0,4	0,2	20	1	3	1	20	20		
RW2 (GUBAK/HABAK)	120	4,5	360	90	2,1	210	270	900	3	1000	3	3	6	1	0,6	60	3	10	3	300	300		

Ergebnisse aus dem Monitoring an DMS, aus Baggergutuntersuchungen aus Häfen sowie aus Untersuchungen in strömungsberuhigten Seitenbereichen in diesem Abschnitt der Unterweser zeigen im Vergleich zu den Proben aus dem Hauptstrom deutlich höhere Feinkornanteile und höhere Schadstoffgehalte. Während an der DMS Bremen Insel im Bezugszeitraum 2003 bis 2005 für die UVU 2006 sehr hohe Cadmium- und Zinkgehalte (Stufe 1) und hohe PAK-, Lindan- und TBT-Gehalte (Stufe 2 bzw. 2 - 3) beobachtet wurden, lagen die Belastungen bei der DMS Farge bereits niedriger und nur für Cadmium, Zink und TBT waren die Gehalte noch der Stufe 2 zugeordnet. Die Schwermetallgehalte in Proben der DMS haben mit der Zeit leicht abgenommen und für den Referenzzeitraum 2008 - 2010 entsprechen die Cadmium- und Zinkgehalte nur noch der Wertstufe 2. Bei den organischen Schadstoffen liegen die Gehalte im Zeitraum 2008 - 2010 dagegen z. T. etwas höher als im Zeitraum 2003 - 2005.

Untersuchungen aus Häfen bestätigen (BfG 2005a, BfG 2006b, Stammerjohann 2012a), dass in diesen Bereichen die Schadstoffgehalte in frisch abgelagerten, feinkörnigen Sedimenten den in den schwebstoffbürtigen Sedimenten an den DMS Bremen Insel und Farge angetroffenen Werten entsprechen. Ergebnisse von Proben der DMS aus früheren Jahren zeigen, dass ältere Feststoffe höhere Belastungen tragen können.

Auch in den Nebenarmen Schweiburg und Rechter Nebenarm entsprachen die mittleren Gehalte für Arsen, Cadmium, Blei und Zink sowie der PAK und einiger der chlororganischen Verbindungen in den Proben aus dem Jahr 2005 nur der Wertstufe 3 (vgl. Tabelle 3.5-1). Die Belastung mit TBT war, wie in den meisten übrigen untersuchten Bereichen der Tideweser, als hoch entsprechend der Wertstufe 2 einzuordnen. Eine Einzelprobe aus dem Rechten Nebenarm zeigte auch für Cadmium, Quecksilber und Zink sowie die PCB und p,p'-DDE eine hohe Belastung (Stufe 2). Ebenso lag die Belastung mit Dioxinen/Furanen in dieser Probe mit 15 ng/kg I-TEQ deutlich höher als die Belastung der übrigen Proben aus der Unterweser und der Nebenarme. Untersuchungen der BfG an Sedimentkernen aus den Nebenarmen aus dem Jahr 1999 bestätigen die Einstufung der Schwermetallgehalte einzelner, auch tieferer Schichten in die Wertstufe 2, z. T. entsprechen die Gehalte sogar der Wertstufe 1. Auch die PCB, p,p'-DDD und p,p'-DDE sowie die PAK fallen in einzelnen Schichten in die Stufe 2, TBT entspricht z. T. der Wertstufe 1.

Die im September 2011 in den Nebenarmen sowie weiteren strömungsberuhigten Bereichen der Unterweser erneut untersuchten Sedimentkerne ermöglichen eine Überprüfung der Entwicklung der Schadstoffbelastungen der Oberflächensedimente in den Seitenbereichen und geben Hinweise auf das Sedimentationsverhalten in diesen Bereichen. Die Schwermetallgehalte in den oberen 30 cm dieser Proben entsprechen mit Ausnahme einer Probe aus dem Rechten Nebenarm im Wesentlichen der Belastung der schwebstoffbürtigen Sedimente an den DMS Farge und Nordenham und geben damit einen Hinweis auf rezente Ablagerungen. Im Bereich Westergate/Farge fallen in einigen Proben aus den oberen 30 cm deutlich gegenüber der aktuellen Belastung an den DMS erhöhte TBT-Gehalte auf. Da die Gehalte der Schwermetalle und der übrigen organischen Schadstoffe im Bereich der aktuellen Belastung der frischen schwebstoffbürtigen Sedimente liegen, und es damit keinen Hinweis auf evtl. höher belastete Altsedimente gibt, ist von einer lokalen TBT-Quelle auszugehen. Auch in

Proben aus dem Rechten Nebenarm sowie der Schweiburg liegen die TBT-Gehalte höher als an den DMS, jedoch in geringerem Ausmaß.

An zwei Probenahmestationen aus dem Rechten Nebenarm treten in den Schichten von 30 - 60 cm sowie von 60 - 90 cm häufig Schadstoffgehalte auf, die gegenüber der aktuellen Belastung der Proben der DMS erhöht sind und damit einen Hinweis auf ältere Sedimentablagerungen geben. Die bei der Untersuchung aus dem Jahr 2005 im Rechten Nebenarm angetroffene erhöhte Belastung mit Cadmium, Zink und Quecksilber zeigt sich auch bei der aktuellen Beprobung in den tieferen Schichten von 30 - 60 cm und noch deutlicher von 60 - 90 cm. Diese erhöhte Belastung zeigt sich, wie bereits in 2005, auch bei den PCBs, p,p'-DDD und TBT. Auch am südlichen Eingang der Schweiburg in die Tideweser wurden in der Schicht von 30 bis 60 cm erhöhte Schadstoffgehalte nachgewiesen. Diese Tiefenprofile geben einen Hinweis auf eine deutliche Sedimentation seit 2005 im Rechten Nebenarm.

> Unterweser km 55 - 58

Die 2005 ermittelte Schadstoffbelastung der schwebstoffbürtigen Sedimente an der DMS Nordenham (Weser-km 56,5), die der Oberflächensedimente sowie der Sedimente bis zu einer Tiefe von 1,8 m entspricht, mit Ausnahme der Belastung mit TBT, den Wertstufen 3 und 4. Die TBT-Belastung ist in die Stufe 2 - 3 einzustufen, wobei die tieferen Sedimentschichten höhere Gehalte aufweisen (Stufe 2). Dioxine wurden in allen Proben in geringen Konzentrationen, die die Zielgröße für eine ungeprüfte Nutzung von Böden von < 5 µg/kg (UBA (online)) unterschreiten, nachgewiesen (BfG 2006a).

Die Untersuchung von Proben, die im Jahr 2011 aus Bühnenfeldern bei Nordenham sowie von der Luneplate entnommen wurden, ergab ähnliche Belastungen wie in den Proben aus dem Jahr 2005 aus dem Hauptstrom.

> Außenweser km 65 - 120

Wie bereits oben beschrieben, nimmt die Belastung der Sedimente für viele Schadstoffe in der Regel in Richtung See ab. Entsprechend fallen in den Sedimenten der Außenweser nur die TBT-Gehalte in die Wertstufe 2 und die Gehalte des Arsen, Zink und der Kohlenwasserstoffe in die Stufe 3 (vgl. Tabelle 3.5-1). Bei den übrigen organischen Schadstoffen lagen die Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze (die Zuordnung in die Wertstufe 3 erfolgt hier nur aufgrund der Bestimmungsgrenzen und kann nicht für die Gesamtbewertung verwendet werden). Auch die Belastung mit Dioxinen/Furanen ist in der Außenweser noch geringer als in den Proben aus der Unterweser.

Bei der Untersuchung von Proben aus Wattbereichen der Außenweser im Jahr 2011 wurde abweichend von dem erwarteten abnehmenden Schadstoffgradienten an 2 von 3 Probenahmestationen eine Zunahme der Schadstoffgehalte im Längsgradienten festgestellt. Zudem nahmen die Gehalte z. T. zur Oberfläche hin zu (Abbildung 3.5-3). Ein entsprechender Anstieg der Gehalte an der DMS Bremerhaven wurde nicht beobachtet. Für Arsen, Blei, Kupfer, Nickel und Zink lagen die Gehalte in den oberen Schichten dieser beiden Sedimentkerne aus dem Jahr 2011 außerdem höher als in Sedimentkernen, die 1999 untersucht wurden. Da in tieferen Schichten der Proben aus 1999 keine so hohen Gehalte angetroffen



wurden, sind die oberflächennahen hohen Belastungen der aktuellen Proben nicht auf eine eventuelle Erosion der Wattsedimente zurückzuführen. Lokale Quellen sind nicht ausgeschlossen. An der dritten Probenahmestation liegen die Schwermetallgehalte der Proben aus 1999 und 2011 auf etwa einem Niveau.

Die Schadstoffbelastungen an den ausgewiesenen Unterbringungsstellen K4, K6, T2 und T3 wurde bei den Untersuchungen für die UVU im Jahr 2006 nicht untersucht. Aufgrund der hohen Sedimentdynamik ist aber von einer relativ homogenen Schadstoffbelastung der Oberflächensedimente im Bereich der Außenweser auszugehen und damit einer ähnlichen Belastung im Baggergut und an Unterbringungsstellen.

> Hunte von Oldenburg bis zur Mündung, km 0 - 24,6

Aus der Hunte stehen nur Daten, die im Rahmen von Baggermaßnahmen erhoben wurden, zur Verfügung. Es werden Daten aus den Jahren 2006 bis 2011 aus dem Bereich der Hunte vor der Elsflether Werft (BfG 2006b, BfG 2007, GBA 2010a), aus der Hunte im Bereich Oldenburg (BfG 2009a) sowie der gesamten Hunte von km 0 bis 23 (GBA 2012a) betrachtet.

Zwei Proben aus dem Bereich der Kolkverfüllung bei Hunte-km 15,4 bis 16,2 aus dem Jahr 2011 fallen durch extrem hohe Gehalte an Kupfer, Zink und Blei, aber auch erhöhte Cadmiumgehalte von 10 mg/kg auf (GBA 2012a). Die hohe Belastung kann durch die hier in den Jahren 2004 und 2005 verbauten 46.000 t eines Wasserbausteingemischs auf Eisensilikatbasis verursacht sein. Es ist aber auch möglich, dass die kurz vor der Beprobung erfolgte Havarie eines Erzfrachters mit Verlust von Ladung bei Hunte-km 16,5 zu dieser Kontamination geführt hat. Die Gehalte der o. g. Metalle sind um etwa die Faktoren 5 (Cadmium) bis 10 höher als in der Hunte üblich. Diese hoch belasteten Proben werden bei der vergleichenden Bewertung im Folgenden nicht berücksichtigt.

Bei dieser Untersuchung im Jahr 2011 (GBA 2012a) wurden in der Hunte von km 0 bis ca. km 13 im Mittel Schwermetallgehalte ermittelt, die sich im Bereich der Belastung an der Dauermessstation Farge bewegen oder niedriger sind. Nur in 2 der 16 Proben aus diesem Abschnitt der Hunte wurden für einzelne Elemente erhöhte Gehalte angetroffen, die die Belastung bei Farge um den Faktor 3 übersteigen. Der mittlere Arsengehalt lag um etwa den Faktor 2 höher als an der Referenzstelle Farge. Von Hunte-km 21 bis km 23 lagen die Schwermetallgehalte um weniger als den Faktor 1,5 höher als bei Farge. Lediglich der mittlere Zinkgehalt ist im unteren Bereich der Hunte mit ca. 720 mg/kg TS höher als im Abschnitt 0 bis 13 km. Die Belastung mit organischen Schadstoffen mit Ausnahme des TBT ist gering und entspricht den Wertstufen 3 und 4. TBT ist dagegen der Stufe 2 zuzuordnen und liegt um etwa den Faktor 2 höher als die aktuellen Werte bei Farge.

Die Untersuchungen im Oldenburger Abschnitt der Hunte von km 0 - 2 im Jahr 2008 (BfG 2009a) ergaben nur für Cadmium und TBT eine höhere Belastung als im Jahr 2011, die bei Cadmium zu einer Einstufung in Wertstufe 2 und für TBT in Wertstufe 1 führte.

Untersuchungen an Oberflächenproben aus dem Bereich der Wendestelle Oldenburg (Hunte-km 0,6 - 0,8) (GBA 2011) zeigten für Schwermetalle und z. T. auch für die organischen

Schadstoffe Gehalte, die der aktuellen Belastung bei Farge entsprechen. Die Belastung mit PAKs ist mit 12 mg/kg (Wertstufe 2) jedoch um den Faktor 4,4 deutlich erhöht. Auch für PCBs und TBT liegen die Gehalte um den Faktor 2 bzw. 3 über der mittleren Belastung bei Farge. Während die Gehalte für PCBs und TBT in den Oberflächenproben im Vergleich zu Ergebnissen aus gleichzeitig untersuchten Tiefenprofilen deutlich niedriger lagen, wurde für PAKs keine Abnahme der Belastung in den oberen und damit jüngeren Schichten festgestellt. Diese gleichbleibende Belastung weist auf aktuell bestehende PAK-Quellen hin.

Die in Sedimentproben aus dem Osthafen Oldenburg ermittelte Schadstoffbelastung (GBA 2012b) gibt keinen Hinweis darauf, dass ein Austrag von Hafensedimenten zu den teilweise erhöhten Schadstoffgehalten in diesem Bereich der Hunte beitragen.

In der Hunte vor dem Hafen Elsfleth sind die mittleren Chromgehalte der Untersuchungen in den Jahren 2006 und 2007 gegenüber den an der DMS Farge für diesen Zeitraum nachgewiesenen Werten sowie den Ergebnissen von der Hunte km 0 - 13 aus dem Jahr 2011 um den Faktor 1,6 bis 2 erhöht und entsprechen der URE-Stufe 3. Auffallend hoch sind die Gehalte der PAKs und des TBT bei allen drei Untersuchungen (2006 (BfG 2006b), 2007 (BfG 2007), 2009 (GBA 2010a) in diesem Bereich. Im Jahr 2006 sind vor allem die Gehalte der PAKs mit ca. 40 mg/kg (Summe 13 in der Fraktion < 63 µm) und des TBT mit ca. 1.000 µg TBT/kg in der Gesamtprobe < 2mm bzw. 8.600 µg TBT/kg in der Feinkornfraktion < 20 µm besonders hoch. Die Belastungen mit PAKs und TBT in den übrigen Proben sind mit 3,9 mg/kg bzw. 280 µg TBT/kg zwar deutlich geringer, aber im Vergleich zu den Weserschwebstoffen bei Farge noch erhöht. Auch die Gehalte der PCBs und der Verbindungen der DDX-Gruppe sind im Jahr 2006 in den Proben, die direkt vor dem Werfthafen genommen wurden, sehr hoch und überschreiten die Belastung der Weserschwebstoffe um den Faktor 5 (PCBs) bzw. um mehr als den Faktor 10 (DDX-Gruppe). Die Belastungen dieser Stoffe liegen hier in der Wertstufe 1 nach URE. In den übrigen Proben aus dem Fahrwasser im Bereich Hunte-km 21 bis 23 ist die Belastung der Sedimente mit organischen Schadstoffen maximal um den Faktor 2 gegenüber der regionalen Belastung bei Farge erhöht.

Im Jahr 2007 ist die Belastung der Hunte-Sedimente vor dem Elsflether Werfthafen mit einem mittleren TBT-Gehalt von ca. 2.500 µg TBT/kg in der Gesamtprobe bzw. bis zu 5.700 µg TBT/kg in der Feinkornfraktion < 20 µm ebenfalls sehr hoch. Im Hafen wurden ähnlich hohe TBT-Gehalte angetroffen. Auch die Belastung der Sedimente im Bereich des Werfthafens mit PAKs ist hoch, wobei die höchste Belastung mit ca. 24 mg/kg in den Proben an der Grenze zwischen Hafen und Hunte festgestellt wurden (Wertstufe 1). Auch die Gehalte der übrigen untersuchten organischen Schadstoffe lagen in Proben, die an der Grenze zwischen Hafen und Hunte genommen wurden, höher als in den Proben aus dem Hafen und Proben außerhalb des Baggerbereiches. Im Jahr 2009 lag die TBT-Belastung mit 500 µg TBT/kg in der Gesamtprobe < 2 mm bzw. 2.400 µg TBT/kg in der Fraktion < 20 µm ebenso wie die Gehalte des p,p'-DDD und der PAKs immer noch hoch.

Zusammenfassend sind in den Sedimenten der Hunte ebenso wie in der Tideweser vor allem für Cadmium, Zink, PAKs und TBT hohe Gehalte nachzuweisen. Die Cadmium- und Zinkgehalte der verschiedenen Untersuchungen sind ähnlich wie in der Tideweser bei der Mess-

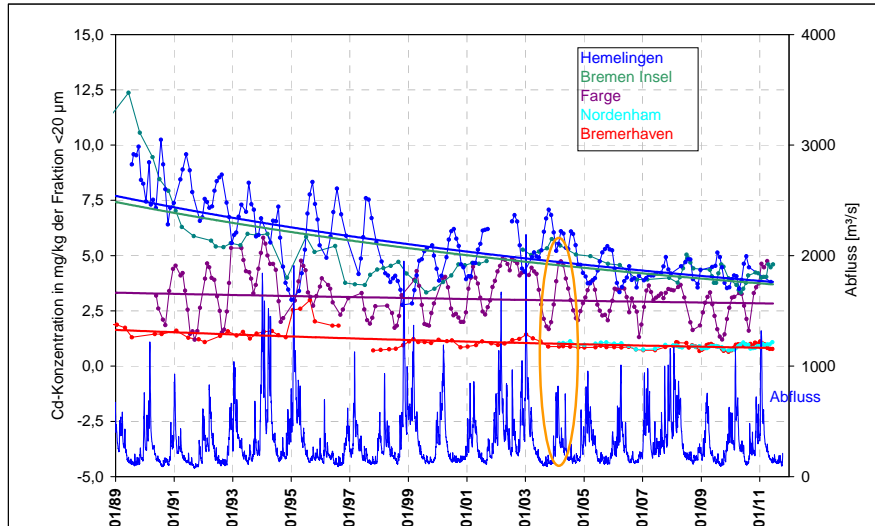
station Farge den URE-Stufen 2 und 3 zuzuordnen. Die TBT-Gehalte liegen oft deutlich höher als in der Weser und entsprechen überwiegend der URE-Wertstufe 1. Auch die PAK-Gehalte sind oft gegenüber der Belastung der Sedimente der Tideweser erhöht und z. T. werden die Bewertungsstufen 1 und 2 erreicht. Belastungsschwerpunkte wurden im Bereich Oldenburg, bei der Kolkverfüllung bei km 15,4 - 16,2 und vor dem Elsflether Werfthafen festgestellt.

#### Freisetzung von Schadstoffen aus Sedimenten

Eluatuntersuchungen zur Überprüfung der möglichen Freisetzung von Schadstoffen aus den Sedimenten an einer Probe aus der Unterweser km 8 - 55, an vier Proben aus dem Bereich Weser-km 55 - 58 und an fünf Proben aus dem Rechten Nebenarm und der Schweiburg zeigten keine signifikante Freisetzung von Schwermetallen. Die Zielvorgaben der LAWA für Oberflächengewässer wurden im Mittel eingehalten (LAWA 1998). Die Mobilisierbarkeit der feststoffgebundenen organischen Schadstoffe wurde an den vorliegenden Proben nicht untersucht. Es ist aber aus früheren Untersuchungen bekannt, dass die Freisetzung dieser Stoffe ebenfalls sehr gering ist (BfG 2005b).

#### Zeitliche Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen in schwebstoffbürtigen Sedimenten der Dauermessstellen (DMS)

Die zeitliche Entwicklung der Schwermetallgehalte (siehe Abbildung 3.5-5 für Cadmium) an den verschiedenen Stationen bestätigt, dass Unterschiede der Chrom- und Nickelgehalte an den verschiedenen Stationen sehr gering sind (ohne Abbildung). Seit Ende der 1990er Jahre sind die Gehalte einiger Schwermetalle vor allem an den Stationen Hemelingen und Bremen Insel zurückgegangen, wobei der Konzentrationsrückgang für Cadmium und Quecksilber bei etwa 30 - 40 % liegt. Ebenso haben die Nickelgehalte, je nach Station um 25 - 55 % abgenommen. Für Zink ist bei Hemelingen und Bremerhaven Nordschleuse ein Rückgang der Belastung um ca. 20 % zu beobachten, während er bei den Stationen Bremen und Farge unter 10 % liegt. Die Arsen- und Bleigehalte sind an allen Stationen um max. 10 % zurückgegangen. Bei Chrom ist die Konzentrationsabnahme durch eine Änderung der Analyse-methode im Jahr 2003 bedingt.



**Abbildung 3.5-5: Zeitliche Entwicklung der Cadmiumgehalte an Dauermessstationen im Längsverlauf der Weser von 1989 bis 2010 und Oberwasserabfluss bei Intschede, Weser-km 331 (durchgezogene Linien: Trendlinien; orangenes Oval kennzeichnet Beispiel für parallelen Verlauf Cd-Konzentration - Oberwasserabfluss bei Farge)**

Die Schwermetallgehalte zeigen an den Stationen Hemelingen, Bremen Insel und Farge deutliche Variationen, die jedoch nicht parallel laufen (Abbildung 3.5-5). Die Schadstoffgehalte bei Hemelingen geben einen Hinweis auf den Schadstoffeintrag ins Ästuar. Für die Abschätzung der Frachten sind jedoch zusätzliche Informationen zu den Schwebstoffgehalten erforderlich. An der Station Farge werden regelmäßig bei hohen Oberwasserabflüssen mit nur geringer zeitlicher Verzögerung hohe Schwermetallgehalte im Feststoff gemessen (siehe orangene Markierung in Abbildung 3.5-5); umgekehrt sind die Schwermetallgehalte bei niedrigen Oberwasserabflüssen gering. Diese Änderungen lassen sich wie im Elbeästuar durch wechselnde marine Anteile erklären (BfG 2008). In Richtung See wird der Schwankungsbereich der Schwermetallgehalte immer geringer. An der weiter stromauf gelegenen Station Bremen Insel lassen die Konzentrationsänderungen keine Verdünnung der Schwermetallgehalte durch marine Feinsedimente bei niedrigen Oberwasserabflüssen erkennen.

Für die Gehalte organischer Schadstoffe ist eine eindeutige Abnahme wie bei den Schwermetallen nicht nachzuweisen. Allerdings liegen ausreichende Daten erst ab ca. 1999 vor. Für einige Stoffe, z. B. PCB und PAK sowie einige der Organochlorpestizide, wurden vom Zeitraum 1999 - 2001 bis zum Zeitraum 2008 - 2010 an einzelnen Stationen überwiegend Zunahmen der Belastung um mehrere 10 % bis zu mehr als 100 % festgestellt. Vor allem in Bremen Insel zeigen die Gehalte vieler Stoffe deutliche Zunahmen mit der Zeit. Einen Rückgang der Konzentrationen um ca. 80 % bzw. 35 % ist für TBT an den Stationen Farge und Bremerhaven Nordschleuse zu beobachten. Allerdings sind die Aussagen für die organischen Schadstoffe aufgrund der größeren analytischen Unsicherheit nicht so belastbar wie für die Schwermetalle.

### Bewertung der Schadstoffgehalte nach HABAB-WSV und GÜBAK

Die im Bereich der Unterweser bis km 55 überwiegend sandigen Sedimente aus dem Hauptstrom der Weser können gemäß HABAB in der Regel ohne Untersuchung der Schadstoffe im Gewässer umgelagert werden. Sollten feinkörnige Sedimente aus strömungsberuhigten Bereichen zu entfernen sein, so sind bei einer Baggergutunterbringung im näheren Umfeld des Baggerbereiches meistens ebenfalls keine Einschränkungen für die Umlagerung zu erwarten, da die regionale Belastung die Basis für die Bewertung liefert. Nur bei den Kohlenwasserstoffgehalten ist auf der Basis der derzeit für die Oberflächensedimente vorliegenden Daten eine Überschreitung der dreifachen regionalen Belastung (Dreijahresmittelwert) nicht auszuschließen. Auch die Quecksilberbelastung von 2,7 mg/kg einer Einzelprobe aus dem Rechten Nebenarm würde die dreifache regionale Hg-Belastung deutlich überschreiten.

Für die Umlagerung von Baggergut aus dem Bereich km 55 - 58 sowie der Außenweser auf Unterbringungsstellen seewärts von Weser-km 58 ersetzen seit November 2009 die „Gemeinsamen Übergangsbestimmungen der Küstenländer und des Bundes für den Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern“ (GÜBAK) die HABAK-WSV. Die neuen Richtlinien beinhalten wie zuvor die HABAK-WSV Richtwerte RW1 und RW2. Bei Unterschreitung von RW1 (Fall 1) ist eine Umlagerung im Gewässer ohne Einschränkungen möglich. Liegen die Schadstoffgehalte mindestens eines Stoffes zwischen RW1 und RW2 (Fall 2), so ist eine Abwägung der Ablagerung im Gewässer gegenüber der an Land durchzuführen. Eine Ablagerung ist möglich, ggf. mit Einschränkungen, wenn eine Auswirkungsprognose keine erheblichen oder nachhaltigen Beeinträchtigungen erwarten lässt. Überschreiten die Schadstoffgehalte mindestens eines Schadstoffes RW2 (Fall 3), ist eine Umlagerung nach umfangreicher Abwägung der Auswirkungen der Unterbringung im Gewässer und an Land u. U. möglich. Die regionale Belastung im Bereich der Unterbringungsstellen ist bei der Entscheidung zu berücksichtigen. Obwohl die oberen Richtwerte für Schwermetalle gegenüber der HABAK-WSV abgesenkt wurden und auch die Richtwerte für Cadmium, Quecksilber und Zink nun deutlich niedriger als in der HABAK-WSV liegen, ist in evtl. zu baggernden Sedimenten keine Überschreitung der oberen Richtwerte RW 2 zu erwarten. Nur für Blei, Zink und Kupfer würde die Belastung der Oberflächenproben aus dem Jahr 2005 in Fall 2 einzustufen sein (Material gilt als mäßig höher belastet als Sedimente des Küstennahbereichs.). Fall 3 wird weder von den Schwermetallgehalten noch von den Gehalten der organischen Schadstoffe erreicht. Für die organischen Schadstoffe sieht die GÜBAK eine Korngrößenkorrektur auf die Fraktion < 63 µm vor. Bei den vorliegenden Oberflächensedimenten aus dem Jahr 2005 tritt eine Überschreitung des unteren Richtwertes RW1 für Kohlenwasserstoffe, PCB und TBT auf. Die Einstufung in Fall 2 weiterer chlororganischer Verbindungen erfolgt überwiegend für normierte Werte, denen Messergebnisse unterhalb der Bestimmungsgrenze zugrunde liegen. Die Belastungen der feinkörnigeren Proben der DMS Nordenham und Bremerhaven Nordschleuse lassen keine kritischen Werte erwarten.

Eine Gefährdung der Wasserbeschaffenheit aufgrund der bei der Umlagerung von Baggergut auf aquatischen Unterbringungsstellen auftretenden Schadstoffmobilisierung aus Sedimenten ist nicht zu erwarten (BfG 2006a).

## **Ergebnisse der Ökotoxikologischen Untersuchungen und Bewertung**

Im Unterschied zur spezifischen chemischen Analyse, mit der die Konzentration der jeweils untersuchten Stoffkomponente festgestellt wird, kann mit Biotesten das Gefährdungs- bzw. Nichtgefährdungspotenzial eines Testgutes erfasst werden.

Um das ökotoxikologische Gefährdungspotenzial der biologisch verfügbaren Schadstoffkomponenten abzuschätzen, werden Biotestsysteme mit Organismen aus verschiedenen taxonomischen Gruppen eingesetzt. Diese als Repräsentanten dienenden Testorganismen werden unter definierten Bedingungen dem Testgut ausgesetzt. Mit ökotoxikologischen Testsystemen wird die integrale Belastung des Testgutes gegenüber Modellorganismen erfasst.

Für die Beschreibung der ökotoxikologischen Wirkungen wurden Ergebnisse aus Baggergutuntersuchungen der Jahre 2004 bis 2012 (BfG 2004, BfG 2005a, Schubert 2005, BfG 2006a, Stammerjohann 2012a) herangezogen.

### > Unterweser km 6 - 8

Aus dem Bereich der Unterweser km 6 - 8 wurden 2004 drei Bohrkernsedimentmischproben ökotoxikologisch mittels Biotestpalette nach HABAB-WSV (2000) untersucht. Die Ergebnisse sind in BfG (2005a) dargestellt. Alle Proben zeigten in den angewandten Biotesten deutliche Hemmwirkungen auf. Die für die Proben ermittelten pTmax-Werte lagen zwischen 2 und 4 und wurden somit in die Toxizitätsklassen II („unbedenklich belastet“), III („kritisch belastet“) und IV („kritisch belastet“) eingestuft. Solche erhöhten Toxizitäten wurden bereits in den Jahren 1997 und 1998 in Oberflächenproben gemessen. Im Gegensatz dazu wurden in einer weiteren Untersuchung von Oberflächenproben aus dem Jahr 2001 keine auffälligen Toxizitäten erfasst. Diese Ergebnisse sind ebenfalls in BfG (2005a) dargestellt. Im Jahr 2011 fanden erneut Untersuchungen von Oberflächensedimentproben im Rahmen einer Unterhaltungsbaggerung statt. Die ermittelten pT-Werte lagen im Bereich von 0 bis 2. Sie wurden den Toxizitätsklassen 0 und II zugeordnet und damit entsprechend HABAB-WSV als unbedenklich belastet eingestuft (Stammerjohann 2012a). Diese Ergebnisse spiegeln die oben erwähnten Ergebnisse an Oberflächenproben aus dem Jahr 2001 wider.

### > Unterweser km 8 - 51:

Aus diesem Bereich der Unterweser sind wenig ökotoxikologische Wirkungen in den überwiegend sandigen Sedimenten (BfG 2006a) zu erwarten. Als Beispiel ist hier die Untersuchung von Bohrkernproben bei Vegesack, im Bereich der ehemaligen Vulkan-Werft (km 20,0 - 20,5) aufgeführt (Schubert 2005): Die ökotoxikologischen Untersuchungen von zwei Bohrkernmischproben wurden gemäß HABAB-WSV (2000) durchgeführt. Die Proben wurden den Toxizitätsklassen I und II („unbedenklich belastet“) zugeordnet.

### > Unterweser km 51 - 55

Im Jahr 2004 (BfG 2004) wurden bei km 54,3 bis 55,25 (Kleinensiel Plate) vier Bohrkernmischproben ökotoxikologisch mittels Biotestpalette untersucht. In drei der untersuchten Proben wurde mit der angewandten Biotestpalette eine leicht toxische Wirkung nachgewiesen. Gemäß dem Klassifizierungsschema der HABAB-WSV (2000) sind die Proben den

Toxizitätsklassen I und II („unbedenklich belastet“) zuzuordnen. Die vierte Probe erzeugte keine Schädwirkungen in den angewandten Testsystemen und wurde der Toxizitätsklasse 0 („nicht belastet“) zugeordnet.

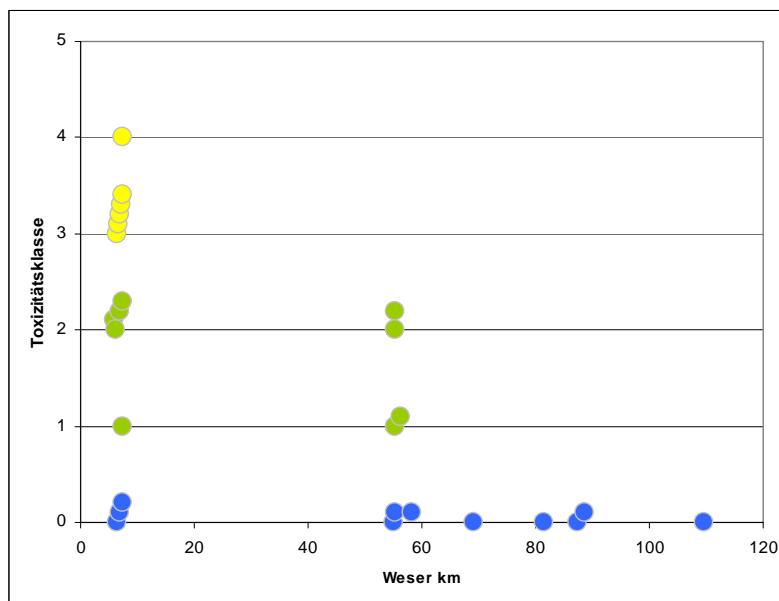
Im Jahr 2005 (BfG 2006a) wurden bei km 54,9 bis 58,2 drei Oberflächensedimentproben und eine weitere Oberflächenprobe aus dem Bereich Rechter Nebenarm (km 51,5) ökotoxikologisch mittels Biotestpalette nach HABAB-WSV (2000) untersucht. Die ökotoxikologischen Wirkungen der Oberflächensedimente entsprachen auch hier den Toxizitätsklassen I und II („unbedenklich belastet“).

> Außenweser

Aus dem Bereich der Außenweser (km 65 - 130) wurden 2005 fünf Oberflächensedimentproben ökotoxikologisch mittels Leuchtbakterientest untersucht. Die Ergebnisse sind in BfG (2006a) dargestellt. Die ökotoxikologischen Wirkungen der Oberflächensedimente wurden nach HABAK-WSV (1999) der Toxizitätsklasse 0, d.h. „nicht belastet“, zugeordnet. Zu den zuvor beschriebenen chemischen Untersuchungen von Proben aus dem Wattbereich (aus 2011) mit erhöhten Schadstoffgehalten liegen keine ökotoxikologischen Untersuchungen vor, so dass keine Aussage zu einem ökotoxikologischen Gefährdungspotenzial dieser Proben getroffen werden kann.

> Zusammenfassung des ökotoxikologischen Potenzials im Verlauf der Tideweser

Eine Zusammenfassung der ökotoxikologischen Untersuchungsergebnisse der Tideweser und der daraus resultierenden Toxizitätsklassen ist in Abbildung 3.5-6 dargestellt. Entsprechend der Sedimentklassifizierung nach Krebs (2001) sind die Toxizitätsklassen farblich hinterlegt (blau und grün = unbedenklich belastet, gelb = kritisch belastet, rot = gefährlich belastet). Für die untersuchten Sedimente wurden besonders im Bereich der Unterweser bei km 6 bis km 8 (s. oben) in einigen Fällen kritische Belastungen festgestellt.



**Abbildung 3.5-6: Gradient des ökotoxikologischen Potenzials an Oberflächen- und Bohrkernsedimenten im Verlauf der Tideweser (km 6 bis km 110) aus den Jahren 1997, 1998, 2001, 2004, 2005, 2011 (zur besseren Übersicht wurden gleiche Messergebnisse aus eng beieinander liegenden Positionen zueinander verschoben dargestellt)**

> Hunte von Oldenburg bis zur Mündung, km 0 - 24,6

Für die Charakterisierung der Schadstoffbelastung der Sedimente der Hunte von km 0 bis km 24,6 wurden Ergebnisse von Untersuchungen an Sedimentkernen und Oberflächensedimenten aus der Hunte bei Oldenburg, Elsfl ether Werft und Buttelerhörne aus den Jahren 2006 bis 2011 berücksichtigt. Alle Sedimente wurden ökotoxikologisch mittels Biotestpalette nach HABAB-WSV (2000) untersucht. Die Ergebnisse sind in verschiedenen Berichten und Stellungnahmen dargestellt (BfG-1520, 2006b; BfG-1549, 2007; BfG-1601, 2009a; Stammerjohann 2007; GBA 2010a; GBA 2010b und Stammerjohann 2011a; GBA 2011 und Stammerjohann 2011b; GBA 2012a und Stammerjohann 2012b). Es traten Toxizitätsklassen von 0 („Toxizität nicht nachweisbar“) bis IV („erhöht toxisch belastet“) und in zwei Fällen, beide in der Fahrrinne, Toxizitätsklasse V („hoch toxisch belastet“) auf (BfG-1601, 2009a). Letztere hohe Toxizitäten wurden in den darauffolgenden Jahren jedoch nicht mehr festgestellt. Aus ökotoxikologischer Sicht sollten Sedimente mit Toxizitätsklasse IV nur noch nach Einzelfallentscheidung und ab Toxizitätsklasse V nicht mehr umgelagert werden.

### 3.5.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP

Der chemische Zustand wird nach EG-WRRL in 2 Klassen als „gut“ oder „nicht gut“ bewertet. Für die Einhaltung eines guten chemischen Zustandes müssen die in der Tochterrichtlinie 2008/105/EG festgelegten Umweltqualitätsnormen (UQN) für alle prioritären Stoffe eingehalten werden. Die UQN werden in der Tochterrichtlinie auf Gemeinschaftsebene mit 3 Ausnahmen für alle prioritären Stoffe des Anhangs X der EG-WRRL, die 5 Stoffe des Anhangs IX sowie Nitrat für die Wasserphase vorgegeben (im Unterschied hierzu wurden bei der



Beschreibung des Ist-Zustands im vorigen Unterkapitel Schadstoffe in Sedimenten und Schwebstoffen dargestellt). Für Quecksilber, Hexachlorbenzol und Hexachlorbutadien wurden dagegen UQN für Biota abgeleitet. Die Mitgliedsstaaten haben die Möglichkeit, auch für diese drei Stoffe UQN für Oberflächengewässer festzulegen, wenn sie dasselbe Schutzniveau wie die UQN für Biota bieten.

Der chemische Zustand nach WRRL (Schwerpunkt Wasserphase) wurde für das Übergangsgewässer, alle Küstengewässer und alle weiteren Gewässer im Bereich der Tideweser mit „gut“ bewertet. Allerdings ist hierbei noch nicht die Tochterrichtlinie (2008/105/EWG) zur Bewertung herangezogen worden. Bei einer Anwendung dieser Richtlinie würde es im Küstengewässer der Weser zu Überschreitungen beim Cadmium kommen (NLWKN & SUBV 2012).

Bei Untersuchungen an den zwei WRRL-Messstellen in den Jahren 2007 und 2008 wurden folgende Überschreitungen der in der Tochterrichtlinie festgelegten UQN-Normen im Übergangs- und Küstengewässer der Weser festgestellt:

- > Brake: Tributylzinn-Kation, Benzo(ghi)perylen und Ideno(1.2.3-cd)pyren
- > Alte Weser: Cadmium, Summe Bromierter Diphenylether (BDE) (FGG Weser 2009a)

Für die übrigen Stoffe (Blei, Quecksilber und Nickel), Pflanzenschutzmittel (u. a. Hexachlorcyclohexan, Pentachlorbenzol), Industriechemikalien (u. a. einzelne PAK, C10-C13-Chloralkane) und andere Stoffe (u. a. DDT, Hexachlorbenzol, weitere PAK) wurden keine Überschreitungen angegeben.

In Deutschland sieht die im Juli 2011 in Kraft getretene Oberflächengewässerverordnung (OGewV; BGBl. 2011) für flussgebietspezifische Stoffe auch UQNs für Arsen, Chrom, Kupfer, Zink, Organozinnverbindungen und PCB in Sedimenten oder Schwebstoffen vor. Die für diesen Bericht vorliegenden Schadstoffdaten halten die UQN für Feststoffe ein. Die Zink-Gehalte an den DMS Hemelingen und Bremen Insel überschreiten für den Referenzzeitraum 2003 - 2005 den UQN von 800 mg/kg zwar geringfügig, doch die vorliegenden Messwerte wurden in der Fraktion < 20 µm gemessen, während die UQN für die Feinkornfraktion < 63 µm abgeleitet wurden. Die aktuellen Werte für den Zeitraum 2008 - 2010 halten den UQN ein. Damit wird hinsichtlich dieser Stoffe in Sedimenten der gute chemische Zustand erreicht.

## **3.6 Fauna**

### **3.6.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands**

#### **Außenweser**

Die Außenweser bildet die Verbindung zur offenen Nordsee und ist durch ausgedehnte Wattflächen charakterisiert, die damit einen wesentlichen Lebensraum für Arten des Anhangs II der FFH-RL bieten. Sie dienen als Nahrungsflächen für eine große Anzahl von Rastvögeln und als Lebensraum (u. a. Ruheflächen) für Seehunde.

### Makrozoobenthos

Auf den Wattflächen der Außenweser sind relativ viele Makrozoobenthos-Arten zu finden (vgl. UVU (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006) Anhang Gesamtartenliste Makrozoobenthos Außenweser), die mit z. T. hohen Abundanzen dort auftreten. Typisch sind beispielsweise *Heteromastus filiformis*, *Corophium volutator*, *Arenicola marina*, *Macoma balthica*, *Hediste diversicolor* und *Hydrobia ulvae*. Weiterhin befinden sich hierunter auch eine Reihe von Rote-Liste-Arten, u. a. *Cordylophora caspia* und *Tubificoides heterochaetus* (vgl. KÜFOG 2007). Die in der Außenweser vorhandenen eulitoralischen Lebensräume haben sich in ihrer Ausdehnung und in ihrer Struktur historisch relativ gering verändert (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006), wobei die Regenerationsfähigkeit der Wattflächen nach Störungen als hoch angesehen wird. Eine Wiederherstellung der Lebensgemeinschaften erfolgt in der Regel innerhalb weniger Jahre (1 bis 3 Jahre, GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Die sublitoralen Bereiche in der Außenweser zeigen im Vergleich zu den Wattflächen eine etwas geringere Artenzahl mit z. T. geringeren Abundanzen. Die lebensraumtypische Zönose des Makrozoobenthos, insbesondere im Bereich des tiefen Sublitorals (z. B. Fahrwinne), sind defizitär (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006), beispielsweise fehlen heute die Sabellaria-Riffe.

Besondere Habitate für das Benthos in der Außenweser sind Steinfelder mit ihrer spezifischen Hartsubstratfauna (z. B. Hydrozoa, Aktinien, Bryozoa, Crustacea) und sublitorale Bestände der Miesmuschel *Mytilus edulis* mit ihrer Begleitfauna. Sie stellen ein wichtiges Nahrungsreservoir dar (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Nach Witt (2004) kommen sublitorale Miesmuschelbestände im Mesohalinikum des Weserästuars vor, der Verbreitungsschwerpunkt der Muscheln liegt aber im Polyhalinikum. Im Sublitoral des Polyhalinikums sind z. T. Miesmuschelansiedlungen zu finden (Witt 2004), so z. B. bei km 82. Sublitorale Muschelbänke zeichnen sich in der Regel durch eine vielfältige Begleitfauna aus, die sehr artenreich sein kann. Des Weiteren bildet die pazifische Auster, die mittlerweile in weiten Bereichen an der Wattenmeerküste und ihren Ästuaren zu finden ist, ebenfalls biogene Hartsubstrate aus.

Die Buhnen in der Außenweser stellen künstliche Hartsubstratlebensräume dar (BfG 1998a). Hier konnten insgesamt 43 Wirbellosen-Taxa festgestellt werden, die mit z. T. sehr hohen Abundanzen und Biomassen auf den Buhnen vorkommen. Die Bedeutung der Buhnen als Ersatzsubstrat für natürliches Hartsubstrat wird durch die Anwesenheit von 7 Rote-Liste-Arten auf den Buhnen deutlich.

### Fische

Die Außenweser und dort insbesondere die Wattflächen sind durch ein sehr großes Nahrungsangebot für Fische charakterisiert (z. T. hohe Abundanzen des Makrozoobenthos, s. o.). Auf der anderen Seite erschweren stark schwankende Umweltbedingungen wie im Tidenverlauf und mit wechselnden Oberwasserabflüssen schwankende Salzgehalte die Besiedlung sowohl durch Süßwasser- als auch durch Meeresfische. Es dominieren sogenannte ästuarine Arten wie verschiedene Grundeln und die Flunder, welche an stark schwankende Salzgehalte gut angepasst sind. Ferner kommt Teilen der Außenweser eine hohe Bedeutung als Aufwuchsgebiet für einige marine Arten wie z. B. Scholle und Hering zu (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006).

### Seehunde und Schweinswale

Im Vergleich mit den heutigen Bestandszahlen der Seehunde im gesamten Wattenmeer lagen die Zahlen in der Vergangenheit mit Sicherheit höher (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Von entscheidender Bedeutung ist vor allem die Verfügbarkeit geeigneter Habitats wie Sandbänke, die als Liege- bzw. Wurfplätze dienen und die schnelle Fluchtmöglichkeit ins Wasser bieten. Daneben spielt auch eine gute Nahrungsgrundlage und -verfügbarkeit eine wesentliche Rolle für die Bestandsentwicklung der Seehunde. Störungen durch Tourismus und Schiffsverkehr sowie Schadstoffbelastungen dürften heute die wesentlichen Faktoren sein, die die Bestandsentwicklung negativ beeinflussen. Allerdings ist die Seehundpopulation im Wattenmeer laut aktuellen Zählungen auf dem höchsten Stand seit Beginn der Aufzeichnungen Mitte der 1970er Jahre ([www.nationalpark-wattenmeer.de](http://www.nationalpark-wattenmeer.de)).

Schweinswale werden ab und an im Bereich der Außenweser, aber auch in der Unterweser gesichtet (vgl. NLWKN 2010). Anzunehmen ist, dass sie hierbei auf Nahrungssuche gehen, wohingegen von einer signifikanten Funktion des Ästuars als Aufzuchtgebiet nicht auszugehen ist (NLWKN 2010).

### Avifauna

Weite Bereiche der Watt- und Vordeichflächen in der Außenweser sind national und international bedeutende Gast- und Rastvogellebensräume. Diese Flächen sind insbesondere für Watvögel (Säbelschnäbler, Großer Brachvogel, Sandregenpfeifer, Grünschenkel etc.), Gänse/Enten und Möwen Schwerpunktbereiche (NLWKN 2010).

## **Unterweser**

### Makrozoobenthos

Das Makrozoobenthos der Unterweser weist ein Artenspektrum von insgesamt 179 Arten/Taxa auf. Ein großer Teil dieses Artenspektrums besiedelt hierbei die limnischen und schwach brackigen Vorlandgewässer und nicht den eigentlichen Fluss selbst (Tab. A.9-1 im Anhang der UVU (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006)). Die Brackwasserarten sind mit insgesamt 26 Arten und die Neozoa mit 12 Arten vertreten. Von den erfassten Arten werden insgesamt 13 Arten auf der Roten Liste geführt, allerdings nur 5 in einer höheren Gefährdungskategorie (gefährdet oder höher), nämlich *Sertularia cupressina*, *Assimineia grayana*, *Pisidium c.f. amnicum*, *Stagnicola corvus* und *Corophium lacustre* (vgl. Tab. A.9-1 im Anhang der UVU (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006)). Arten, die nach Anhang II der FFH-Richtlinie einem besonderen Schutz unterliegen, wurden bei der Untersuchung zur UVU (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006) nicht nachgewiesen.

Besondere benthische Habitatstrukturen in der Unterweser sind (1) die Wattflächen, (2) Flachwasserbereiche, (3) Hartböden und (4) die Nebenarme. Wattflächen, Flachwasserbereiche und Nebenarme sind vor allem durch die beruhigten Strömungsbedingungen gekennzeichnet und können häufig höhere Abundanzen aufweisen. Von den zahlreichen Nebenarmen der Unterweser in historischer Zeit, sind heute nur noch Reststrukturen vorhanden (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Sie können als Rückzugsgebiete für viele

Benthosarten gewertet werden (Schirmer 1995, Claus 1998) und sind durch eine eher eulitoral benthische Lebensgemeinschaft geprägt (vgl. Schirmer & Lange 2006). Große Bereiche der Nebenrinnen fallen bei Niedrigwasser trocken; es bilden sich ausgedehnte Wattflächen. Es wurden in der Untersuchung von Schirmer & Lange (2006) insgesamt 37 Taxa im rechten Nebenarm der Weser festgestellt, von denen 13 als Brackwasserarten und 6 als Neozoa eingestuft wurden. 4 Arten dieser Untersuchung sind auf der Roten Liste in geringen Gefährdungskategorien genannt. Tendenziell erreichen die Wattbereiche des rechten Nebenarms höhere Individuendichten als der untersuchte Wattbereich am Hauptstrom. Hartsubstrate sind in der Unterweser oft mit Aufwuchs wie dem Brackwasserpolypen *Cordylophora caspia* und der Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) besiedelt.

Aus Literaturdaten z. B. zur Elbe (Petermeier et al. 1996) lässt sich ableiten, dass für viele Mollusken (Muscheln und Schnecken) und Hirudineen (Egel) Defizite im heutigen Bestand der Unterweser angenommen werden können. Sie können dort vermutlich aufgrund der veränderten Standortbedingungen (insbesondere veränderte Strömungsbedingungen und verstärkter Tidehub) heute keine stabilen Populationen mehr bilden (vgl. Haesloop & Schuchardt 1995).

### Fische

Die Unterweser mit ihren überwiegend geringen Salzgehalten wird vorrangig von Süßwasserfischen besiedelt. Die Artenvielfalt und insbesondere die Bestandsgrößen zahlreicher dieser Arten sind nach umfangreichen Wasserbaumaßnahmen (Rückgang der Habitatvielfalt) zurückgegangen. Weiterhin hat die Unterweser eine hohe Bedeutung für diadrome, d. h. zwischen marinen und limnischen Habitaten wandernde Fisch- und Neunaugenarten. Während einige dieser Arten die Unterweser fast ausschließlich als Wanderkorridor nutzen (z. B. Meerforelle, Meerneunauge), dient sie anderen wie dem Aal auch als Nahrungsgebiet oder zusätzlich als wichtiger Laichplatz (z. B. Finte, Stint). Beeinträchtigungen der Wasserqualität, hydromorphologische Veränderungen des Flusslaufs und angebundener Nebengewässer sowie Einschränkungen der Gewässerdurchgängigkeit in stromauf gelegenen Bereichen des Wesersystems haben in der Vergangenheit zum Aussterben (z. B. Stör, Lachs, Maifisch, Schnäpel) oder zu starken Bestandsrückgängen (z. B. Finte) vieler wandernder Fisch- und Neunaugenarten geführt. Zunehmende Verbesserungen der Wasserqualität, der Bau von Fischauftiegsanlagen und gezielte Artenhilfsprojekte, z. B. für den Lachs, haben die Situation für einige Arten inzwischen wieder etwas verbessert.

### Seehunde und Schweinswale

Für beide Arten gilt hier im Prinzip das Gleiche wie im Bereich der Außenweser. Das Vorkommen, bzw. die Häufigkeit von Beobachtungen sind aber geringer. Insofern ist anzunehmen, dass der Bereich der Unterweser derzeit wesentlich weniger bedeutend für beide Arten ist, was sich aber bei einer Verbesserung der Nahrungssituation (Fische) ändern kann.

### Avifauna

Die Ufer der Weser sind zwischen Hemelingen und Oberhammelwarden überwiegend befestigt. Die Vordeichflächen sind bis auf einige Sande und die Mündungen von Ochtum, Lesum und Hunte schmal und wenig strukturiert. Dadurch fehlen wichtige Habitatelemente

für die Leitarten der Fließgewässer. Charakteristische Vogelarten wie z. B. Eisvogel (*Alcedo atthis*) und die Uferschwalbe (*Riparia riparia*) kommen dort nicht vor (vgl. GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Als typische Arten in den Röhrichten der Unterweser nennt die UVU (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006) Rohrdommel (*Botaurus stellaris*), Rohrweihe (*Circus aeruginosus*), Tüpfelsumpfhuhn (*Porzana porzana*), Teichhuhn (*Gallinula chloropus*), Sumpfohreule (*Asio flammeus*), Blaukehlchen (*Luscinia svecica*), Teichrohrsänger (*Acrocephalus scirpaceus*) und Schilfrohrsänger (*Acrocephalus schoenobaenus*).

## Hunte von Oldenburg bis zur Mündung

### Makrozoobenthos

Das Makrozoobenthos der Hunte ist mit 38 Arten relativ artenarm (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Von diesen 38 gehören aber 5 Arten zur Roten Liste (*Bithynia leachi*, *Corophium lacustre*, *Acroloxus lacustris*, *Cordylophora caspia*, *Bezzia sp.*).

### Fische

Die Fischfauna der Hunte ähnelt derjenigen des limnischen Bereichs der Unterweser (s. o.). Es dominieren verschiedene Süßwasserarten wie z. B. der Aland und ästuarine Arten wie die Flunder (u. a. AGL 2010). Diadrome (= zwischen Meer und Fluss migrierende Arten) nutzen die Hunte als Wanderkorridor zu stromauf gelegenen Laichplätzen (u. a. Flussneunauge, Meerneunauge, Meerforelle und Lachs, die an der Fischaufstiegsanlage Achterdiek bei Oldenburg nachgewiesen werden) sowie im Falle des Aals auch als Nahrungsgebiet (AGL 2010). Im Gegensatz zur Unterweser wird die Hunte offenbar von den ästuarin-diadromen Arten Finte und Stint nicht oder nur in unbedeutendem Umfang als Reproduktionsgebiet genutzt (KÜFOG 2011). Dagegen ist trotz erheblicher anthropogener Veränderungen (u. a. Vertiefung, erhöhter Tidehub) die Vermehrung zumindest anspruchsloser Süßwasserfische möglich (AGL 2010).

### Avifauna

Die Hunte ist ein relativ naturferner Lebensraum, weitestgehend begradigt und relativ schmal. Es kommen keine naturschutzfachlich bedeutenden Vogelarten vor. Auch der Gastvogelbestand ist gering (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006).

## 3.6.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP

Für die WRRL-Bewertung des Makrozoobenthos in der Tideweser wurde das M-AMBI Verfahren nach Borja et al. (2007) genutzt (vgl. NLWKN & SUBV 2011). Die Grundlage für diese Bewertung waren Daten aus den Jahren 2006 und 2007. Neben der Bewertung nach M-AMBI wurden auch das AETV (Ästuartypie-Verfahren, Krieg 2005, 2006, 2007, 2008) angewendet. Beide Verfahren kamen insgesamt zu der Bewertung „mäßig“ für die meisten Untersuchungsbereiche; der limnische Teil der Unterweser wurde nach dem AETV sogar als „ungenügend“ bewertet. Dies bedeutet, dass die Erreichung eines guten ökologischen Potenzials bis 2015, wie von der WRRL gefordert, voraussichtlich nicht möglich sein wird

(Bioconsult 2008). Dementsprechend besteht Handlungsbedarf, den Zustand der Benthoslebensgemeinschaften zu verbessern.

Die WRRL-Qualitätskomponente Fischfauna wird in den Küstengewässern, d. h. in weiten Teilen der Außenweser nicht bewertet (möglicherweise wird hier zukünftig eine Bewertung im Zuge der Umsetzung der MSRL erfolgen). Im Übergangsgewässer Weser (weite Teile der Unterweser) sowie dem stromauf bis Bremen anschließenden LAWA-Gewässertyp 22.3 (Ströme der Marschen) weist die Fischfauna ein mäßiges ökologisches Potenzial auf. Das Artenspektrum sowie insbesondere die Häufigkeit vieler Arten sind gegenüber einem naturnahen Referenzzustand deutlich verändert (NLWKN 2010). Vorgeschlagene Verbesserungsmaßnahmen betreffen u. a. die Erhaltung und Wiederherstellung durchströmter Nebengewässer und strömungsberuhigter Flachwasserareale sowie Verbesserungen der Fischdurchgängigkeit zwischen Tideweser und angrenzenden Marschengewässern sowie überregional innerhalb des gesamten Flusssystem der Weser (ausführlich beschrieben in Bioconsult 2008). Das fischökologische Potenzial des betrachteten Abschnitts der Hunte ist als gut eingestuft worden (KÜFOG 2011).

Der IBP Fachbeitrag „Natura 2000“ (KÜFOG 2011) benennt 14 Fischarten, die für die Bewertung des Lebensraumtyps Ästuarien gemäß FFH-Richtlinie maßgeblich sind. Darunter sind vier Arten (Meer- und Flussneunauge, Finte, Lachs) des Anhangs II der FFH-Richtlinie. Der Erhaltungszustand der Arten wird für die relevanten Arten der Ästuarien insgesamt sowie separat für Meerneunauge, Flussneunauge und Finte mit C (mäßig bis schlecht) angegeben. Da derzeit kein selbst reproduzierender Lachsbestand im Wesergebiet vorkommt (Nachweise gehen i. d. R. auf Besatzfische zurück), wird diese Art mit D (nicht signifikant) bewertet. Ziele des IBP, welche FFH-relevante Neunaugen- und Fischarten betreffen, zielen - ähnlich wie die Maßnahmenvorschläge in Zusammenhang mit der WRRL - auf einen naturnäheren Zustand von Tideweser und gesamtem Wesersystem (s. o.) sowie auf eine Reduzierung von Beeinträchtigungen, z. B. durch Vermeidung von Unterhaltungsmaßnahmen in Zeiträumen mit hoher Wanderaktivität gefährdeter Arten (KÜFOG 2011).

Marine Säugetiere (Seehunde, Schweinswale) und Avifauna spielen bei der Bewertung nach WRRL keine Rolle.

Die Seehundvorkommen in der Außenweser (Funktionsraum 1) werden im Fachbeitrag „Natura 2000“ zum IBP Weser (KÜFOG 2011) mit „gute Ausprägung“ bewertet. Das Vorkommen des Schweinswals ist hier als „nicht signifikant“ (Erhaltungszustand „D“) eingestuft (Außen- und Unterweser, Funktionsraum 1 bis 3), ebenso wie der Seehund im Bereich der Funktionsräume 2 und 3 (Unterweser).

Bezüglich der Avifauna beschreibt der Fachbeitrag „Natura 2000“ (KÜFOG 2011) zum einen die Bewertung avifaunistisch wertvoller Bereiche in Niedersachsen durch den NLWKN (Staatliche Vogelschutzbehörde), zum anderen sind hier Angaben zu den Erhaltungszuständen der Brutvogelarten in den einzelnen EU-Vogelschutzgebieten aufgeführt.

In der Außenweser sind große Teile der Vordeichsflächen vom NLWKN als national bedeutsam für die Avifauna bewertet, die Vordeichsflächen an der östlichen Seite des Mündungstrichters sind nördlich von Bremerhaven (ab Weddewarden) als international bedeutende Gast- und Rastvogellebensräume eingestuft, ebenso ein Bereich an der Westseite bei Tettens/Langlütjen. Insgesamt ist das Wattenmeer als Nahrungs- und Rastgebiet für Gastvögel von internationaler Bedeutung, im Betrachtungsraum besonders hervorzuheben sind nach KÜFOG (2011) die Brackwasser-Wattflächen, die sich am rechten Weserufer vom ehemaligen Lunesiel nach Norden ausdehnen. Große Teile der Vordeichsflächen am rechten Ufer des oligohalinen Teils der Unterweser sowie die Tegeler Plate sind vom NLWKN als national bedeutsam für die Avifauna eingestuft. Flächen südlich des Neuen Lunesiels mit Einswarder Plate wurden als international bedeutsame Bereiche für Gastvögel bewertet. Rund um Schweiburg und Rechten Nebenarm sowie im nordöstlichen Bereich des Elsflether Sandes sind für Brutvögel national bedeutsame Bereiche ausgewiesen, zudem sind der Rechte Nebenarm und angrenzende Bereiche als international bedeutsam für Gastvögel bewertet. Stromab von Farge sind Bereiche beiderseits der Weser sowie der Fluss selbst als national bedeutsam für Gastvögel eingestuft.

In den meisten EU-Vogelschutzgebieten im Weserästuar weist etwa die Hälfte der Brutvogelarten einen guten oder sehr guten Erhaltungszustand auf („A“ oder „B“), die andere Hälfte einen mittleren bis schlechten Erhaltungszustand („C“).

### 3.7 Vegetation

Die Vegetation des Weserästuars folgt in ihrer räumlichen Abfolge (Zonierung) den ausgeprägten Längs- und Quergradienten des Ästuars. Der wichtigste Standortfaktor zur Ausprägung der Vegetation im Längsverlauf des Gewässers ist der Salzgehalt in der Bodenlösung. Im Querprofil ordnen sich die Vegetationszonen anhand des Tideregimes an, wobei der Lage der MThw-Linie und dem Tidehub die größte Bedeutung zukommt. Strömungsverhältnisse bestimmen über die Korngrößenverteilung des Substrats die Vegetationszusammensetzung mit. Nachhaltig überprägt wird die Vegetationsdecke durch die landwirtschaftliche Nutzung und flussbauliche Maßnahmen.

Für das Sedimentmanagement ist grundsätzlich die ständig untergetauchte aquatische und die tidebeeinflusste semiterrestrische Vegetation relevant, ständig untergetauchte Vegetation gibt es allerdings im Bereich der Tideweser nicht mehr. Der Bewuchs trägt zur Sauerstoffanreicherung und zur Selbstreinigungsfähigkeit des Ästuars bei. Schwebstoffe und daran gebundene Nähr- und Schadstoffe können in Pflanzenbeständen sedimentieren und werden so der Wassersäule entzogen. Die Ufer werden durch den Bewuchs vor Erosion geschützt. Die Vegetation dient zudem als Zeiger für den Gesamtzustand des Systems. Änderungen des Tidehubs, der Nährstoffverhältnisse oder der Nutzung beispielsweise lassen sich an den Vegetationsverhältnissen ablesen. Im Sub- und Eulitoral langfristig ablaufende Erosions- und Sedimentationsprozesse sind an der Dynamik der Vorlandvegetation ablesbar, wie Schröder (2005) für das Elbeästuar und BIOS (2003) für den Rechten Nebenarm im Weserästuar zeigen konnten. Nicht zuletzt ist die Vegetation ein wichtiger Indikator für den

Erhaltungszustand von FFH-Lebensraumtypen und eine der Qualitätskomponenten zur Bewertung des ökologischen Zustands nach Wasserrahmenrichtlinie.

### 3.7.1 Zusammenfassende Charakterisierung des Ist-Zustands

#### Außenweser

Neben der Fahrrinne der Weser und den Flachwasserzonen des Küstenmeeres prägen ausge dehnte, von Wattinnen (Priele, Baljen und Tiefs) durchzogene, bei Ebbe trocken fallende Wattflächen das Ästuar der Außenweser. Im weitgehend vegetationslosen Watt kommen stellenweise Seegraswiesen, Queller- und Schlickgrasbestände vor. Seegraswiesen werden durch das Zwerg-Seegras und das Gewöhnliche Seegras (*Zostera noltii*, *Z. marina*) aufgebaut. Durch ein epidemisches Seegrassterben in den frühen 1930er Jahren, das vermutlich durch einen eingeschleppten Schleimpilz hervorgerufen wurde, starben die Bestände im Sublitoral und eine mehrjährige, breitblättrige Form des Gewöhnlichen Seegrases aus. Heute finden sich Seegraswiesen nur im Eulitoral. Das Gewöhnliche Seegras ist dort nur mit einer schmalblättrigen Wuchsform als Varietät vertreten (Bio-Büro Kolbe 2006, NLWKN & SUBV 2012).

Flächendeckende Erfassungen der eulitoralen niedersächsischen Seegrasbestände legten Adolph (2010) und Adolph et al. (2003) vor. In der Vegetationsperiode 2008 wurden in der Außenweser größere zusammenhängende Wiesen des Zwerg-Seegrases auf der Burhaver und der Waddenser Plate nachgewiesen. Der etwa 0,5 km<sup>2</sup> große Bestand auf der Burhaver Plate erreichte zusammen mit anderen Beständen außerhalb des Weserästuars die höchsten Bestandsdichten des Zwerg-Seegrases in Niedersachsen. Die Bestände haben sich zwischen den Untersuchungen der Jahre 2002/2003 und 2008 auf die dreifache Flächengröße ausgedehnt. Insgesamt wurden im Jahr 2008 in Niedersachsen etwa 14,5 km<sup>2</sup> zusammenhängende Zwerg-Seegraswiesen kartiert.

Der Verbreitungsschwerpunkt des Gewöhnlichen Seegrases lag im Jahr 2008 in Niedersachsen an der Wurster Küste mit einer Seegrasfläche von insgesamt 4,2 km<sup>2</sup>, die sich auf Eversand (3,1 km<sup>2</sup>) und Knechtsand (1,1 km<sup>2</sup>) verteilen. Die beiden Standorte sind damit die bedeutendsten Standorte Niedersachsens für das Gewöhnliche Seegras. In den Jahren 2002/2003 konnten im selben Gebiet nur 0,01 km<sup>2</sup> auf dem Eversand kartiert werden. Damit hat sich der Verbreitungsschwerpunkt des Gewöhnlichen Seegrases seit 2003 fast vollständig vom Westen der niedersächsischen Küste in den Osten verlagert. Insgesamt hat sich die vom Gewöhnlichen Seegras eingenommene Fläche an der niedersächsischen Küste verdoppelt. Nach einem drastischen Rückgang in der Vergangenheit haben sich die niedersächsischen Seegrasbestände wieder stabilisiert.

An der Küste setzt der Pionierbewuchs ab etwa 40 cm unterhalb der MThw-Linie mit Queller (*Salicornia spec.*) und Englischem Schlickgras (*Spartina anglica*) ein. Größere Bestände finden sich nur im meso- und polyhalinen Bereich ungefähr nördlich der Linie Tettens - Wremen. Landwärts ab ca. 20 cm unter MThw folgt die Untere Salzwiese mit Andel (*Puccinellia maritima*). Bei ansteigendem Gelände ab 25 cm über MThw wird das Niveau der



Oberen Salzwiese mit Rot-Schwingel (*Festuca rubra*) erreicht. Der Übergang vom Queller-Watt zum Andelrasen ist an der Außenweser über weite Strecken durch Uferbefestigungen unterbrochen. Nur kleinflächig finden sich naturnahe Übergänge vom Watt ins Vorland, etwa in den Lahnungsfeldern bei Spieka-Neufeld mit vorgelagertem Schlickgras oder im Paddingbütteler Außendeich im Schutz eines Leitwerkes. Salzwiesen und salzbeeinflusstes Marschengrünland setzen oft direkt oberhalb der Ufersicherung an ohne vorgelagerte Wattvegetation. Salzwiesen werden in unterschiedlicher Intensität beweidet und sind von Prielstrukturen oder Gräben durchzogen. In den Sommerpoldern Cappel-Süder-Neufeld und Spieka-Neufeld an der Wurster Küste wurden Grünlandflächen extensiviert, ein Teil des Sommerpolders ausgedeicht und der Salzwassereinfluss in den Gräben im Sommerpolder verstärkt (BIOS 2007). Durch neue Prielstrukturen und das Einschwingen der Tide wurden potenzielle Sedimentations- und Erosionsbereiche angelegt.

Die wasserseitige Grenze der höheren Vegetation wird in der mesohalinen Zone vom Brackwasser-Röhricht gebildet, in dem die Gewöhnliche Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*) dominant auftritt, landseitig wird die Art von ausgedehntem Röhricht mit Schilf (*Phragmites australis*) abgelöst, das z. T. bis an den Deich reicht (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006, Nature-Consult 2009c). Die seewärtige Verbreitungsgrenze des Brackwasser-Röhrichts wird durch den Salzgehalt der Bodenlösung bestimmt. Die Röhrichtarten ertragen nur einen gewissen Salzstress. Erst bei abnehmendem Salzgehalt sind Strandsimse und Schilf gegenüber Queller, Schlickgras und Salzwiesenarten konkurrenzfähig (Engels & Jensen 2010).

Untersuchungen zur Dynamik der Vorlandvegetation führten Nature-Consult (2009a) und KÜFOG (2005) im Auftrag des WSA Bremerhaven durch. Im Schutz von Deckwerken ist an den Küsten der Außenweser kaum Vegetationsdynamik vorhanden. Im südlichen Bereich der Wurster Küste (Vorland bei Wremen bis Weddewarden) hat sich der bereits seit 1954 zu beobachtende Rückgang der Salzwiesen und Röhrichte fortgesetzt. Dem gegenüber steht ein leichter Zuwachs der Wattvegetation infolge Sedimentation oder zumindest stagnierende Bedingungen in Bühnen- und Lahnungsfeldern im nördlichen Bereich der Wurster Küste.

Im Unterschied zu anderen deutschen Ästuaren ist die Außenweser besonders durch den Bau von Leitwerken und Dämmen geprägt. Die geringere Strömungswirkung am Butjadinger Ufer seit dem 19. Jahrhundert führte zu einem Rückzug von Prielsystemen und zu einer relativ jungen Röhrichtbildung. Auf der Tettenser Plate entstand zunächst eine ausgedehnte Fläche von Brackwasserröhricht mit Gewöhnlicher Strandsimse, die im Verlauf des 20. Jahrhunderts zunehmend vom Ufer aus durch Schilfröhricht unterwandert wurde. Diese Entwicklung hält bis heute an. Die schwindenden Anteile der Strandsimse, also die Alterung der Röhrichte, sind im gesamten Weserästuar zu beobachten.

Die unverbauten Bereiche der Außenweser und der Außendeichflächen werden dem FFH-Lebensraumtyp „Ästuaren“ (LRT 1130) zugeordnet. Riffe, Sandbänke mit nur schwacher ständiger Überspülung durch Meerwasser, Flachwasserzonen und Seegrasswiesen werden bei einem Salzgehalt über 30 ‰ als eigene Lebensraumtypen betrachtet (LRT 1110, 1140, 1160 und 1170). Queller-Watt und Schlickgrasbestände gehören zum Lebensraumtyp 1310 bzw. 1320. Salzwiesen werden dem FFH-Lebensraumtyp „Salzgrünland des Atlantiks, der Nord-

und Ostsee mit Salzschwaden-Rasen“ (LRT 1330) zugeordnet (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Die dem LRT „Ästuarien“ zugeordneten Biotoptypen sind mit Ausnahme des nicht salzbeeinflussten Intensivgrünlands nach § 30 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und § 24 Niedersächsisches Ausführungsgesetz zum Bundesnaturschutzgesetz (NAGBNatSchG) gesetzlich geschützt. Seegras-Bestände gelten als bedingt oder schwer regenerierbar. Die Seegrasarten sind in Niedersachsen als gefährdet eingestuft und gehören zur Liste der zu beobachtenden Arten des TMAP (Trilateral Monitoring and Assessment Program) der dänisch-deutsch-niederländischen Wattenmeerkooperation (Adolph et al. 2003). Seegraswiesen sind von vollständiger Vernichtung bedroht (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Viele der an und in der Außenweser vorkommenden Biotoptypen werden von Riecken et al. (2006) als gefährdet oder stark gefährdet eingestuft. Im Deichvorland an der Wurster Küste befindet sich Deutschlands einziges Vorkommen des Knolligen Fuchsschwanzgrases (*Alopecurus bulbosus*) (NLWKN & SUBV 2012).

### **Unterweser**

Die Ufer der Unterweser sind sehr unterschiedlich gesichert (vgl. Kapitel 3.3 „Hydromorphologie“). Naturnahe Brack- und Flusswattflächen sowie Röhrichte nehmen vom oligohalinen Teil der Unterweser zum limnischen Teil hin generell ab. Die wesen-seitigen Ufer der Strohauser Plate und des Harriersandes sind durch Sandstrände geprägt, die durch Ufervorspülungen entstanden sind bzw. gesichert werden (vgl. Kap. 2.7.3). Dort, wo Fußsicherungen das Ufer stabilisieren (vgl. Kapitel 3.3), macht der Bewuchs im Bereich der MThw-Linie einen naturnahen Eindruck.

Schwerpunkte der Röhrichtvorkommen an der wasserseitigen Grenze der Vegetation sind in der oligohalinen Zone die Tegeler und Luneplate, die Kleinensieler Plate, die Strohauser Plate mit der Schweiburg sowie die Ufer des Rechten Nebenarmes. Im limnischen Teil finden sich die größten zusammenhängenden Röhrichtvorkommen entlang der Nebenarme Warflether Arm, Woltjen-Loch und Westergate. Hier und entlang der Nebenarme Schweiburg und Rechter Nebenarm sind den Röhrichten vegetationslose Flusswattflächen vorgelagert. Auf der Tegeler Plate, Luneplate, Kleinensieler Plate und auf dem Rönnebecker Sand entstand das Mosaik aus naturnahen Lebensräumen mit tidebeeinflussten Flachwasserzonen, unbefestigten Prielen oder ausgedehnten, regelmäßig überfluteten Röhrichten zum Teil durch die Umsetzung großflächiger Kompensationsmaßnahmen (NLWKN & SUBV 2012, GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006, WWK 2007, Nature-Consult 2009c).

Auf schlickigem Substrat tritt im Röhricht das Schilf als dominante Art auf, ihm sind die Pionierarten Schmalblättriger Rohrkolben (*Typha angustifolia*), Gewöhnliche Strandsimse und Salz-Teichsimse (*Schoenoplectus tabernaemontani*) auf zunehmend tiefer liegenden Standorten vorgelagert (Kötter 1961). Wichtige Standortfaktoren für die Ausprägung des Röhrichts an der Unterweser sind die Höhenlage zum MThw und die Entfernung zur MThw-Linie (Heuner 2006). An den Ufern des Rechten Nebenarms, der Schweiburg und auf der Tegeler Plate besiedelt Schilf vornehmlich Standorte knapp oberhalb der Mittelwasserlinie, wird aber noch bis mehr als einen Meter unter MThw gefunden. Während der Schmalblättrige Rohrkolben in seinen Wuchsorten keine ausgeprägte Höhenpräferenz zeigt, hat die

Strandsimse ihren Verbreitungsschwerpunkt von etwa 0,5 bis 1,5 m unter MThw. Die Salz-Teichsimse kommt bevorzugt auf Standorten von 1 bis 2 m unter MThw vor (Heuner 2006). Die im Auftrag des WSA Bremerhaven durchgeführten Untersuchungen zur langfristigen Röhrichtdynamik im Vorland der Unterweser zeigen eine in der Gesamtschau kontinuierliche Zunahme der Röhrichtflächen von 1954 bis zum Jahr 2008, vor allem auf Kosten des landwirtschaftlich genutzten Grünlands (Nature-Consult 2009a, KüFOG 2005, BIOS 2003). Die Vegetation an der Uferlinie zeigt ein kleinräumiges Mosaik aus Zurückweichen und Vorwachsen ins Watt, ist in der Summe aber zumindest stabil geblieben und in den meisten Bereichen in der Tendenz eher weiter vorgewachsen, insbesondere in den Nebenarmen. Im Rechten Nebenarm ist für die Zeitschnitte 1954, 1979 und 1991 in der Summe eine deutliche kontinuierliche Röhrichtausdehnung durch Verlandung zu konstatieren, die lichte vegetationsfreie Weite des Nebenarms nahm in dieser Zeit von durchschnittlich 220 m auf 191 m ab (BIOS 2003).

Von der positiven Flächenbilanz des Röhrichts profitiert das Schilf, das sich innerhalb der Röhrichtgürtel auf Kosten der Pionierarten Strandsimse und Rohrkolben ausbreitet. Möglicherweise bedingen die zunehmende Aufsedimentierung der Wuchsorte in den strömungs- und wellenschlagsberuhigten Beständen eine „Reifung“ bzw. Stabilisierung der Röhrichtbestände (Nature-Consult 2009b).

Unverbaute naturnahe Ufer und Röhricht sind an der Unterweser Bestandteil des Lebensraumtyps „Ästuar“ (LRT 1130) (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Beim vegetationslosen Flusswatt handelt es sich um einen von vollständiger Vernichtung bedrohten und geschützten Biototyp. Er wird dem FFH-Lebensraumtyp „Vegetationsfreies Schlick-, Sand- und Mischwatt“ (LRT 1140) zugeordnet.

### **Hunte von Oldenburg bis zur Mündung**

Die Ufer der Unteren Hunte sind übersteilt und mit Steinschüttungen gesichert. An den schmalen Ufern finden sich lückige tidebeeinflusste Röhrichtbestände und Ruderalfluren, die trotz der naturfernen Standortbedingungen eine Reihe seltener Pflanzenarten enthalten. Neben spezialisierten Gesteinsmoosen sind dies Dreikantige und Gekielte Teichsimse (*Schoenoplectus triqueter* et *S. x carinatus*), Röhriger Wasserfenchel (*Oenanthe fistulosa*) sowie ein morphologisch und ökologisch gut abgrenzbarer Ökotyp der Rasen-Schmiele (*Deschampsia cespitosa*), ähnlich der im Elbeästuar endemischen Elbe-Schmiele (*Deschampsia wibeliana*) (Gebhardt 1991).

Seit den 1990er Jahren wurden insbesondere in Kurven des Flusses Kompensationsmaßnahmen durchgeführt. Durch die Anlage von Flachwasserbereichen und Uferaufweitungen haben sich hier typische gezeitenbeeinflusste Biotypen wie Priele, vegetationsloses Flusswatt und Röhricht entwickelt. Unmittelbar vor der Einmündung in die Weser befindet sich auf dem Elsfl ether Sand oberhalb der Steinschüttung ein ausgedehntes tidebeeinflusstes Flusswatt-Röhricht (GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006).

### **3.7.2 Bewertung und Zielvorstellungen nach WRRL und IBP**

Der Erhaltungszustand der flächenmäßig bedeutsamen FFH-Lebensraumtypen „Ästuarien“ (LRT 1130) und „Vegetationsfreies Schlick-, Sand- und Mischwatt“ (LRT 1140) wird in der Außenweser mit „B“ (gute Ausprägung) bewertet. In der oligohalinen Unterweser wird der Lebensraumtyp Ästuarien mit „C“ (mittlere bis schlechte Ausprägung), die Wattflächen (LRT 1140) werden im Rechten Nebenarm und der Schweiburg mit „B“, im Flussschlauch der Unterweser mit „C“ bewertet (KüFOG 2011).

Für die Bewertung der niedersächsischen Übergangs- und Küstengewässer nach WRRL werden Angiospermen (Samenpflanzen) und Großalgen zu der Qualitätskomponente „Makrophyten“ zusammengefasst. Die Gruppe der Großalgen besteht aus Vertretern von Grün-, Braun- und Rotalgen. Zu den Angiospermen zählen die Röhrichtarten, die Ufervegetation der Brack- und Salzmarschen sowie die Seegräser. Die Bewertung erfolgt zunächst separat für die Teilkomponenten „Röhrichte, Brack- und Salzmarschen“, „Seegras“ und „Makroalgen“. Das arithmetische Mittel der drei Bewertungen ergibt dann die Gesamtbewertung des ökologischen Zustands bzw. ökologischen Potenzials der Wasserkörper im Hinblick auf die Qualitätskomponente „Makrophyten“ (NLWKN 2010).

Für das Küstenmeer und das offene Küstengewässer Weser erfolgte keine Bewertung nach Makrophyten. Der ökologische Zustand der Wasserkörper polyhalines westliches und östliches Wattenmeer der Weser wird insgesamt mit „mäßig“ bewertet, wobei Seegraswiesen einen sehr guten ökologischen Zustand aufweisen, Röhrichte, Salz- und Brackmarschen einen unbefriedigenden, Makroalgen einen mäßigen Zustand. Das Übergangsgewässer der Weser wird hinsichtlich Makrophyten mit „mäßig“ bewertet, was auf der Bewertung der Seegraswiesen und der Röhrichte, Brack- und Salzmarschen basiert. Für Makroalgen erfolgte hier keine Bewertung (NLWKN 2010). Das ökologische Potenzial des limnischen Bereichs der Weser (Ströme der Marschen) sowie die Untere Hunte wurden hinsichtlich der Qualitätskomponente Makrophyten mit der Gesamtbewertung „unbefriedigend“ gekennzeichnet (FGG Weser 2009a).

## **3.8 Interdisziplinäre Sicht auf Sedimenthaushalt und Trübung**

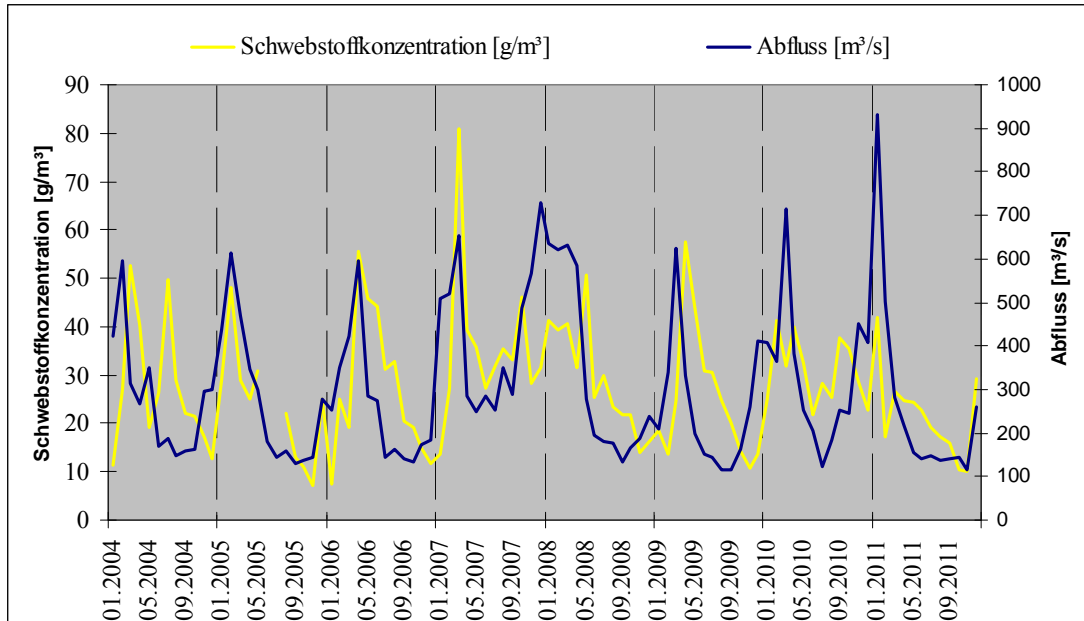
### **3.8.1 Feststoffhaushalt/-bilanz**

In Fließgewässern werden Sedimente abhängig von deren Verfügbarkeit und den vorherrschenden Strömungsgeschwindigkeiten erodiert, transportiert und an anderer Stelle im Gewässer wieder abgelagert. Die Morphodynamik von Ästuaren ist im Wesentlichen durch das tideinduzierte Strömungsgeschehen mit einem Feststoffeintrag aus dem oberstromseitigen Fließgewässer und durch Ein- und Austrag am seeseitigen Rand geprägt. Nur wenn diese Bilanz ausgeglichen ist, befindet sich das Ästuar langfristig in einem morphologischen Gleichgewicht (Malcherek 2010). Dies muss jedoch nicht zwangsläufig den unbeeinflussten natürlichen Bedingungen entsprechen. Der Feststofftransport erfolgt sohlgebunden oder in Suspension. Die Vorgänge von Erosion, Transport und Ablagerung unterliegen Prozessen,

die durch angreifende Strömungs- und Turbulenzkräfte und die Materialeigenschaften des Feststoffes (Korndurchmesser, Dichten etc.) und des Wassers (Temperatur etc.) geprägt sind. Feinsande und vor allem Partikel der Fraktionen Schluff und Ton werden in den Nordsee-ästuarinen überwiegend in Suspension transportiert. In die Fraktionen Schluff und Ton entfallen zudem die Feststoffanteile biogenen Ursprungs, deren geringe Materialdichten eine noch geringere Sinkgeschwindigkeit bewirken.

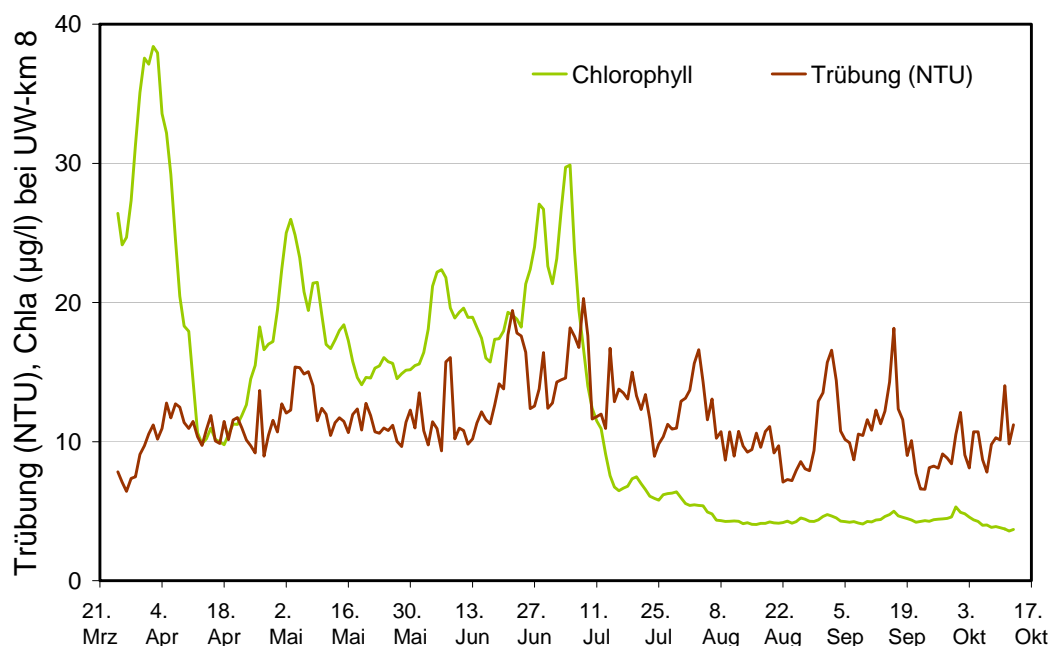
Gegenwärtig ist es nicht möglich, den Feststoffhaushalt der Tideweser vollständig quantitativ zu beschreiben und zu bilanzieren. Dies gilt sowohl für die Gesamtbilanzierung mit ober- bzw. unterstromigen Feststoffein- und austragen als auch für eine validierte Bilanzierung des ästuarinen Feststoffhaushalts in Teilräumen. Messungen und daraus abgeleitete quantitative Angaben, auch zu einzelnen Komponenten des Feststoffhaushalts, sind stets mit großen Unsicherheiten behaftet. Gründe dafür sind u. a. die hohe Variabilität der vielen Teilprozesse und Wechselwirkungen untereinander, das Fehlen langjähriger Messreihen (z. B. für die Trübung und Schwebstoffgehalte) als auch die schwierige messtechnische Erfassung wichtiger Parameter in ausreichender zeitlicher und räumlicher Auflösung (z. B. seeseitiger Schwebstoffeintrag und Sedimenteintrag über das Wehr in Bremen Hemelingen). Auch die mit Hilfe von Modellen erzeugten Ergebnisse sind nur als eine Annäherung an die Realität aufzufassen, da sie in der Regel nur für das definierte Szenario gültig sind und auf vielen Vereinfachungen und Annahmen basieren. Zudem steht den angreifenden Strömungs- und Turbulenzkräften an der Gewässersohle eine Feststoffmatrix aus Einzelkörnern gegenüber, deren Erosionsstabilität durch eine Vielzahl von Prozessen (z. B. Kolmation, biogene und physikochemische Prozesse) bestimmt wird.

An der BfG-Messstelle am Pegel Intschede, ca. 25 km oberstrom des Wehres in Bremen Hemelingen, beträgt die durchschnittliche mittlere jährliche Schwebstofffracht 0,4 Mio. t (Jahre 1997 - 2011). Wie aus Abbildung 3.8-1 ersichtlich, zeigt der Verlauf der Schwebstofffrachten dort eine gute Übereinstimmung mit dem Verlauf des Oberwasserabflusses. Die höchsten Schwebstoffkonzentrationen treten in der Regel, entsprechend den hydrologischen Randbedingungen, in der ersten Jahreshälfte auf. Im Jahr 2011 lag die durchschnittliche Schwebstoffkonzentration bei 26,4 mg/l.



**Abbildung 3.8-1: Monatliche Schwebstoffkonzentration und Oberwasserabfluss am Pegel Intschede zwischen 2004 und 2011**

Abschätzungen zur Zusammensetzung der aus der Mittelweser über das Wehr in die Tideweser eingetragenen Schwebstoffe können aus aktuellen Messungen für das Jahr 2011 an der BfG-Messstelle Oslebshausen bei UW-km 8 abgeleitet werden (Abbildung 3.8-2). So weisen Schwebstoffe neben anorganischen auch organische Bestandteile auf (siehe auch Kap. 3.4). Insbesondere lebende Algen, deren Algenbiomasse als Chlorophyll a (Chla) bestimmt werden kann, können dabei erhebliche Anteile am Schwebstoff ausmachen. Dies kann sowohl den Gewichtsanteil und noch stärker den Volumenanteil der Algen am Schwebstoff betreffen. Der Algenanteil an der Station Oslebshausen, welche durch das Eintragssignal aus der Mittelweser dominiert ist, zeigt, dass vom 22. März bis 14. Juli 2011 mit im Mittel 19 µg Chla/l deutlich höhere Algengehalte auftraten als im Zeitraum danach (15. Juli bis 13. Oktober) mit einem Mittel von nur 5 µg Chla/l. Dabei war die Trübung zu beiden Zeiträumen mit Mittelwerten von 12 bzw. 11 (NTU) in etwa gleich. Auch die an der Station Intschede bestimmten Schwebstoffgehalte wiesen im Zeitraum März bis Oktober einheitlich geringe Werte von im Mittel 17 mg/l auf (Abbildung 3.8-1). Somit zeigt der relative Anteil der Algen am Schwebstoff beim Eintrag in die Tideweser deutliche jahreszeitliche Unterschiede, die stark durch die Abflussverhältnisse in der Mittelweser bzw. die Jahreszeit geprägt sind. Bei mittleren Abflüssen (> 200 m³/s bei Intschede) im Frühjahr bis Frühsommer werden die in der Mittelweser produzierten Algen in die Tideweser eingetragen und bewirken so einen vergleichsweise höheren organischen Gehalt der Schwebstoffe als bei niedrigen Abflüssen in der Mittelweser (< 200 m³/s bei Intschede) im Sommer und Herbst. Dann werden kaum noch Algen aus der Mittelweser in die Tideweser eingetragen. Gründe hierfür können sowohl eine geringe Algenproduktion in der Mittelweser sein als auch der im Sommer und Herbst durch die höheren Aufenthaltszeiten in der Mittelweser begünstigte Wegfraß der Algen durch Zooplankton und Muscheln.

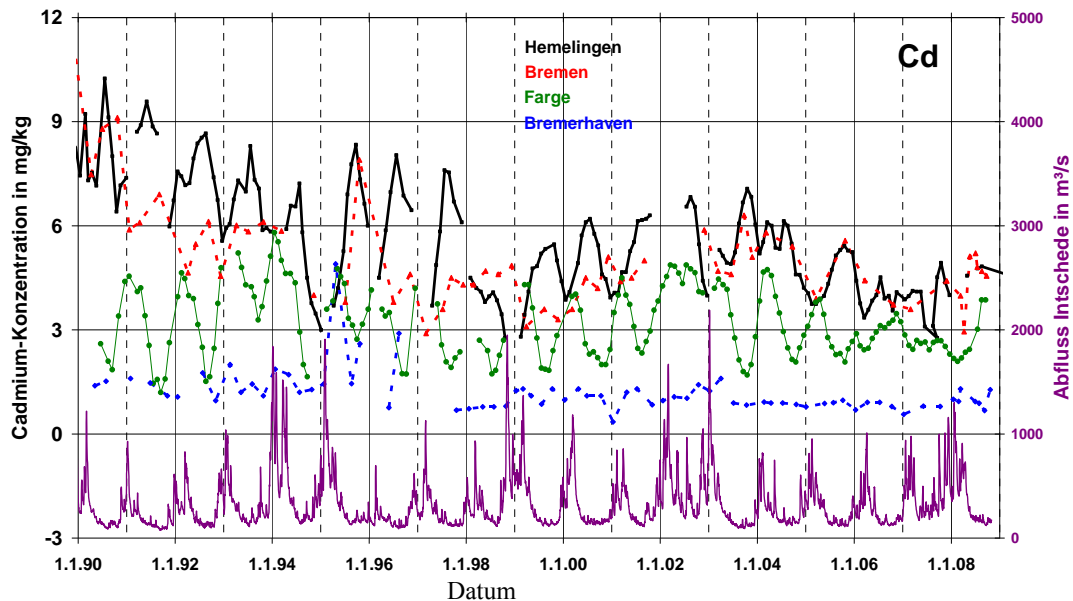


**Abbildung 3.8-2: Tagesmittelwerte für Chlorophyll und Trübung an der Station Oslebshausen (UW-km 8) im Zeitraum März bis Oktober 2011**

Der seeseitige Eintrag von Sedimenten in das Weserästuar lässt sich messtechnisch schwer erfassen. Sedimenttransport findet im küstenparallelen Längstransport sowohl von West nach Ost als auch zwischen dem Weserästuar und der deutschen Bucht statt (in beide Richtungen) (Wienberg 2003). Puls et al. (1997) nennen für den Austrag von Schwebstoffen aus der Weser in das Ästuar einen Wert von 0,24 Mio. t/Jahr (mittlere Werte 1990/1991). Nach dieser Studie fand 1990/1991 kein seeseitiger Eintrag mariner Sedimente in das Ästuar statt. Dies erscheint jedoch kaum plausibel. Marine Sedimente sind bis nach Farge nachweisbar. Irion (1987) beschreibt den Eintrag mariner Sedimente größer als den Austrag fluvialer Sedimente in die Nordsee.

Die beobachtete Abnahme der Gehalte der überwiegend aus der Binnenweser bzw. aus dem oberen Bereich des Ästuars eingetragenen Schadstoffe (TBT) in Richtung See bestätigt (siehe Kap. 3.5), dass gering belastete Feinsedimente im Ästuar stromauf mindestens bis Farge transportiert werden und dort zu einer Verdünnung der höher belasteten Sedimente fluvialer Herkunft führen. Da die Schadstoffgehalte in der Feinkornfraktion  $< 20 \mu\text{m}$  ermittelt werden, treffen die folgenden Aussagen nur auf diese Fraktion zu. Während die Schadstoffgehalte an der Station Bremen (Unterweser-km 7,25) noch auf einem vergleichbaren Niveau wie die bei Hemelingen (Weser-km 360,95) ermittelten Werte liegen, sind sie an der weiter seewärts gelegenen Station Farge (Unterweser-km 26,13) z. T. deutlich geringer als bei Hemelingen bzw. Bremen. Da zwischen Bremen und Farge keine weiteren Stationen liegen, kann über diesen Bereich keine Aussage getroffen werden. Bedingt durch den mit dem Oberwasserabfluss wechselnden Einfluss der marinen Sedimente zeigen die Schadstoffgehalte bei Farge außerdem einen ähnlichen saisonalen Verlauf wie der Oberwasserabfluss, in Abbildung 3.8-3 gezeigt für Cadmium. Sowohl die Höhe der Schadstoffbelastung als auch der nicht regelmäßig zu beobachtende Zusammenhang der Schadstoffgehalte bei Bremen mit dem

Oberwasserabfluss weisen darauf hin, dass feinkörnige marine Sedimente nicht bis Bremen transportiert werden.



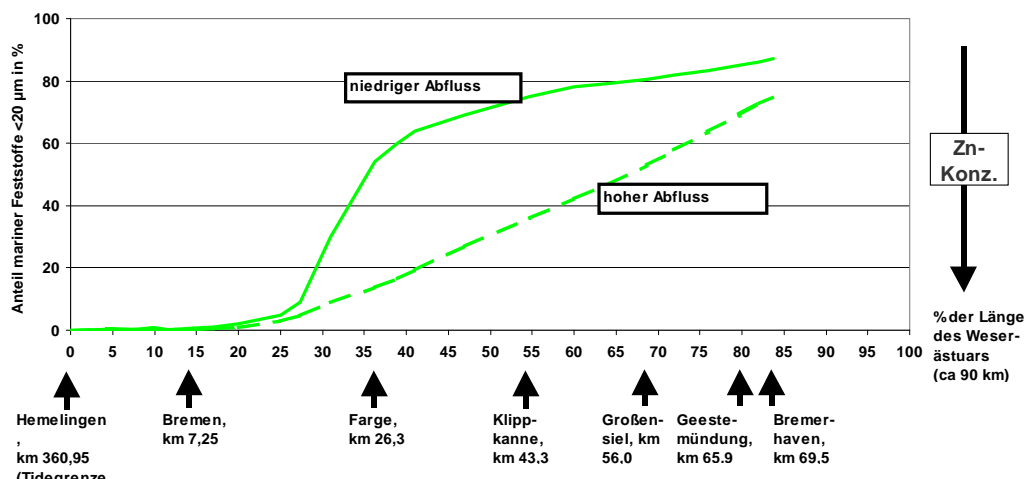
**Abbildung 3.8-3: Räumliche und zeitliche Entwicklung der Cadmiumgehalte in der Tideweser und Oberwasserabfluss am Pegel Intschede**

Bei geringen Oberwasserabflüssen nähern sich die bei Farge ermittelten Gehalte den bei Bremerhaven gemessenen Werten. In Bremerhaven variieren die Schadstoffgehalte nur noch wenig.

Die Maxima der Schadstoffgehalte bei Farge sind gegen die Maxima der Oberwasserabflüsse bei Intschede um 2 - 4 Wochen verschoben. Diese Zeit wird als Transportzeit der feinkörnigen Sedimente zwischen diesen beiden Stationen interpretiert. Die Verschiebung erlaubt jedoch keine Aussagen über die transportierten Mengenanteile. Die zeitliche Differenz der Minima von Schadstoffgehalten und Oberwasserabfluss von 2 bis 7 Wochen weist darauf hin, dass die marinen Anteile z. T. mit einer zeitlichen Verzögerung stromauf transportiert werden.

Bei bekannten Gehalten eines Schadstoffes am Ästuareingang und im marinen Bereich lassen sich über die Mischungsgleichung die Anteile der marinen und fluvialen Sedimente abschätzen (vgl. Ackermann & Schubert 2007). Bei hohem Oberwasserabfluss wird der Anteil mariner Sedimente bei Farge auf 5 - 20 %, bei niedrigem Oberwasserabfluss auf 50 - 65 % geschätzt. Abbildung 3.8-4 zeigt schematisch die aus Schadstoffgehalten geschätzten marinen Anteile im Längsverlauf des Ästuars. Bei Bremerhaven wird der Anteil auf ca. 80 % geschätzt. Im Elbeästuar ist ein entsprechend hoher mariner Anteil bei geringen Oberwasserabflüssen bereits im inneren Ästuar bei Seemannshöft am seeseitigen Ende des Hamburger Hafens anzutreffen, während in der Ems bis direkt unterhalb des Tidewehrs mit einem Anteil > 90 % marine Sedimente dominieren.





**Abbildung 3.8-4: Anteile mariner Feinsedimente im Längsverlauf des Weserästuars**

Zu einem Austrag von Feststoffen aus dem System durch Sedimentationen kommt es in den tideoffenen bremischen Häfen (Schuchardt & Schirmer 1991) sowie in den Nebenarmen, Seitenbereichen und Flachwasserzonen. Dies wird auch durch die in den Sedimenten der Seitenbereiche angetroffenen Schadstoffe belegt. Die in 2011 durchgeführten Untersuchungen an Tiefenprofilen mit höheren Belastungen in tieferen Bereichen der Seitenbereiche zeigen, dass auch aktuell noch Sedimentation erfolgt (siehe Kap. 3.5).

Der Transport von Sedimenten erfolgt in Ästuaren in beide Richtungen und ist durch Zirkulationen und tiderhythmische Sedimentation und Remobilisierungen gekennzeichnet sowie stark von den Abflussverhältnissen beeinflusst (z. B. Spülstoß bei Hochwasserereignissen). Eine Messkampagne 2009 (Aqua Vision 2009) ergab für Ganztidenmessungen am Querschnitt bei Weser-km 56,6 einen rechnerischen Nettostromauftransport von Sedimenten von 4669 t Trockensubstanz pro Tide. Dies entspräche rein rechnerisch einem Wert von ca. 1,24 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr (Korndichte = 2,65 t/m<sup>3</sup>, mittlere Tidendauer 745 Minuten; es ist zu beachten, dass dies nicht bedeutet, dass insgesamt von einem Nettostromauftransport auszugehen ist; der Wert gilt lediglich für den Zeitraum der Messkampagne und wurde nur aus Gründen der Vergleichbarkeit berechnet). Zudem sind die Unsicherheiten bei diesen Berechnungen sehr groß und sie müssen durch weitere Messungen validiert werden (BAW 2012b). Eine besondere Rolle spielt dabei die Trübungszone, die partikelselektiv wirkt.

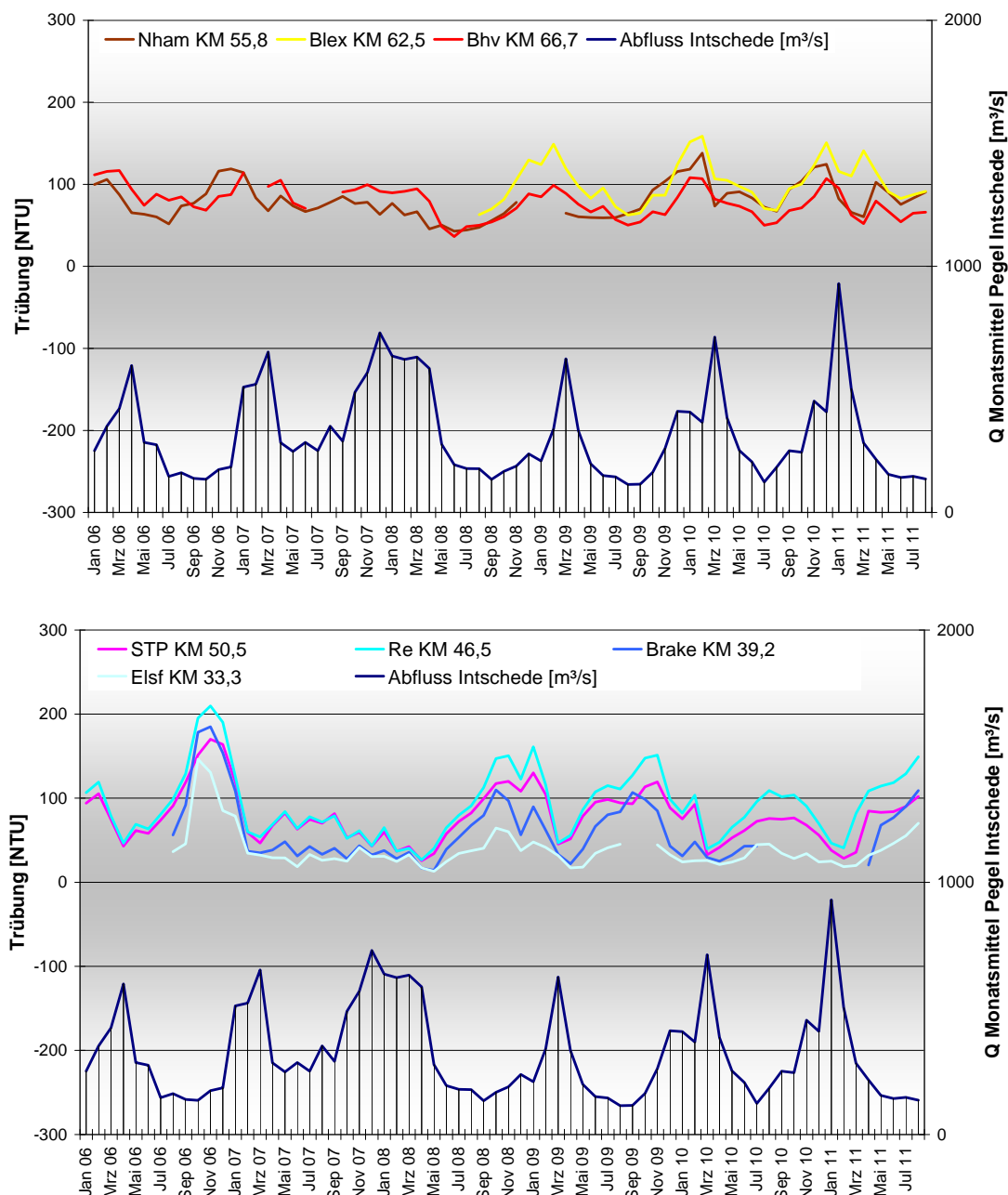
Aussagen zur Gesamtsedimentbilanz der Tideweser können auf der aktuell verfügbaren Datengrundlage nicht getroffen werden. Volumenänderungen (Sedimentation oder Erosion) die auf der Basis von Differenzenrastern ermittelt wurden, beziehen sich auf ausgewählte Zeiträume und sind lediglich auf Teilräume beschränkt, so dass eine Gesamtbilanz nicht ermittelt werden kann. Tendenzen zu großräumiger Auflandung oder Erosion sind derzeit nicht erkennbar. Auch die unterschiedlichen Datenquellen und -auflösungen können zu Fehlinterpretationen führen. Deutlich erkennbar ist jedoch die hohe Sedimentdynamik der Tideweser, die sich u. a. in der Verlagerung von Rinnen, z. B. im nördlichen Fedderwarder Priel, in der Tegeler Rinne oder in der Robinsbalje zeigt. Für ein Untersuchungsgebiet in der Außenweser, welches sich über ein Fläche von ca. 700 - 900 km<sup>2</sup> erstreckt, wurden Gesamt-

volumenänderungen (Massenbilanzen) zwischen 5 - 100 Mio. m<sup>3</sup> bei aufeinander folgenden digitalen Geländemodellen (1 - 2 Jahre) ermittelt (WSA Bremerhaven 2010).

### **3.8.2 Trübung in Abhängigkeit gewässerkundlicher Parameter**

Die Trübung wird an verschiedenen Dauermessstellen in der Weser mit unterschiedlich langen Zeitreihen gemessen. Der Umrechnungsfaktor, der das zum Zeitpunkt der Messung bestehende Verhältnis von Trübung zu Schwebstoffkonzentration beschreibt, ist nicht bekannt; eine Angabe der Schwebstoffkonzentrationen ist daher nicht möglich. Die Trübung wird im Folgenden als repräsentativ für den Schwebstoffgehalt angenommen.

Abbildung 3.8-5 zeigt den zeitlichen Verlauf der mittleren monatlichen Trübungswerte an verschiedenen Messstellen. Hierbei ist zu beachten, dass es sich bei den Trübungsmessungen um Punktmessungen handelt, die keine detaillierten Aussagen über die Trübungsverteilung im Gewässerquerschnitt zulassen. Die geringsten Trübungen wurden an der Station Dwarsgat (km 92,9) in der Außenweser gemessen. Die durchschnittlich höchsten Trübungswerte traten in Rechtenfleth (km 46,5) und in Blexen (km 62,5) auf, mit monatlichen Mittelwerten zwischen 27 - 161 NTU (vgl. auch Kapitel 3.3.1). Der höchste temporäre Trübungswert (210 NTU) wurde nach einer Niedrigwasserperiode im November 2006 in Rechtenfleth gemessen.

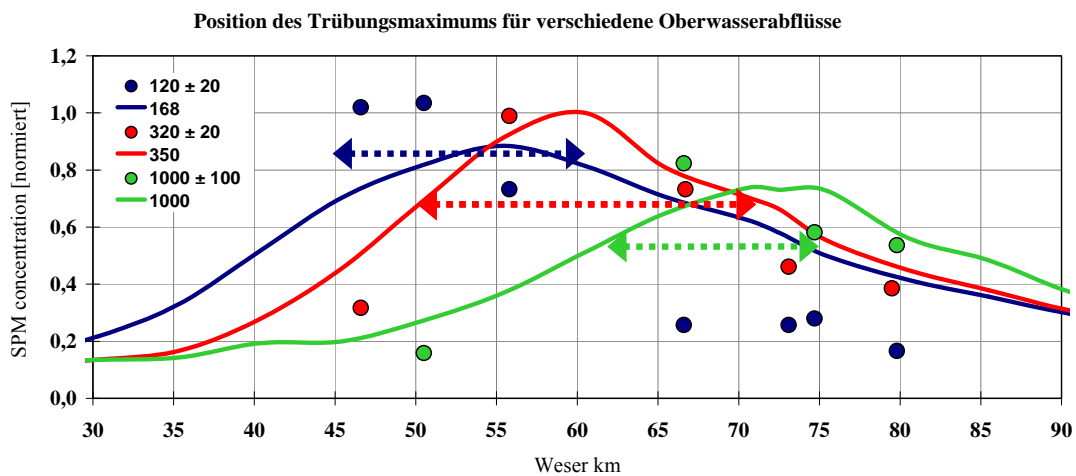


**Abbildung 3.8-5: Mittlere monatliche Werte für Trübung an verschiedenen Messstellen in der Tideweser und Oberwasserabfluss am Pegel Intschede**

Abbildung 3.8-5 verdeutlicht, dass sich die Trübungszone infolge der hydrologischen Randbedingungen im Laufe des Jahres stromauf verschiebt (vgl. auch Kapitel 3.4.1). Im Winter und Frühjahr bei höheren Abflüssen treten i. d. R. die höchsten Trübungswerte an der Messstation in Blexen (Weser-km 62,5) auf. Bei niedrigeren Oberwasserabflüssen, i. d. R. im Sommer und Herbst, ist die Trübung in Rechtenfleth (km 46,5) tendenziell größer. Im Bereich der Transportkörperstrecke/Riffelstrecke, an den Messstationen Elsfleth, Brake, Rechtenfleth und Strohauser Plate ähnelt sich der Trübungsverlauf. Bei sinkendem Oberwasserabfluss steigt die Trübung an. Nimmt der Oberwasserabfluss zu, fällt die Trübung ab. Die geringsten Trübungswerte wurden überwiegend in den Monaten mit den höchsten mittleren Abflüssen gemessen. Stromab, im Bereich der Schlickstrecke an der Trübungs-

mesststelle Nordenham (km 55,6) und im Bereich des Blexer Bogen an den Messstationen Blexen (km 62,5) und Bremerhaven (km 66,7) zeigt die Korrelation der Trübung mit dem Oberwasserabfluss ein verändertes Bild. Das Maximum der Trübungswerte liegt überwiegend kurz vor dem Maximum der Oberwasserabflüsse. Die geringsten Trübungswerte wurden zu Zeiten mit geringen Oberwasserabflüssen gemessen. An den Trübungsmessstationen Robbensüdsteert und Dwarsgat in der Außenweser zeigt sich keine Korrelation mit den Oberwasserabflüssen.

Untersuchungen des WSA Bremerhaven ergaben zwischen Mai und Oktober 2008 maximale Tageswerte für die Trübung in Rechtenfleth und Elsfleth von ca. 430 bzw. 310 NTU. Im Winter waren die Werte deutlich geringer (Piechotta 2011). Die Abhängigkeit der Lage der Trübungszone vom Oberwasserabfluss wurde auch bei einer Untersuchung im Jahr 2003 deutlich. Bei sehr hohen Oberwasserabflüssen ( $Q = 2245 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $> \text{HQ}_{20}$ ) ergaben Messungen höchste Trübungswerte (je nach Tide 70 - 250 NTU) bei Weser-km 74,7 und 66,6. Bei niedrigen Abflüssen im selben Jahr ( $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $\text{MNQ} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$ ) wurden die höchsten Trübungswerte (150 - 250 NTU) am Pegel Rechtenfleth (Weser-km 46,5), die niedrigsten Trübungswerte (20 - 50 NTU) bei Weser-km 66,6 ermittelt (WSA Bremerhaven 2003c). Ein übereinstimmendes Ergebnis ergaben auch Untersuchungen von Kösters & Grabemann (in Vorbereitung). Basierend auf Trübungsmessungen des WSA Bremerhaven und numerischen Modellen ermittelten sie in Abhängigkeit verschiedener Oberwasserabflüsse die in Abbildung 3.8-6 dargestellten Positionen für das Trübungsmaximum.



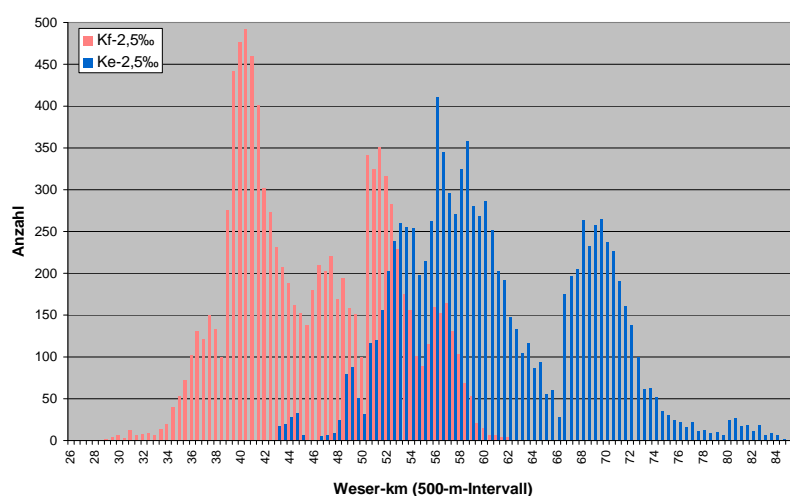
**Abbildung 3.8-6: Lage des Trübungsmaximums basierend auf Naturmessungen des WSA Bremerhaven (Punkte) und Modellergebnissen (durchgezogene Linie) für verschiedene Oberwasserabflüsse (Daten aus Kösters & Grabemann (in Vorbereitung))**

Durchschnittlich pendelt die Trübungszone in Abhängigkeit des Oberwasserabflusses mit einer Spannbreite von ca. 16 km, bei extremen Hochwasser- oder Niedrigwasserabflüssen kann die Verschiebung bis zu 30 km betragen. Unter Berücksichtigung der Vorgänge in der Trübungszone bewirkt dieser Effekt, dass ein hoher Oberwasserabfluss dazu neigt, Sedimente, insbesondere die Feinkornfraktionen aus den oberen und mittleren Abschnitten

des Ästuars in den unteren zu transportieren. Eine längere Periode mit geringem Oberwasserabfluss bewirkt, dass Sedimente sich langsam wieder stromauf hineinbewegen (Burt 2006).

Neben dem Oberwasserabfluss ist die Lage der Trübungszone von der Tidephase abhängig. Die Messungen des WSA Bremerhaven im Jahr 2003 ergaben maximale Trübungswerte sowohl während einer Springtide als auch einige Tage danach (WSA Bremerhaven 2003c). Untersuchungen bei Weser-km 29 zeigten, dass sich die höchsten Trübungswerte kurz vor Flutstromkenterung und bei Ebbestromkenterung einstellten. Die niedrigsten Trübungswerte wurden bei Tideniedrigwasser erreicht (Piechotta 2011). Bei einer 13-stündigen Messung der Schwebstofffrachten an einem Querprofil bei Weser km 71 wurden die höchsten Werte bei Ebbe und Flut am rechten Ufer gemessen. Die maximalen Schwebstofffrachten lagen bei ca. 700 mg/l am Ende der Ebbestromung und stiegen bis auf 800mg/l während der Flutströmung. Im Allgemeinen lagen die Werte unter 200 mg/l (Aqua Vision 2009).

Ähnlich wie die Trübungszone verschiebt sich auch die Brackwasserzone. Untersuchungen zum Salzgehalt ergaben eine Verschiebung der Brackwasserzone innerhalb einer Tide um 12 - 16 km (WSA Bremerhaven 2012). Die Hauptbandbreite ist ebenfalls auf den Spring-Nipp-Zyklus zurückzuführen. Abbildung 3.8-7 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Lage der oberen Grenze der Brackwasserzone bei Flut- und Ebbestromkenterung. Bei Flutstromkenterung liegt die obere Brackwassergrenze zwischen Weser-km 27 und 63, die mittlere Lage bei Weser km 46. Bei Ebbestromkenterung liegt die Brackwassergrenze ca. 15 km seewwärts zwischen Weser-km 60 und 61.



**Abbildung 3.8-7: Häufigkeitsverteilung der Lage der oberen Brackwassergrenze bei Flut- und Ebbestromkenterung bei einem Salzgehalt von 2,5‰ für den Zeitraum 06/1997 bis 10/2011. Intervallbreite für die Häufigkeitsverteilung 500 m (WSA Bremerhaven 2012).**

### **3.9 Zusammenfassung der wichtigsten Defizite und Bezug zum Sedimentmanagement**

In diesem Kapitel werden die in den vorangegangenen Fachkapiteln beschriebenen Defizite (= Abweichungen vom Leitbildzustand) zusammengefasst und teilweise von Veränderungen gegenüber historischen Zuständen abgegrenzt. Weiterhin wird der Bezug zum Sedimentmanagementkonzept verdeutlicht.

#### Hydrologie

Der Tidehub der Weser ist im Vergleich zu dem Gewässerzustand vor Beginn der ersten Weserkorrektur durch Ludwig Franzius stark, im oberen Bereich der Unterweser extrem angestiegen (mit Abstand höchster Anstieg der deutschen Nordseeästuare), das Tideniedrigwasser ist niedriger, das Tidehochwasser höher. Verbunden hiermit sind höhere Strömungsgeschwindigkeiten und viele weitere Auswirkungen auf das Ökosystem (siehe folgende Abschnitte). Wesentliche Ursache hierfür ist der Ausbau der Tideweser für die Schifffahrt mit Aufrechterhaltung entsprechender Fahrrinntiefen.

Es ist davon auszugehen, dass bei Beibehaltung der derzeitigen Nutzung der Tideweser als Schifffahrtsstraße - wenn überhaupt - nur eine geringfügige Verringerung des Tidehubs zu erreichen ist. Insofern ist ein veränderter Tidehub als Teil des Leitbilds zu betrachten. Nichtsdestoweniger gilt es, Instrumentarien zu entwickeln, welche einer zusätzlichen Verschlechterung der oben genannten Prozesse soweit sinnvoll möglich entgegenwirken bzw. auch eine Verringerung des Tidehubs bewirken.

#### Hydromorphologie

Ästuartypische morphodynamische Verlagerungsprozesse sind in der Tideweser nur noch im äußeren Bereich weitgehend vorhanden; in der Unterweser und dem inneren Bereich der Außenweser ist die Dynamik durch Wasserbauwerke und Uferbefestigungen stark eingeschränkt. Gewisse Einschränkungen der Eigendynamik sind sicherlich als unabdingbar für Küstenschutz, Siedlungsentwicklung und Schifffahrtsnutzung zu betrachten. Insbesondere bezüglich der Ufersicherung sind jedoch z. T. ökologisch verträglichere Alternativen denkbar, evtl. auch stellenweise das Zulassen eigendynamischer Prozesse; hierdurch würden zudem wertvolle Lebensräume entstehen (vgl. Abschnitte zu Fauna und Vegetation).

Die Erosions- und Sedimentationsprozesse sind durch das veränderte Strömungsgeschehen stark anthropogen beeinflusst. Allerdings sind bisher keine deutlichen Tendenzen zu verstärktem Stromauftransport wie in Elbe und Ems erkennbar.

Die Entwicklung natürlicher Sohlstrukturen ist im Bereich von unterhaltener Fahrrinne und Unterbringungsstellen durch die Unterhaltungsbaggerung eingeschränkt. Die ausgedehnten Transportkörperstrecken in der Unterweser entsprechen nicht dem historischen Zustand; diese Veränderung ist allerdings unumkehrbar und somit Teil des Leitbilds. Des Weiteren tragen Bauwerke zur Stabilisierung der Fahrrinne wie Buhnen und Spundwände durch Bildung von Anlandungen, lokalen Kolken etc. zur Veränderung der natürlichen Sohlstrukturen bei (Schrottko et al. 2006).

Die Verlandung und Verschlickung von Nebenarmen ist sehr stark und durch die Strömungskonzentration in der Fahrrinne verstärkt. Große Teile z. B. des Rechten Nebenarmes fallen bei Tideniedrigwasser bereits trocken.

Infolge von Gewässerausbau und Deichbau sind dem Ästuar im Laufe der Zeit immer mehr Vorland- und Überschwemmungsflächen verloren gegangen (nach Claus 1998 wie in den anderen Ästuaren über 90 % des ursprünglichen historischen Überschwemmungsgebiets). Verbunden hiermit sind u. a. der Verlust von Nebenarmen mit hoher morphologischer und hydraulischer Diversität und Gewässer- und Uferstrukturen (Uferlänge stark verkürzt). Damit einhergehend ist der Verlust von Habitaten. Hierdurch sowie durch die Absenkung des Tideniedrigwassers sind insbesondere in der Unterweser die Flachwasserzonen absolut und im Verhältnis zu anderen Gewässerbereichen stark zurückgegangen. Nach Claus (1998) und anderen Autoren (Elsebach et al. 2006, Schuchardt 2003) liegt der Verlust der Flachwasserbereiche in der Tideweser bei ca. 79 %. Im Elbe und Emsästuar dagegen bei 26 % bzw. 42 %. Eine Wiederherstellung der ursprünglichen Verhältnisse ist nicht vereinbar mit den bestehenden Nutzungen und damit auch nicht Bestandteil des Leitbilds, dennoch erscheint in gewissen Bereichen eine Wiederanbindung an das Tide- und Überflutungsgeschehen möglich; entsprechende Projekte sind bereits als Kompensationsmaßnahmen verwirklicht worden. Darüber hinaus sind besondere Strukturen wie Nebenarme und ein höherer Anteil der auch anteilig besonders stark zurückgegangenen Flachwasserzonen als Bestandteil des Leitbilds zu betrachten und entsprechend Gefährdungen solcher Strukturen und der aktuelle geringe Anteil von Flachwasserzonen als Defizite, für die Lösungen zu entwickeln sind.

An der Tidehunte stellen der starke Ausbaugrad und mangelnde Strukturen aus hydromorphologischer Sicht das größte Defizit dar. Befestigte Ufer auf fast der gesamten Strecke der tidebeeinflussten Hunte sowie ein fehlendes Vorland tragen u. a. dazu bei, dass die Gewässerstruktur und Biotopausstattung verarmt ist. Naturnahe Uferstrukturen mit Flusswatt- und Flusswattröhrflächen kommen nur an Alt- bzw. Totarmresten der Hunte vor, der Übergang zwischen Wasserkörper und terrestrischen Bereichen ist abrupt. Fast unmittelbar an die Ufersicherung schließen Deiche an (NLWKN & SUBV 2012).

#### Wasserbeschaffenheit und Phytoplankton

Die gegenüber dem historischen Zustand veränderten hydrologischen und morphologischen Verhältnisse stellen auch bezüglich Wasserbeschaffenheit und Phytoplankton eine Belastung dar (stärkere Strömungen ggf. mit Auswirkungen auf die Trübung und damit das Lichtklima, größere Wassertiefen mit Einfluss auf den physikalischen Sauerstoffeintrag, Verlust von Nebenarmen und Flachwasserzonen, Stromauf-Verlagerung des Brackwassereinflusses), welche allerdings bei Beibehaltung der Schifffahrtsnutzung nur teilweise abgemildert werden kann. Hinzu kommen hohe Nährstoff- und Salzeinträge, insbesondere aus der Mittelweser.

Zur tatsächlichen Einschätzung der aktuellen Situation von Wasserbeschaffenheit und des Phytoplanktons in der Unterweser ist die Datenlage allerdings unzureichend. Hinweise auf ausgedehntere Sauerstoffmangelsituationen wie in Ems und Elbe gibt es bisher nicht.

### Schadstoffbelastungen und ökotoxikologische Wirkungen

Um die Voraussetzungen zur nachhaltigen Entwicklung natürlicher Lebensräume zu gewährleisten (vgl. Kap. 3.1 „Leitbild“), wird die Erhaltung und Entwicklung von nur gering bzw. nicht anthropogen mit Schadstoffen belasteten Sedimenten und Schwebstoffen in der Tideweser und der Hunte sowie den angrenzenden Wattgebieten angestrebt.

Die Schadstoffbelastung der Wesersedimente ist im Vergleich zur vorindustriellen Belastung bzw. der natürlichen Hintergrundbelastung für einige Schadstoffe deutlich erhöht. Mit Ausnahme einiger Schwermetalle zeigen die Wesersedimente eine geringere Belastung mit Schadstoffen als die Sedimente der Tideelbe, während sich die Schadstoffgehalte der Emsedimente der marinen Belastung annähern.

Deutlich erhöhte Gehalte finden sich insbesondere für TBT, Zink, Cadmium, PAKs und PCBs in Sedimenten und Baggergut aus dem Bremer Bereich. In der von Sanden dominierten Riffelstrecke in der Unterweser (Weser-km 8 - 55) spielen die Schadstoffe keine Rolle, da sie überwiegend in den Feinkornfraktionen < 63 µm angereichert werden. In strömungsberuhigten Bereichen wie den Nebenarmen und Häfen, aber auch in Schwebstoffen mit einem hohen Feinkornanteil der Feststoffe sind die Schadstoffgehalte jedoch auch in diesem Abschnitt der Weser erhöht. Aufgrund der in Richtung See zunehmenden Vermischung der Wesersedimente mit gering belasteten marinen Sedimenten sind die Gehalte der Schadstoffe in den Sedimenten der Schlickstrecke (Weser-km 55 - 58) mit Ausnahme der Kohlenwasserstoffe bereits geringer belastet und die Sedimente in der Außenweser als gering belastet einzustufen.

Die Sedimente der Hunte tragen im Vergleich zur vorindustriellen Belastung ebenfalls deutlich erhöhte Schadstoffbelastungen, insbesondere im Bereich der Elsflether Werft.

Die Unterhaltungsbaggerungen in der Tideweser sind zwar in der Regel nicht mit einem Schadstoffeintrag in das System Tideweser verbunden, doch sie beschleunigen den Transport der Schadstoffe in Richtung See im Vergleich zu dem strömungsbedingten Transport.

Generell ist das ökotoxikologische Potenzial der Sedimente der Tideweser und der Hunte (km 0 bis 24,6) relativ gering. Ausnahmen hiervon sind die erhöhten Ökotoxizitäten im Bremer Bereich und in der Fahrrinne der Hunte in der Nähe der Elsflether Werft und im Bereich Oldenburg (s. Kapitel 3.5.1) in den vergangenen Jahren. Es ist davon auszugehen, dass diese Belastungen auf anthropogene Einflüsse zurückgehen.

Eine Verbesserung der Sedimentqualität ist nur zu erreichen, wenn bestehende Schadstoffquellen z.B. im Großraum Bremen und insbesondere im Binnenbereich der Weser verringert werden. Der Einsatz TBT-haltiger Anstriche auf Schiffen ist in der EU seit 2003 (EG-Verordnung 782/2003) verboten und es ist bereits ein Rückgang der Belastung zu erkennen. Die Gehalte der TBT-Verbindungen werden aufgrund des am 17. September 2008 in Kraft getretenen internationalen Anwendungsverbotes (International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships 2001) und des langsamen Abbaus der Verbindungen künftig weiter zurückgehen.



Der chemische Zustand nach WRRL (Schwerpunkt Wasserphase) wurde für das Übergangsgewässer, alle Küstengewässer und alle weiteren Gewässer im Bereich der Tideweser mit „gut“ bewertet. Allerdings ist hierbei noch nicht die Tochtrichtlinie (2008/105/EWG) zur Bewertung herangezogen worden. Eine Anwendung dieser Richtlinie würde z. B. das Küstengewässer der Weser betreffen, da es dort zu Überschreitungen beim Cadmium gekommen ist (nach neuer RL: nicht guter chemischer Zustand) (NLWKN & SUBV 2012).

### Fauna

Das Artenspektrum der Benthosfauna ist gegenüber historischen Zuständen verarmt, insbesondere fehlen heute habitatbildende Arten (z. B. Sabellaria-Riffe). Eine wichtige Ursache für das reduzierte Artenspektrum ist der Verlust von Lebensräumen (z. B. Rückgang von Flachwasserbereichen, Befestigung von Ufern), einen gewissen Einfluss haben möglicherweise auch mechanische Störungen durch Schiffswellen und wiederholte Schädigungen durch Unterhaltungsbaggerungen und Baggergutunterbringung im Bereich von Fahrrinne und Unterbringungsstellen, aber auch durch Baumkurrenfischerei, die insbesondere in den tieferen Seitenbereichen parallel zu den Hauptrinnen und Großprielen praktiziert wird (WSA Bremerhaven mdl.). Allerdings ist ein wesentliches Merkmal des Makrozoobenthos seine hohe zeitliche und räumliche Variabilität (z. B. bedingt durch kalte Winter, aber für einige Arten auch im Lebens-/Populationszyklus), dies gilt insbesondere in Ästuarien, welche ihrerseits durch hohe Dynamik und natürliche Gradienten (z. B. bzgl. Salzgehalt und Trübung) gekennzeichnet sind. Daher ist es schwer, die Auswirkungen von anthropogenen Einflüssen auf das Makrozoobenthos zu identifizieren und von den natürlichen Schwankungen und Entwicklungen zu trennen. Grundsätzliche Veränderungen des Artenspektrums haben sich außerdem durch die Einwanderung von Neozoen sowie die Eutrophierung der Nordsee ergeben. Zu einem gewissen Teil sind die genannten Beeinträchtigungen und Veränderungen als irreversibel und/oder in Zusammenhang mit wichtigen Nutzungen unumgänglich zu betrachten und daher mittlerweile Teil des Leitbildzustands; nichtsdestotrotz ist eine Verminderung der Beeinträchtigungen anzustreben. Hierbei könnten Maßnahmen, die eine Reduzierung der Baggeraktivitäten bewirken, eine gewisse Rolle spielen, da Baggerungen die Benthosfauna direkt beeinträchtigen. Allerdings wären positive Effekte für die Benthosfauna über diesen Wirkungspfad vermutlich nur mit umfangreichen strombaulichen Maßnahmen erreichbar, die ihrerseits Beeinträchtigungen hervorrufen. Durchgreifende Verbesserungen für die Benthosfauna im Sinne einer Erhöhung der Diversität und der Etablierung auch anspruchsvollerer Arten sind nur dann zu erwarten, wenn es in Zukunft gelingt, in Seitenbereichen funktionsfähige, miteinander vernetzte Lebensräume mit Flachwasserbereichen und moderaten Strömungs- und Trübungsverhältnissen zu schaffen.

Bezüglich der Fischfauna sind der Rückgang von Artenvielfalt und insbesondere Bestandsgrößen der vorherrschenden Süßwasserfische in der Unterweser sowie die starken Bestandsrückgänge (bis hin zum Aussterben) von Wanderfischen die wichtigsten Defizite. Sie resultieren im Wesentlichen aus Veränderungen von Lebensräumen in Unterweser und Hunte (Konzentration des Wassers auf eine tiefe Fahrrinne mit einheitlichem Profil bei gleichzeitigem Rückgang produktiver Flachwasserzonen) sowie - außerhalb des engeren Betrachtungsgebietes - aus einer unzureichenden Fischdurchgängigkeit des Wesersystems. Die verbliebenen Flachwasserzonen werden zudem in unterschiedlichem Ausmaß, welches u. a. von der

Entfernung der Flachwasserzonen zur Fahrrinne abhängt, durch von Schiffen hervorgerufenen Sunk, Schwall und Wellenschlag beeinträchtigt (mit nachteiligen Auswirkungen auf Fischbrut und Fischnährtiere). Vergleichbare fischökologische Defizite sind auch aus den Ästuaren von Elbe und Ems bekannt. Im Gegensatz zur Elbe und insbesondere zur Ems ist jedoch die Sauerstoffsituation in Unterweser und Hunte als weniger fischkritisch zu werten und daher die Funktion als Lebensraum und Wanderkorridor für Fische weniger beeinträchtigt.

Die Seehundvorkommen in der Außenweser sind trotz Störungen - etwa durch Schiffsverkehr (insbes. auch Freizeitnutzung) - als stabil zu betrachten. In wieweit die Funktion der Tideweser als Nahrungshabitat für den Schweinswal etwa durch Unterwasserlärm beeinträchtigt ist, lässt sich schwer abschätzen.

Während die ausgedehnten Wattflächen im Bereich der Außenweser als großflächiger Lebensraum für Gastvögel - abgesehen von Störungen etwa durch Schiffsverkehr - weitgehend wie im Leitbild-Zustand vorhanden sind, sind andererseits Lebensräume für die ästuartypische Avifauna angesichts von vielfach nur schmalen Vorlandbereichen, teilweise intensiver landwirtschaftlicher Nutzung sowie fester Ufersicherungen stark zurückgegangen.

#### Vegetation

Auch bezüglich der Ufer- und Wasservegetation sind die Veränderung der morphologischen und hydrologischen Parameter und deren Folgewirkungen die wichtigsten Ursachen für Defizite. Hinzu kommt die nach wie vor hohe Nährstoffbelastung aus diffusen Quellen.

Tidebeeinflusste Lebensräume sind durch die Deichlinien in ihrer Ausdehnung eingeschränkt. Der Grad der Ufersicherung ist hoch und Uferbereiche teilweise intensiv landwirtschaftlich genutzt. Naturnahe oder extensiv genutzte Uferstrukturen mit entsprechenden Vegetationsbeständen sind daher defizitär.

Die Nebenarme der Unterweser weisen - verstärkt durch die Strömungskonzentration in der Fahrrinne - deutliche Verlandungstendenzen auf. Durch die Aufsedimentierung drängt Schilf Pionierarten zurück, was die Zonierung und Artenzusammensetzung des Röhrichts verändert. Röhrichte dehnen sich auf Kosten der Wattflächen in den Nebenarmen zu stark aus.

Durch die stärker als im Referenzzustand tidebedingt schwankenden Wasserstände sind im oligohalinen und limnischen Bereich ständig untergetaucht lebende Wasserpflanzen zugunsten von Süßwasserwatt aus dem System verdrängt worden.

Die Seegraswiesen in der Außenweser haben trotz einer positiven Entwicklung im letzten Jahrzehnt das Niveau vor dem Zusammenbruch der Bestände bisher nicht wieder erreicht; sublitorale Bestände haben sich nach derzeitigen Kenntnisstand nicht wieder etabliert. Zur weiteren Regeneration der Seegrasbestände im Eulitoral könnte eine Verringerung des Eintrags von Nährstoffen und der Trübung beitragen.

### Fazit bezüglich des Sedimentmanagements

Die Beschreibung und Analyse der Defizite des ökologischen Zustands der Tideweser zeigt, dass die Unterhaltungsbaggerung nicht die alleinige und eher auch nicht die bestimmende Ursache vorhandener Defizite ist. Von größerer Bedeutung sind z. B. die Folgen des Gewässerausbaus für die Schifffahrt sowie von Küstenschutz und Landwirtschaft. Dennoch gibt es Auswirkungen von Unterhaltungsbaggerungen, welche im folgenden Kapitel (Kap. 4.2) für die Tideweser beschrieben und eingeschätzt werden, um in Kapitel 5 Handlungsoptionen daraufhin zu bewerten, ob Auswirkungen weiter vermindert werden können.

Zusätzlich verdeutlicht die Zusammenstellung der Defizite drei Schwerpunkte: Verminderung fester Ufersicherungen, eine dauerhafte Sicherung der Nebenarme sowie die Entwicklung von Flachwasserzonen. Die letzten beiden Punkte benennt auch der IBP Weser (NLWKN & SUBV 2012) als ein Ziel der Maßnahme I-8 „Erstellung und Anwendung eines Sedimentmanagementkonzepts der WSV“; bezüglich der Ufersicherungen wird im IBP die Erarbeitung eines eigenen Konzepts vorgeschlagen (Maßnahme I-3).

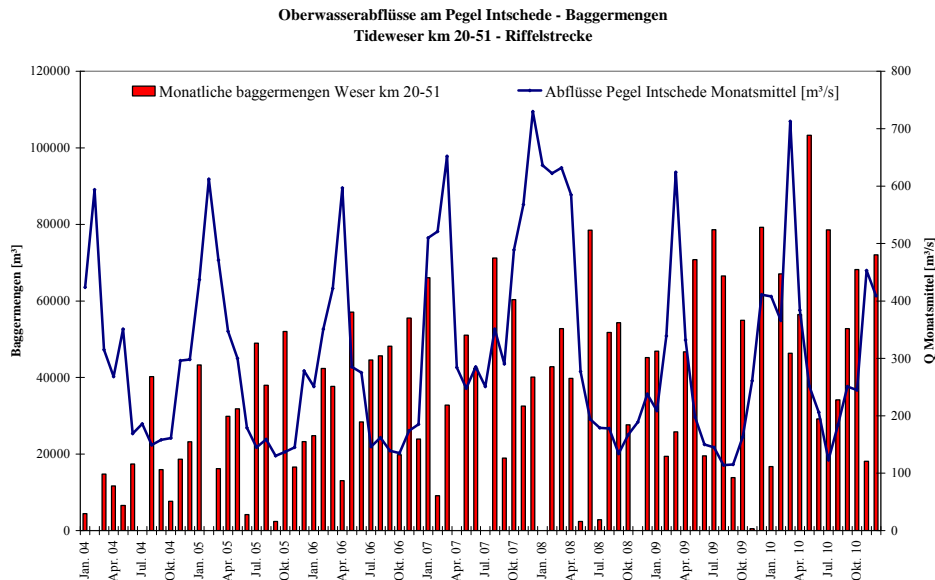
Klärungsbedarf speziell im Zusammenhang mit Unterhaltungsbaggerung/Sedimentmanagement besteht insbesondere hinsichtlich Trübung und Schadstoffquellen.

## 4. Zusammenhänge zwischen Sedimentmanagement und ökologischem System

### 4.1 Abhängigkeiten der Baggervolumina vom Oberwasserabfluss

#### Riffel-/Transportkörperstrecke

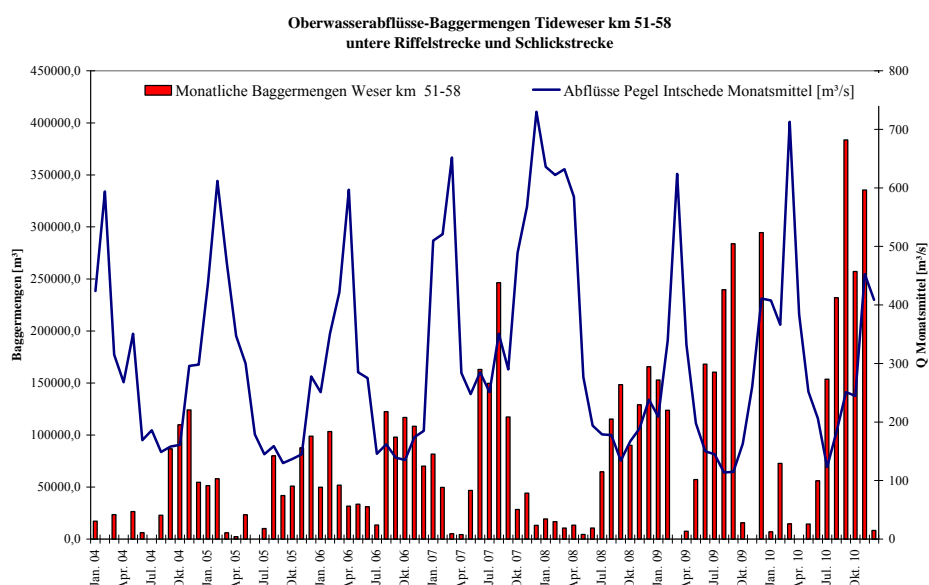
Von Weser-km 20 - 51, im Bereich der Riffelstrecke, variieren die monatlichen Unterhaltungsbaggerungen sehr stark (vgl. Kapitel 2). Untersuchungen der WSÄ Bremen (Piechotta 2011, WSA Bremen 2012) und Bremerhaven zeigten, dass sowohl die Lage als auch die Höhe der Transportkörper in der Riffelstrecke vom Oberwasserabfluss beeinflusst werden. So werden z. B. bei sehr hohen Oberwasserabflüssen die Dünen kurzzeitig soweit abgetragen, dass die Sollsohle ohne zusätzliche Baggerungen erreicht werden kann (BAW 2006). Aufgrund der kontinuierlich stattfindenden Baggerungen ist ein Zusammenhang zwischen Oberwasserabfluss und Baggermengen in diesem Abschnitt jedoch nicht feststellbar (vgl. Abbildung 4.1-1). Auch ein Zusammenhang zwischen Unterhaltungsbaggerung, des in diesem Bereich überwiegend sandigen Baggergutes (Mittelsandanteil bis ca. 90 %, vgl. Kapitel 2) und der Trübung ist in diesem Abschnitt nicht erkennbar. Im Zeitraum 2004 bis 2010 ist ein Anstieg der Baggervolumina zu beobachten.



**Abbildung 4.1-1: Zeitlicher Verlauf des monatlichen Mittel des Oberwasserabflusses sowie der monatlichen Baggermengen der Tideweser von km 20 - 51 (2004 - 2010)**

## Untere Riffelstrecke und Schlickstrecke

Von km 51 - 58, im Bereich der unteren Riffelstrecke (km 51 - 55) und der Schlickstrecke Nordenham (km 55 - 58), zeigt sich eine Abhängigkeit der Unterhaltungsbaggermengen vom Oberwasserabfluss (vgl. Abbildung 4.1-2). Hohe Oberwasserabflüsse führen zu einer Abnahme der Baggermengen, während nach niedrigeren Oberwasserabflüssen eine Zunahme der Baggermengen erkennbar ist. Dies zeigt auch die Betrachtung der monatlichen Baggerzeiten, die tendenziell in der 2. Jahreshälfte (bei geringeren Oberwasserabflüssen) deutlich zunehmen. Dies lässt darauf schließen, dass bei ansteigenden Oberwasserabflüssen und der damit einhergehenden seewärtigen Verschiebung der Trübungszone Feinmaterial in der Schlickstrecke mobilisiert und seewärts verdriftet wird (s. Kapitel 3.8). Nach Müller (WSA Bremerhaven 2003a) findet vor Nordenham bei geringen bis mittleren Abflüssen eine verstärkte Sedimentation statt, während bei mittleren bis höheren Abflüssen ( $> 320 \text{ m}^3/\text{s}$ ) Ausräumprozesse auftreten. Die Trübung (gemittelte Monatswerte) erreicht tendenziell ihr Maximum kurz vor den Abflussspitzen und fällt dann ab (vgl. Kapitel 3.8). Aufgrund der geringen zeitlichen Auflösung der Trübungsmessungen an der in diesem Abschnitt einzigen befindlichen Messstelle Nordenham lässt sich ein möglicher Zusammenhang zwischen Trübung und Unterhaltungsbaggermengen jedoch nur ansatzweise verfolgen. Im Zeitraum zwischen 2004 - 2010 ist auch hier ein Anstieg der Baggermengen ersichtlich.



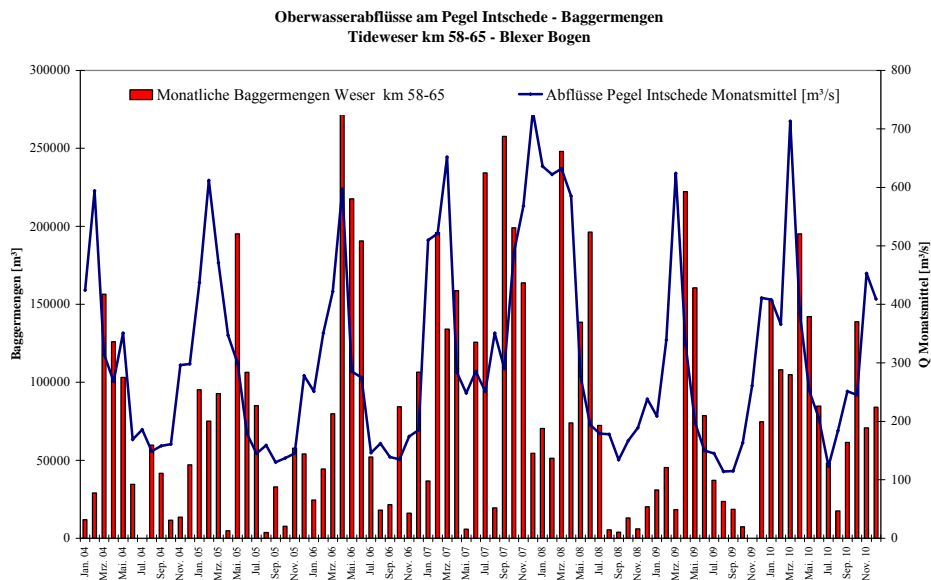
**Abbildung 4.1-2: Zeitlicher Verlauf des monatlichen Mittel des Oberwasserabflusses sowie der monatlichen Baggermengen der Tideweser von km 51 - 58 (2004 - 2010).**

## Blexer Bogen

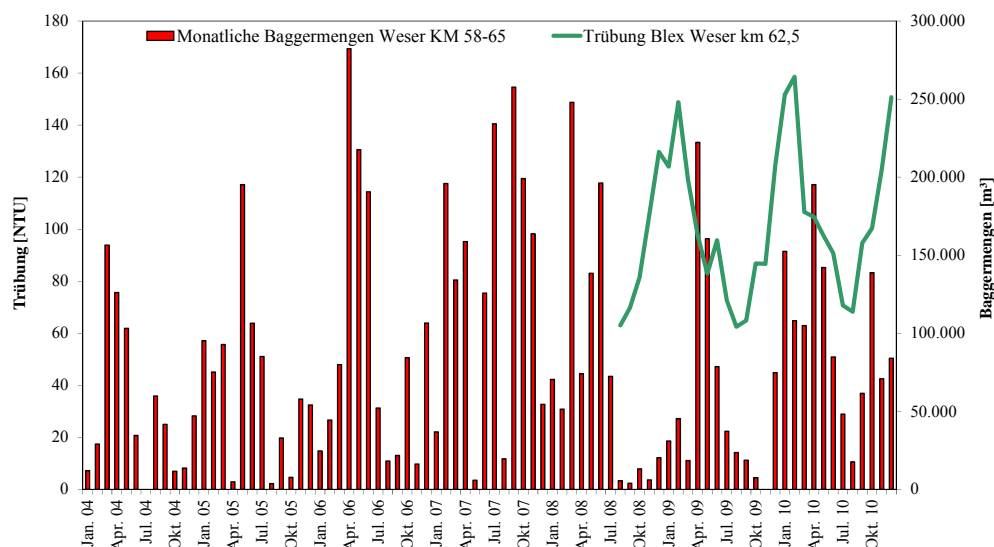
Auch im Bereich Blexer Bogen zwischen Weser-km 58 - 65 zeigt sich erwartungsgemäß ein Zusammenhang der mittleren monatlichen Oberwasserabflüsse bzw. der Verschiebung der Trübungszone mit den monatlichen Baggermengen (vgl. Abbildung 4.1-3). Im Gegensatz zum oberstromigen Abschnitt (km 51 - 58) sind bei niedrigeren Oberwasserabflüssen niedrige Baggermengen zu beobachten und hohe Baggermengen nach hohen Oberwasserabflüssen. Auch die Betrachtung der monatlichen Baggerzeiten in diesem Abschnitt lässt eine Tendenz zu häufigerem Baggereinsatz in der ersten Jahreshälfte erkennen (vgl. Kapitel 2).

Untersuchungen von Müller (WSA Bremerhaven 2003a) ergaben ein ähnliches Bild. Bei einer qualitativen Betrachtung der Abhängigkeiten zwischen der angetroffenen Sedimentmenge über der Sollsohle in der Fahrrinne und dem Oberwasserabfluss zwischen 1990 und 2003 konnte festgestellt werden, dass bei geringen bis normalen Abflüssen ( $< 320 \text{ m}^3/\text{s}$ ) kaum Sedimentation stattfindet. Bei kurzzeitigen Oberwasserwellen zwischen  $300 - 1000 \text{ m}^3/\text{s}$  treten hohe Sedimentationsraten auf, während bei noch höheren Abflüssen wieder Ausräumprozesse stattfanden.

Kontinuierliche Trübungsmessungen an der Messstelle Blexen (km 62,5) liegen erst seit dem Jahr 2008 vor. Eine fundierte Abschätzung von Zusammenhängen zwischen Trübung und Baggermengen ist daher nicht möglich. Tendenziell ist jedoch erkennbar, dass die maximalen Trübungswerte jeweils vor den maximalen Baggermengen erreicht werden (vgl. Abbildung 4.1-4). Dies hängt wahrscheinlich mit der Abhängigkeit der Trübungsentwicklung (Verschiebung Trübungszone) vom Oberwasserabfluss zusammen.



**Abbildung 4.1-3: Zeitlicher Verlauf des monatlichen Mittel des Oberwasserabflusses sowie der monatlichen Baggermengen der Tideweser von km 58 - 65 (2004 - 2010)**

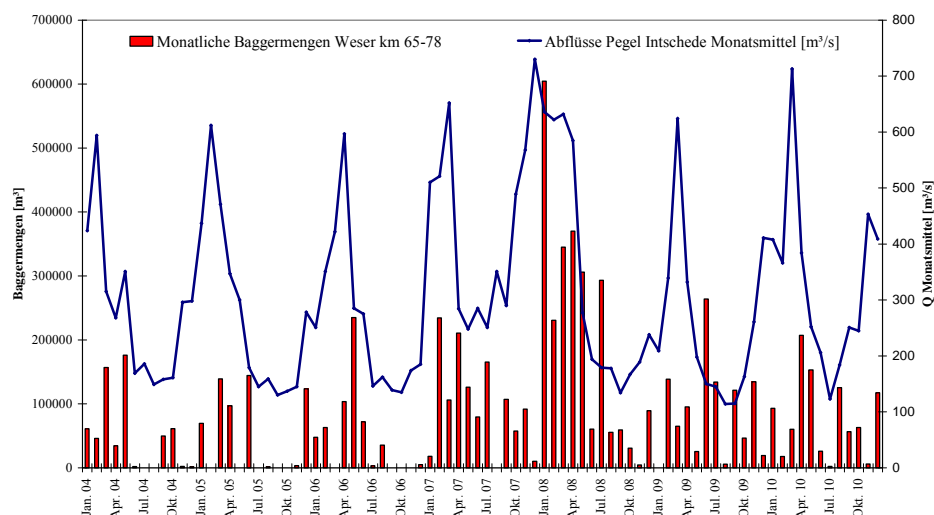


**Abbildung 4.1-4: Trübung an der Messstelle in Blexen und monatliche Baggermengen im Abschnitt km 58 - 65**

### Außenweser

In der Außenweser zwischen Weser-km 65 - 78 zeigt sich eine leichte Korrelation zwischen Oberwasserabfluss und Baggermengen. Nach hohen Abflüssen steigen die Baggermengen tendenziell an. Ein Zusammenhang zwischen Baggermengen und Trübung kann basierend auf der einzigen vorhandenen Trübungsmessstation nicht festgestellt werden. Von km 78 bis 110 zeigt sich kein Zusammenhang zwischen mittleren monatlichen Oberwasserabflüssen und Baggermengen. Vielmehr sind in diesem Bereich die Einflüsse aus der Nordsee maßgebend (ohne Abb.).

**Oberwasserabflüsse-Baggermengen Tideweser km 65-78 Außenweser**



**Abbildung 4.1-5: Zeitlicher Verlauf des monatlichen Mittel des Oberwasserabflusses sowie der monatlichen Baggermengen der Tideweser von km 65 - 78 (2004 - 2010)**

## 4.2 Auswirkungen der Unterhaltungsbaggerung in der Tideweser auf das ökologische System

Die Beschreibung und Analyse der Defizite des ökologischen Zustands der Tideweser in Kapitel 3 zeigt, dass die Unterhaltungsbaggerung nie die alleinige und eher auch nicht die bestimmende Ursache vorhandener Defizite ist. Nichtsdestoweniger hat die Unterhaltungsbaggerung direkte und indirekte, in vielen Fällen negative Auswirkungen auf Systemkomponenten. Im Folgenden werden für verschiedene Fachaspekte die wesentlichen beeinflussten Parameter und Prozesse zunächst kurz allgemein beschrieben und dann speziell hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Tideweser eingeordnet. Hierbei werden Natura-2000- und WRRL-Aspekte besonders berücksichtigt, es handelt sich aber um eine rein fachliche Betrachtung ohne spezielle Prüfung von Vorgaben des Naturschutzrechts oder des Wasserhaushaltsgesetzes. Die Analyse von Auswirkungen stellt die Basis für die Beurteilung von Handlungsoptionen des Sedimentmanagements im folgenden Kapitel dar.

Eine Übersicht über die grundsätzlichen Wirkungszusammenhänge zeigt Abbildung 4.2-1; nähere Erläuterungen finden sich in den folgenden Abschnitten zu den verschiedenen Systemkomponenten. Durch Sedimentumlagerungen werden sowohl Strukturen und Zustände als auch Funktionen (Prozesse und deren Raten) im Ästuar beeinflusst (vgl. auch BfG 2008). Hierbei ist in manchen Fällen die Baggermenge und Baggergutzusammensetzung, in anderen die betroffene Fläche oder die Zeit, zu der die Baggerung stattfindet, der maßgebende Faktor; insofern ist keine dieser Angaben allein ein sinnvoller Index für das Ausmaß von zu befürchtenden Auswirkungen.

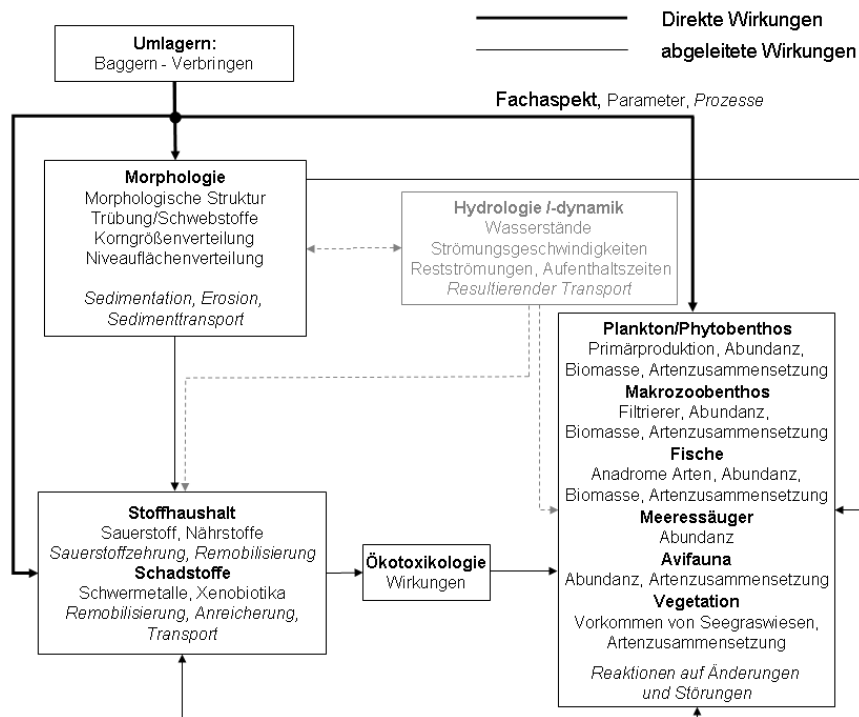


Abbildung 4.2-1: Übersicht der Wirkungszusammenhänge bei Unterhaltungsbaggerungen (verändert nach BfG 2008)



## **Hydrologie/Hydrodynamik**

Änderungen der Form und Größe der Gerinnegeometrie durch Baggern und die Unterbringung von gebaggertem Sediment wirken sich grundsätzlich direkt auf Strömungen und Wasserstände aus. Solche Änderungen der hydrologisch-hydraulischen Parameter beeinflussen wiederum Sedimentations- und Erosionsprozesse und können zu erneuten morphologischen Änderungen führen, bis sich ein neues morphologisches Gleichgewicht eingestellt hat (dieser Prozess wird als morphologischer Nachlauf bezeichnet). Die durch verschiedene Ausbaumaßnahmen gegenüber dem historischen Zustand veränderten Tidewasserstände und entsprechende Veränderungen von abgeleiteten Größen wie z. B. Tidehub, Flut- und Ebbedauer sind in Kapitel 3 dargestellt.

Durch Unterhaltungsbaggerungen werden allerdings lediglich die ausbaubedingten Verhältnisse aufrecht erhalten. Auswirkungen auf die Hydrologie bzw. Hydrodynamik durch die Unterhaltung sind entsprechend vernachlässigbar gering, lokal begrenzt und temporär. Dies gilt auch für die Tideweser.

## **Hydromorphologie**

Direkte Auswirkungen der Gewässerunterhaltung auf die Morphologie sind die lokale Sedimententnahme und -umlagerung sowie eine temporäre und räumlich beschränkte Trübungserhöhung, die in Abhängigkeit der Bagger- und Umlagerungstechnik, dem zu baggernden Material und den hydraulischen Randbedingungen verschieden stark ausfällt. Wenn durch Bagger- und Umlagerungsmaßnahmen Material resuspendiert wird, steht dieses den Feststofftransportprozessen wieder zur Verfügung und kann somit auch in strömungsberuhigten Bereichen abgelagert werden. Unterhaltungsmaßnahmen können somit die Größe des Feststoffpools, der den Transportprozessen in einem Ästuar zur Verfügung steht, verändern und grundsätzlich Sedimentationsprozesse in strömungsberuhigten Randbereichen verstärken.

Wenn Umlagerungsmaßnahmen feinkörniger Sedimente mit einer hohen Frequenz durchgeführt werden, kann es auch zu einer dauerhaften Zunahme der Schwebstoffgehalte kommen. Dieser Effekt verstärkt sich, wenn Bagger- und Unterbringungsort nahe beieinander liegen und sich gegenseitig beeinflussen.

Umlagerungen können im Bereich der Unterbringungsstelle (temporär und bei Ausbaubaggerungen auch im Bereich der Baggerstelle) zu Änderungen des anstehenden Sohlsedimentes sowie der morphologischen Struktur führen und dort direkt die Niveauflächenverteilung verändern.

Weiterhin gibt es grundsätzlich auch indirekte Auswirkungen von Umlagerungsmaßnahmen auf morphologische Parameter durch Änderungen der hydraulischen Parameter (siehe voriger Abschnitt). Unterhaltungsbaggerungen halten diesbezüglich im Wesentlichen die ausbaubedingten Veränderungen aufrecht. Veränderte morphologische Bedingungen können auch außerhalb der Eingriffsbereiche auftreten, wie z. B. erhöhte Sedimentation in Randbereichen durch eine ausbaubedingte Konzentration der Strömung auf die vertiefte Fahrrinne.

Zur groben Einordnung der Baggermengen in der Tideweser können die folgenden Zahlen dienen. Die erforderlichen Baggermengen sind aktuell geringer als an der Elbe und in der Regel auch an der Ems (vgl. Kapitel 2).

Zwischen 1998 und 2011 betragen die jährlichen Unterhaltungsbaggermengen in der Tideweser zwischen rd. 2,4 und 11,4 Mio. m<sup>3</sup> (vgl. Kapitel 2). Baggeraktivitäten der bremischen Häfen sind nicht berücksichtigt. Bei einer angenommenen Korndichte des Sedimentes von 2,65 t/m<sup>3</sup> und einer angenommenen Laderaumdichte von 1,65 t/m<sup>3</sup> (Verhältnis Wasser : Feststoff ca. 60 : 40) ergibt dies zwischen 2,5 und 12,1 Mio. t Trockensubstanz pro Jahr.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Zahlen auf verschiedenen Annahmen beruhen und damit nur zur Abschätzung dienen:

- > Bei der Ermittlung der Baggermengen wurden je nach Unterhaltungstechnik verschiedene Berechnungsgrundlagen mit unterschiedlicher Genauigkeit verwendet (vgl. Kapitel 2).
- > Das Baggergut stellt ein Gemisch aus Sediment und Wasser dar. In Abhängigkeit verschiedener Faktoren wie z.B. Korngrößenverteilung, Konsolidierungsgrad und Unterhaltungstechnik kann das Verhältnis von Wasser zu Sediment sehr unterschiedlich ausfallen. Bei Unterhaltungsbaggerungen im Sedimentfang vor Wedel an der Tideelbe schwankten die Laderaumdichten zwischen 1,17 - 1,33 t/m<sup>3</sup>, d.h. einem Verhältnis von Wasser : Sediment von 90,2 : 9,8 % bzw. 80 : 20 % (BfG 2010a). In der GÜBAK (2009) werden Feuchtraumdichten von 1,2 t/m<sup>3</sup> für Schlack, 1,5 t/m<sup>3</sup> für Gemisch und 1,65 t/m<sup>3</sup> für Sand angegeben.

Vergleichsweise ergaben Massenbilanzen, die auf der Basis von Differenzrastern für ein Untersuchungsgebiet in der Außenweser von 700 - 900 km<sup>2</sup> erstellt wurden, jährliche Sedimentationsraten von ca. 80 - 110 Mio. m<sup>3</sup> (Jahre 1999 - 2000 und 2000 - 2001) (WSA Bremerhaven 2010) (vgl. Kapitel 3.8.1). Auch bei diesen Angaben können z.B. aufgrund verschiedener Datenquellen und -auflösungen große Unsicherheiten auftreten.

Die Unterhaltungsbaggerungen an der Weser werden mit Hopperbaggern und WI-Geräten durchgeführt. WI-Baggerungen finden überwiegend zwischen Weser-km 1,4 - 51 statt. Das Sohlmaterial besteht dort zu über 90 % aus der Fraktion Mittelsand (vgl. auch Kapitel 2). Untersuchungen in der Unterweser zeigten, dass durch die WI-Baggerungen nur geringe Erhöhungen der Trübung bzw. der Schwebstoffkonzentration induziert werden. Trübungswolken treten nur kleinräumig und kurzfristig auf und werden von der natürlichen Varianz der tideinduzierten und saisonalen Schwebstoffkonzentration überprägt (Rahlf & Maushake 2011).

Die durch die Wasserinjektion mobilisierten Sedimente lagern sich in Abhängigkeit des Tidestroms in benachbarten Dünentälern in einem Umkreis von ca. 50 m an. Der Sedimenttransport beschränkt sich auf sohlnahe Bereiche, eine grundlegende Veränderung der Korngrößenverteilung ist nicht anzunehmen (BfG 2011b, WSA Bremen 2010).



Die Unterhaltungsschwerpunkte in der Unterweser befinden sich zwischen Weser km 51 - 65 (vgl. Kapitel 2). Die Unterhaltungsbaggerungen werden dort überwiegend mit Hopperbaggern durchgeführt. Durch den hohen Feinkornanteil des anstehenden Sedimentes ist durch die Baggerungen mit einer lokal erhöhten Trübung zu rechnen. Aufgrund der nicht ausreichenden Datengrundlage und der kontinuierlich durchgeführten Umlagerungsarbeiten ist eine fundierte Beurteilung jedoch nicht möglich. Zudem ist zu beachten, dass die natürlichen Schwebstoffgehalte und die Trübungsschwankungen natürlicherweise hoch sind, da sich in diesem Abschnitt die Trübungszone befindet. Das Baggergut wird je nach Tidephase und Sedimentzusammensetzung auf Umlagerungsstellen in der Unter- und in der Außenweser untergebracht (vgl. Abbildung 4.2-2 und Kapitel 2).

In der Schweiburg kommt es durch Schlickanfall zu erheblichen Auflandungen. Im Rahmen von Bestickverpflichtungen, die die Entwässerung der Siele gewährleisten sollen, wird der nördliche Bereich der Schweiburg durch WI-Baggerungen deshalb regelmäßig unterhalten. Die Unterhaltungsbaggerungen wirken dem Trockenfallen der ökologisch bedeutenden Flachwasserbereiche entgegen und sind somit einerseits als positiv zu bewerten. Andererseits führen die Unterhaltungsbaggerungen zu einer häufig wiederkehrenden Störung und Beeinträchtigung der ökologischen Funktionen. Die Verschlickung in der Schweiburg resultiert aus dem Zustrom von schwebstoffhaltigem Wasser aus der Fahrrinne durch beide Mündungsbereiche und einem anschließenden Absetzen der Sedimente durch reduzierte Strömungsgeschwindigkeiten (u. a. durch das Aufeinandertreffen der beiden Wellen, vgl. BAW 2012a). Die Unterbringungsstelle UK1 befindet sich bei km 51,5 auf Höhe der nördlichen Schweiburgmündung. Die Unterbringungsstellen UK2 - UK4 liegen zwischen Weser-km 47,8 - 49,2, ungefähr mittig zwischen der nördlichen und südlichen Schweiburgmündung. Die Umlagerung von bindigem Baggergut auf die Unterbringungsstelle in der Unterweser kann zumindest lokal und temporär zu einer Erhöhung der Schwebstoffgehalte in der Wassersäule und vermutlich somit auch zu einem erhöhten Schwebstoffeintrag in die Schweiburg geführt haben. Eine Umlagerung von bindigem Material fand jedoch nur in Einzelfällen statt, i. d. R. wird dieses auf Unterbringungsstellen in der Außenweser umgelagert (vgl. Kapitel 2).

Bis 2006 wurden an der Unterweser Sandvorspülungen zum Uferschutz durchgeführt. Durch den Wechsel der Unterhaltungsstrategie sowohl beim Uferschutz als auch bei der Unterhaltungstechnik wurden diese in den letzten Jahren nicht durchgeführt (vgl. Kapitel 2). Im Jahr 2013 sind wieder Ufervorspülungen geplant. Die Sandstrände an der Unterweser sind ökologisch als wertvoll einzustufen, die anthropogene Entstehung ist nach einiger Zeit kaum mehr wahrnehmbar (WSA Bremerhaven & BfG 2008). Untersuchungen an der Elbe ergaben, dass Beeinträchtigungen durch Vorspülungen gering sind und nur lokal und temporär auftreten (Bioconsult 2007).

Die Unterbringungsstellen in der Außenweser werden je nach Tidephase und Sedimentzusammensetzung beschickt. Dies ermöglicht eine (eingeschränkte) Berücksichtigung der Verdriftungswege, der Abladetiefen der Hopperbagger und eine gezielte Verwendung des umgelagerten Baggergutes zur Stabilisierung von Strombauwerken, Verfüllung von Kolken etc. (WSA Bremerhaven 2007a). Dadurch kann teilweise die notwendige Unterhaltung von Bauwerken vermindert und die Lage der Fahrrinne stabilisiert werden. Zwischen der

Fahrinne und den in der Fahrinne (z. B. T1) oder am Fahrinnenrand (z. B. K2, T2) gelegenen Unterbringungsstellen bestehen morphodynamische Wechselwirkungen, wobei der Wiedereintrieb von Baggergut in die Fahrinne und eventuelle Kreislaufbaggerungen nicht auszuschließen sind (WSA Bremerhaven 2007a). Die Verdriftung von bindigem Material auf die in der Nähe der Unterbringungsstellen T1 und T2 liegende Robbenplate (nördlicher Bereich) und den Langlütjensand (vgl. WSA Bremerhaven 2007a) kann dort zu einer Beeinflussung des Sohlssubstrates führen.

Die hydrodynamischen und großräumigen morphodynamischen Prozesse sind in der Außenweser natürlicherweise groß. Im Bereich der Unterbringungsstellen verändern sich durch die Umlagerung unterschiedlich großer Baggermengen häufig die Durchflussflächen und damit die hydrodynamischen und morphologischen Bedingungen. Dies führt zu einer Überlagerung mit den natürlichen Prozessen und erschwert die Ermittlung von Verdriftungswegen und damit die Auswirkungsprognose hinsichtlich erwünschter und unerwünschter Effekte durch Umlagerung und Verdriftung.

Trübungsmessungen an der Unterbringungsstelle T1 im Wremer Loch bei Weser-km 81 im September 2006 zeigten teilweise leicht erhöhte Trübungswerte nach Umlagerungsvorgängen. Insbesondere bei Umlagerungen zu Stauwasserzeiten war ein sprunghafter Anstieg zu erkennen. Es ergab sich jedoch ein nicht immer eindeutiges Bild, so konnten nicht an allen Messpositionen erhöhte Trübungen nachgewiesen werden. Ursache dafür sind natürlich stark schwankende Trübungswerte. Die gemessenen Trübungsspitzen entsprachen in ihrer Höhe den natürlich auftretenden Trübungsspitzen ohne Umlagerungstätigkeiten (WSA Bremerhaven 2007b). Generell sind erhöhte Trübungswerte insbesondere bei der Umlagerung und Verdriftung von schluffigem Material, an den Unterbringungsstellen K1, K3, T1 und T2 zu erwarten.

### **Wasserbeschaffenheit (Sauerstoff, Nährstoffe) und Phytoplankton**

Der Parameter der Wasserbeschaffenheit mit der stärksten Sensitivität gegenüber den ökologischen Auswirkungen von Umlagerungen ist der Sauerstoffgehalt im Wasser. Bei Sedimentumlagerungen (insbesondere von feinkörnigem Material) kann es zum Eintrag reduzierter 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 chemische und mikrobielle Sauerstoffzehrung insbesondere von Kohlenstoffverbindungen und Ammonium. Beim Umlagern von Baggergut können vormals in Sedimenten gebundene/adsorbierte Nährstoffe, in Form von gelösten Nährstoffverbindungen aus Porenwasser oder partikulärer 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.

Weiterhin sind die Auswirkungen auf die Trübung, d. h. die Schwebstoffgehalte und -zusammensetzung, im Ästuar von Bedeutung für den Stoffhaushalt. Eine Veränderung der Durchlichtung des Wasserkörpers bewirkt 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. Eine Erhöhung der Partikeloberflächen führt dann auch zu höheren Sorptionskapazitäten für Nähr- und Schadstoffe. 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 Sedimentumlagerungen 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 freigelegt. An der Unterbringungsstelle werden durch Stoffeintrag und Sedimentüberdeckung Sedimentbildungsprozesse, u. a. frühdiagenetische Prozesse, beeinflusst und dadurch die chemischphysikalischen Strukturen/Eigenschaften der Sedimente und damit auch die Milieubedingungen für Organismen verändert. Andere 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.

Bezogen auf die in der Unter- und Außenweser angewandten Umlagerungsmethoden bzw. -strategien sind folgende Fälle hinsichtlich der Zusammenhänge zum Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie dem Phytoplankton zu benennen und zu unterscheiden: (i) WI-Einsatz in der sandigen Riffelstrecke (km 20 - 51) und (ii) in den Seitenbereichen bzw. Häfen in der Unterweser inkl. Hunte (durch WSV und durch Dritte, inkl. Schlickeggen) sowie (iii) Umlagerungen mittels Hopperbaggerungen in der Unterweser inkl. der Hunte und (iv) Umlagerungen in der Schlickstrecke und dem anschließenden Bereich bis Bremerhaven (km 50 - 65) mit Unterbringung des bindigen Baggergutes in den Außenweserbereich.

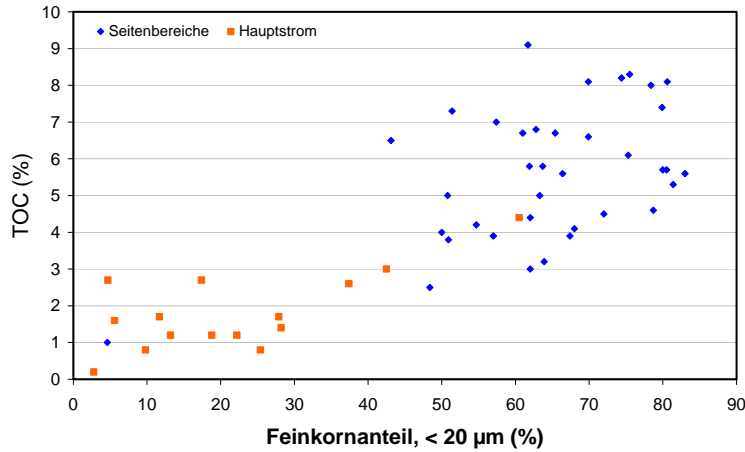
Dabei hängen die Auswirkungen dieser Umlagerungsarten auf den Sauerstoffhaushalt stark von der Menge und Qualität des umgelagerten Baggergutes sowie der Intensität der Umlagerungsaktivitäten ab. Ein wichtiger Parameter zur Beschreibung der Qualität des Baggergutes ist der Feinkornanteil und die damit korrelierten Anteile an organischem Kohlenstoff und Nährstoffen (Stickstoff und Phosphor).

Zur Beurteilung der Auswirkungen von Baggergutumlagerungen auf die Wasserbeschaffenheit werden die Parameter Gesamt-N-Gehalt, Gesamt-P-Gehalt sowie das Sauerstoffzehrungsverhalten des Baggergutes untersucht. Anhand der genannten Parameter können dann die potenziellen Auswirkungen der Umlagerung des betrachteten Baggergutes abgeschätzt werden. Daneben werden zur Interpretation dieser Parameter auch im Baggergut untersuchte Begleitgrößen wie TOC-Gehalt sowie der Anteil der < 20-µm-Fraktion beschrieben.

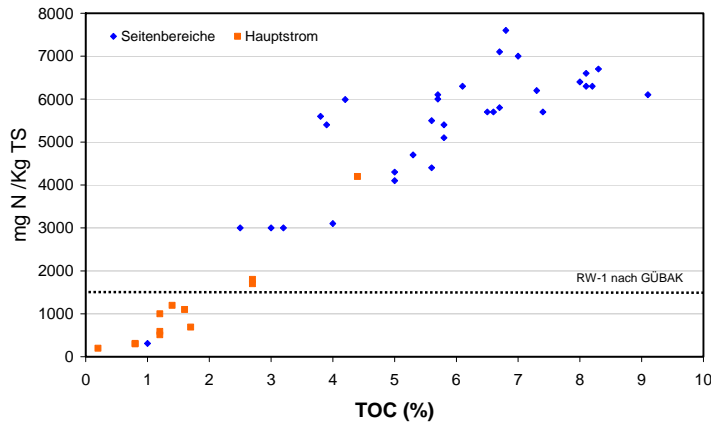
Die Datengrundlage in der Unterweser für den Bereich von km 6 bis km 40 basiert auf keinem stringenten Monitoring der Sedimente, sondern auf Einzeluntersuchungen meist in

Zusammenhang mit Baggergutumlagerungen von Seitenbereichen oder Hafenanlagen (GÜBAK-Untersuchungen); die im Bereich vorherrschende Unterhaltung von sandigen Riffeln ist bzgl. Nährstoff- und Sauerstoffhaushalt wie bereits erwähnt nicht relevant. Daraus resultiert eine ungleichmäßige räumliche und zeitliche Erfassung der Daten. Die Ergebnisse für die Nährstoffgehalte sowie die Sauerstoffzehrung dieser Einzelkampagnen sind in den folgenden Abbildungen (4.2-3 bis 4.2-6) für die Jahre 2004 bis 2011 zusammengestellt. Insgesamt wurden die hier beschriebenen Parameter in insgesamt 45 Sedimentproben analysiert (N in 45 Proben, P in 39 Proben und O<sub>2</sub>-Zehrung in 41 Proben). Im Vergleich zur morphologischen Untersuchung der Sedimentproben wurden die Nährstoffgehalte oft nur in ausgewählten Proben, d. h. sichtbar feinkörnigen Proben, untersucht.

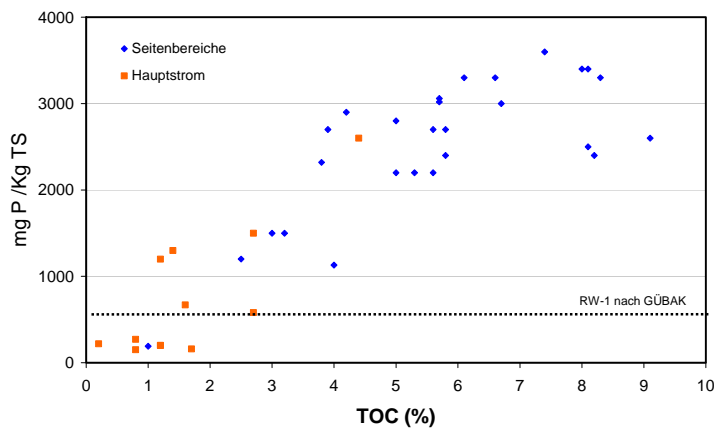
Die Abbildungen 4.2-3 bis 4.2-6 geben eine zusammenfassende Darstellung der Datengrundlage zum untersuchten Baggergut in der Unterweser. Die Ergebnisse zeigen, dass der N- und P-Gehalt der Sedimente sowie die Sauerstoffzehrung generell positiv mit dem TOC-Gehalt der Sedimente korreliert sind. Die insgesamt sehr hohen Nährstoffgehalte sind darauf zurückzuführen, dass das Baggergut überwiegend aus Sedimentationsräumen wie Seitenbereichen oder Hafenanlagen mit hohen Feinkornanteilen und damit hohen TOC-Gehalten stammen. Das Baggergut aus vom Hauptstrom beeinflussten Proben weist meist TOC-Gehalte < 4 % auf und geringere N-Gehalte (unter 3000 mg N/kg TS) und P-Gehalte (unter 1500 mg P/kg TS). Das Baggergut aus Hafenanlagen hat demgegenüber meist TOC-Gehalte über 4 % und dann auch hohe Nährstoffgehalte. An den Daten ist auch zu erkennen, dass einige der Proben aus dem Hauptstrom und alle Proben der Hafenanlagen bezogen auf die Gesamt-N- und Gesamt-P-Gehalte der Sedimente den Richtwert 1 (RW 1) der GÜBAK überschreiten (Abbildung 4.2-4 und Abbildung 4.2-5). Ebenso weisen die Proben der Hafenanlagen in der Regel höhere Sauerstoffzehrungen auf, die nach einem BfG-Verfahren (Müller et al. 1998) als mittel bis hoch einzustufen sind (Abbildung 4.2-6). Neben diesem Zusammenhang, dass in Sedimentationsbereichen organik- und nährstoffreiche Ablagerungen auftreten, ist auch das Dargebot an organikreichen Schwebstoffen entscheidend für die Beladung der Sedimente. Im oberen Bereich der Unterweser in Richtung zum Weserwehr nehmen aufgrund der höheren Algengehalte auch die organischen Anteile der Schwebstoffe zu. Dieses Schwebstoffdargebot kommt in den Hafenanlagen und Seitenbereichen zur Sedimentation und verursacht dort die hohen Nährstoffgehalte und Sauerstoffzehrungen der Sedimente. Inwieweit weitere Eintragspfade - etwa Umschlag von organischen Rohstoffen (z. B. Getreide, Futtermittel) in Hafenbecken oder Nährstoffeinleitungen durch Kläranlagen - eine Beladung der Sedimente verstärken, kann nur vermutet werden.



**Abbildung 4.2-3: Zusammenhang zwischen TOC-Gehalt und Feinkornanteil im Baggergut der Unterweser mit Zuordnung der Proben zu Hauptstrom bzw. Seitenbereichen**

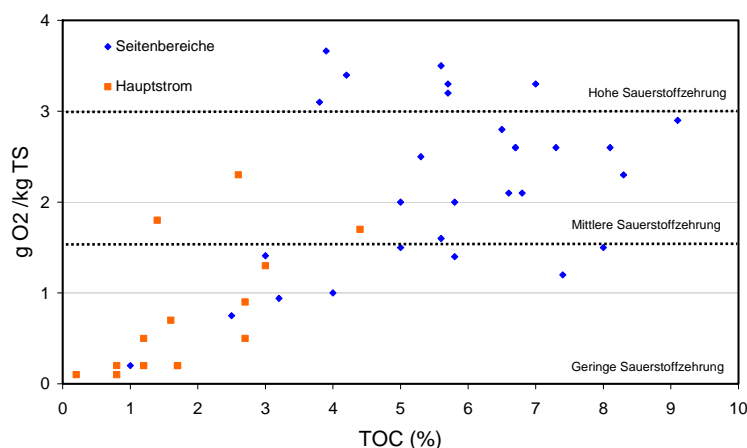


**Abbildung 4.2-4: Zusammenhang zwischen N-Gehalt und TOC-Gehalt im Baggergut der Unterweser mit Zuordnung der Proben zu Hauptstrom bzw. Seitenbereichen und Angabe des Richtwertes 1 für Gesamt-N-Gehalt der Sedimente der GÜBAK**



**Abbildung 4.2-5: Zusammenhang zwischen P-Gehalt und TOC-Gehalt im Baggergut der Unterweser mit Zuordnung der Proben zu Hauptstrom bzw. Seitenbereichen und Angabe des Richtwertes 1 für Gesamt-P-Gehalt der Sedimente der GÜBAK**





**Abbildung 4.2-6: Zusammenhang zwischen Sauerstoffzehrung und TOC-Gehalt im Baggergut der Unterweser mit Zuordnung der Proben zu Hauptstrom bzw. Seitenbereichen und Bewertung der Sauerstoffzehrung nach BfG-Verfahren (Müller et al. 1998)**

FrISCHE Sedimente, d. h. aktuell aus Schwebstoffen entstandene, wiesen im Bereich der sog. „Schlickstrecke“ (Weser-km 55 - 58) bei monatlichen Beprobungen im Zeitraum 2010 und 2012 an der Station Nordenham einen relativ hohen mittleren Schluffanteil (< 63 µm) von 74 % auf (vgl. Tabelle 4.2-1). Der gemittelte TOC-Gehalt betrug 2,3 %. Ebenso liegen in diesen frischen Sedimenten die mittleren Gesamt-N- und Gesamt-P-Gehalte über dem Richtwert 1 der GÜBAK von 1500 mg N/l bzw. 500 mg P/l. Im gleichen Zeitraum waren an der Station Bremerhaven für frISCHE Sedimente ein vergleichsweise geringerer organischer Anteil und geringere Nährstoffgehalte zu messen. Aber auch hier wurde im Mittel der RW 1 überschritten.

**Tabelle 4.2-1: Mittlere Zusammensetzung frischer Sedimente an der BfG-Dauermessstelle Nordenham und Bremerhaven für den Zeitraum 2011 und 2012, n = 24.**

	< 63 µm (%)	TOC (%)	P (mg/l)	N (mg/l)
<b>Nordenham (km 58,5)</b>	73,5	2,3	923,6	2410
<b>Bremerhaven Nordschleuse (km 65)</b>	57,6	1,9	740,8	1960

Werden Sedimente mit hohen organischen Gehalten (und meist hohen Feinkornanteilen) umgelagert, können - meist lokal - messbare Sauerstoffzehrungen und Ammoniumfreisetzungen auftreten. Dies trifft vor allem für das Umlagern von Sedimenten aus Seitenbereichen und Häfen in der Unterweser sowie in bestimmten Bereichen der Hunte mittels WI-Verfahren (ii) zu. Aber auch bei der Unterbringung des Baggerguts aus Hopperbaggern (iii und iv) sind lokale Auswirkungen möglich. Das Ausmaß der bei der Umlagerung zu messenden Sauerstoffabsenkungen hängt dabei neben dem Baggervolumen und der Qualität des Baggergutes, das durch die oben beschriebenen Eigenschaften (Anteil < 20 µm, TOC-Gehalt, Nährstoffgehalte) und im Parameter Sauerstoffzehrung potenziell erfasst wird, insbesondere von den Einmischungsbedingungen am Unterbringungsort ab. Hohe Strömungsgeschwindigkeiten fördern die Vermischung und minimieren so die durch die Baggergutunterbringung bewirkte Sauerstoffabsenkung. Demgegenüber ist der WI-Einsatz in der sandigen Riffelstrecke fast

ohne Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt oder auf Nährstofffreisetzungen. Über lokale und kurzfristige Auswirkungen hinausgehende Folgen durch Umlagerungen auf den Sauerstoff bzw. Nährstoffhaushalt sind in der Unter- und Außenweser nicht zu erwarten. Am ehesten dürften wie erläutert bei hohen Umlagerungsintensitäten von Feinmaterial entweder bei ortsnahen Umlagerungen mittels WI-Verfahren oder bei Hopperbaggerungen im Fall von Kreisläufen sohnah Beeinflussungen des Sauerstoffgehaltes zu erwarten sein. Ein zusätzlicher Aspekt, der beim großräumigen stromab gerichteten Umlagern zu beachten ist, ist, dass dabei u. U. limnische Sedimente in brackige bzw. marine Systeme verbracht werden. Hierbei können u. a. erhöhte Freisetzungen auftreten, die durch eine verstärkte „Desorption“ von adsorbierten Nährstoffen durch kationenhaltiges Seewasser verursacht ist.

Generell sind bei der Einschätzung der Auswirkungen von Umlagerungen die während der Umlagerungen bestehenden Sauerstoff- und Temperaturverhältnisse in der Unter- und Außenweser zu beachten. Die beim Umlagern von Feinmaterial verursachten Stofffreisetzungsprozesse und die dadurch bewirkte zusätzliche Sauerstoffzehrung führt unter ausreichenden Sauerstoffbedingungen ( $> 6 \text{ mg O}_2/\text{l}$ ) und geringen Wassertemperaturen ( $< 10^\circ\text{C}$ ) zu keinen nachhaltigen Folgen für das Ökosystem, da dann ein hohes „Puffervermögen“ des Sauerstoffhaushaltes besteht und aufgrund der Wiederbelüftung mit atmosphärischem Sauerstoff über die Wasseroberfläche der Eintrag an Sauerstoff die zusätzliche Sauerstoffzehrung größtenteils kompensieren kann. An der Dauermessstation von Oslebshausen (UW-km 8) wäre das Temperaturkriterium im Jahr 2011 bezogen auf die tagesgemittelte Wassertemperatur ab 29. März bei  $10^\circ\text{C}$  überschritten gewesen. Der Sauerstoffgehalt von  $6 \text{ mg/l}$  wurde im Zeitraum 8. Juni bis 15. Juli unterschritten. Im gleichen Jahr waren die Kennwerte für die Wassertemperatur an der Station Farge (UW-km 26) ebenfalls ab 29. März (für  $10^\circ\text{C}$ ) überschritten. Ein Sauerstoffgehalt von  $6 \text{ mg/l}$  wurde bei Farge im Jahr 2011 gar nicht unterschritten. Bei Baggerungen in der Fahrrinne im Bereich der Riffelstrecke sind, wie erwähnt, aufgrund des sandigen Materials keine Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt zu erwarten.

## **Schadstoffbelastungen und ökotoxikologische Wirkungen**

### Allgemeine Auswirkungen von Unterhaltungsarbeiten

Baggerungen und Baggergutumlagerungen können direkt oder indirekt (durch eine Veränderung der Sediment- und Schwebstoffdynamik) regional zu einer Änderung der Gehalte und der Mengen feststoffgebundener Schadstoffe führen.

Grundsätzlich stehen Schadstoffbelastungen und das ökotoxikologische Belastungspotenzial der Sedimente in enger Beziehung und zeigen dieselben Abhängigkeiten zu Umweltfaktoren. Bei den allgemeinen Auswirkungen von Unterhaltungsarbeiten beinhaltet die Schadstoffbelastung daher auch die ökotoxikologischen Wirkungen.

Liegen keine primären lokalen Schadstoffquellen in den Baggerbereichen vor, so führen Unterhaltungsbaggerungen und aquatische Unterbringung zwar zu einer Beschleunigung des feststoffgebundenen Schadstofftransports, sie tragen aber keine neuen Schadstoffe in das System ein. Da für einige Schadstoffe eine weitere Abnahme der Belastungen mit der Zeit zu

erwarten ist, können in Bereichen, in denen selten Unterhaltungsbaggerungen erforderlich sind, d. h. im Abstand von mehreren Jahren, in seltenen Fällen die Sedimentablagerungen höhere Schadstoffbelastungen in den älteren Schichten aufweisen (siehe Kap. 3.5.1). In diesem Fall können Baggerungen dem Transport zunächst entzogene Schadstoffmengen der Tideweser wieder zufügen. Eine Entnahme von Sedimenten aus dem System kann dagegen zu einer Verringerung der Schadstofffrachten in die Nordsee führen.

Direkt können durch Baggerungen vorübergehend Sedimentoberflächen freigelegt werden, die eine gegenüber der ursprünglichen Situation abweichende Schadstoffbelastung aufweisen. In Bereichen mit regelmäßigen Unterhaltungsbaggerungen sind die zu erwartenden Unterschiede jedoch gering. Auch in Unterbringungsbereichen kann es durch die Sedimentation des umgelagerten Materials zu veränderten Schadstoffgehalten kommen. Aufgrund der in Ästuaren oft abnehmenden Schadstoffgehalte in Richtung See ist eine Veränderung der Schadstoffgehalte vor allem dann zu erwarten, wenn Unterbringungsbereich und Baggerbereich weit auseinander liegen.

Durch die sowohl während als auch nach Umlagerungen und auch bei den Baggerungen auftretende Resuspension von zuvor konsolidierten Sedimenten wird die Schadstoffbelastung der Schwebstoffe je nach Höhe der Belastung der resuspendierten Sedimente und der Menge der resuspendierten Feinanteile verändert. In sandigen Baggerbereichen wie der Riffelstrecke ist die Menge resuspendierter Feinsedimente jedoch gering (siehe Abschnitt Hydromorphologie in diesem Kapitel). Vor allem die feinkörnigen Fraktionen, an denen sich die Schadstoffe bevorzugt anlagern, bleiben zunächst in Suspension und können je nach Strömungsverhältnissen u. U. weiträumig verdriften. Im Falle von schadstoffbelastetem Material ist eine Anreicherung von Schadstoffen in strömungsberuhigten, u. U. ökologisch wertvollen Bereichen, in denen Deposition vorherrscht, zu erwarten. Hier wird sich in den oberen Schichten, je nach Depositionsrate, die aktuelle Belastung der Schwebstoffe, die von der Schadstoffbelastung des umgelagerten Baggergutes beeinflusst wird, widerspiegeln. Die Menge der freigesetzten Schadstoffe ist neben der Höhe der Belastung vor allem von dem Anteil der Feinkornfraktionen und dem TOC-Gehalt abhängig.

Sofern durch Baggerungen und Umlagerungen eine Erhöhung der Schwebstoffgehalte erfolgt, ist dies mit einer räumlich und zeitlich begrenzten Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen aus dem Porenraum bzw. der Desorption der Feststoffe in die Wasserphase verbunden. Frühere Untersuchungen an Proben aus der Tideweser zeigten eine sehr geringe Freisetzung für Schwermetalle (BfG 2006a, BfG 2005b). Untersuchungen an Proben aus der Tideelbe lassen auch für die gemäß HABAB-WSV bzw. GÜBAK zu untersuchenden organischen Schadstoffe erwarten, dass keine nachweisbare Freisetzung aufgrund von Unterhaltungsbaggerungen erfolgt (BfG 2005b).

#### Auswirkungen der Unterhaltungsbaggerungen in der Tideweser auf Schadstoffbelastungen

Da die Sedimente aus dem Fahrwasser von km 1,4 bis km 20 sowie aus der Riffelstrecke von km 20 bis 55 des Weserästuars mit Ausnahme des Baggergutes im Bremer Bereich (km 6 - 8) überwiegend geringe Feinanteile aufweisen, ist durch die vorwiegend mit dem WI-Verfahren

erfolgenden Unterhaltungsbaggerungen keine Veränderung der Belastung der Sedimente und Schwebstoffe mit Schadstoffen zu erwarten.

Das Baggergut aus dem Bereich Weser-km 6 bis 8 mit einem höheren Schluffanteil zeigte dagegen vor allem für Cadmium, Zink sowie PCBs deutlich erhöhte Belastungen. Die gemäß HABAB-WSV noch zulässige aquatische Unterbringung lässt aufgrund der geringen Baggermengen auch langfristig ebenfalls keine Erhöhung der Belastungssituation im Unterbringungsbereich erwarten. Die Schadstoffgehalte der Sedimente aus diesem Bereich zeigen im Gegensatz zur Belastung der Schwebstoffe keinen Rückgang, so dass von aktuell noch vorhandenen lokalen Schadstoffquellen auszugehen ist. Eine Ausnahme stellt das TBT dar (siehe Kap. 3.9, Zusammenfassung Defizite).

In den strömungsberuhigten Bereichen des überwiegend sandigen Weserabschnitts von km 1,4 bis 55 liegen Sedimente mit höherem Feinkornanteil vor, z. B. in Bühnfeldern, Nebenarmen der Weser, aber auch in Bau- und Sportboothäfen. Bei diesen Sedimenten handelt es sich z. T. um Schwebstoffe aus der Tideweser, die sich über einen längeren Zeitraum hier absetzen konnten, da in diesen Bereichen oft nicht oder nur selten gebaggert wird. Da die Belastungen in der Vergangenheit für viele Schadstoffe höher als in den frischen Sedimenten/Schwebstoffen waren (siehe Kap. 3.5), sind die Schadstoffgehalte in diesen Bereichen z. T. gegenüber der Belastung der Schwebstoffe leicht erhöht. In Einzelfällen gibt es für einzelne Stoffe, deren Gehalte die 3-fache Belastung der aktuellen Schwebstoffbelastung erreichen bzw. überschritten, Hinweise auf lokale Quellen. So zeigten z. B. Untersuchungen aus dem Jahr 2011 PCB- und TBT-Gehalte im Baggergut aus dem Bereich Bremen, km 6 - 8, die die Belastung an der Referenzmessstation Farge um mehr als den Faktor 3 überschritten. Die TBT-Belastung liegt in einigen Baggerbereichen überwiegend Dritter über der 3-fachen Belastung der Referenzmessstelle Farge, allerdings unterhalb der Werte des BLABAK TBT-Konzeptes bzw. der GÜBAK.

Die Schadstoffgehalte in einer Oberflächenprobe aus der Schweiburg, die regelmäßig unterhalten wird, waren in 2006 relativ gering und die ortsnahe Unterbringung in die Tideweser lässt keine Änderung der Schadstoffbelastung erwarten (BfG 2006a). Tiefere Sedimentschichten der Schweiburg zeigten dagegen ebenso höhere Belastungen wie Sedimente aus dem Rechten Nebenarm. Hier findet jedoch keine Unterhaltung statt (vgl. Kap. 2).

Untersuchungen der Schadstoffgehalte in den feinkörnigen Oberflächensedimenten der Schlickstrecke von Nordenham (km 55 - 58) sowie der überwiegend sandigen Sedimente der Weser von km 65 bis km 120 zeigten bezogen auf die Feinkornfraktion < 20 µm eine geringere Belastung als die Sedimente im oberen Bereich der Tideweser (BfG 2006a). Sie entspricht weitgehend der aktuellen Belastung der Schwebstoffe.

Aufgrund der in Richtung See abnehmenden Schadstoffgehalte ist Baggergut aus der Schlickstrecke (km 55 - 58) allerdings, wie bereits beschrieben, höher belastet als die z. T. weit entfernt in Richtung See liegenden Unterbringungsbereiche der Außenweser. Bei der Nutzung der Unterbringungsstellen in der Außenweser für die Umlagerung von Feinmaterial aus der Schlickstrecke ist daher im Bereich der Unterbringungsstellen eine geringe Erhöhung der

Schadstoffbelastung bzw. der toxischen Wirkungen nicht auszuschließen. Je nach Größe der Verdriftbereiche ist die Erhöhung evtl. messtechnisch nicht oder erst bei langfristiger Nutzung der Unterbringungsstellen nachweisbar (ausführlicher in BfG 2006a). Untersuchungen an den Unterbringungsstellen K1 - K3, den Tiefwasser-Unterbringungsstellen T1 - T3 sowie den Unterbringungsstellen der Unterweser aus dem Jahr 2002 zeigten in der Feinkornfraktion einzelner Proben Gehalte (vor allem von PCBs, PAKs und TBT), die gegenüber der regionalen Belastung von Sedimenten aus der Deutschen Bucht erhöht sind (BfG 2008). Es ist möglich, dass in den Proben für die Schadstoffuntersuchungen Schlickeinschlüsse aus dem Baggergut erfasst wurden. Zusammenfassend wurde jedoch gegenüber Ergebnissen aus den Jahren 1997 bzw. 2000 keine systematische Erhöhung der Schadstoffbelastungen festgestellt (BfG 2003).

In der Hunte zeigen die Sedimente vor allem im Bereich der Elsfl ether Werft deutlich erhöhte Konzentrationen organischer Schadstoffe (PAKs, z. T. auch PCBs und DDX-Verbindungen) sowie des TBT, die einer Umlagerung entgegenstehen. Im Bereich der Kolkverfüllung bei Hunte km 15,4 - 16,2 waren die Gehalte von Cadmium, Kupfer, Zink und Blei bei einer Untersuchung im Jahr 2011 so hoch, dass eine Umlagerung solchen Materials nicht möglich ist. Unter Umständen wurden diese hohen Belastungen durch die kurz vor der Probenahme erfolgte Havarie eines Erzfrachters verursacht (siehe Kap. 3.5). Die Ergebnisse aus den übrigen untersuchten Abschnitten der Hunte liegen in einem Konzentrationsbereich, der für eine Umlagerung von Baggergut nicht kritisch ist (siehe Kap. 3.5).

#### Auswirkungen der Unterhaltungsbaggerungen in der Tideweser auf ökotoxikologische Wirkungen

Basierend auf den vorliegenden Untersuchungen ist die ökotoxikologische Belastung der Oberflächensedimente der Tideweser in der Regel eher gering (Toxizitätsklassen 0 bis II). Änderungen durch Unterhaltungsbaggerungen sind folglich nicht zu erwarten. Allerdings gibt es auffällige Untersuchungsergebnisse bei km 6 bis km 8, welche zum Teil erhöhte Toxizitäten (Toxizitätsklassen III und IV) aufzeigten (s. Kap. 3.5). Ähnliche Beobachtungen gibt es auch in der Hunte. Hier liegen in weiten Teilen eher geringe ökotoxikologische Belastungen (Toxizitätsklassen 0 bis II) vor. Ausnahme davon sind Sedimentkerne aus dem Bereich bei km 0 bis km 2 mit Toxizitätsklassen IV und V. Werden solche, erhöht bis hoch toxisch belasteten Bereiche bei einer geplanten Unterhaltungsbaggerung betroffen, ist eine Erhöhung des ökotoxikologischen Belastungspotenzials im Unterbringungsbereich grundsätzlich nicht auszuschließen (BfG 2006a), wengleich dies bisher nicht beobachtet wurde.

#### **Makrozoobenthos**

Die Auswirkungen von Sedimentumlagerungen auf das Makrozoobenthos sind sehr vielfältig, wobei man vor allem zwischen der direkten Entnahme von Organismen bei der Baggerung, der Überdeckung der Fauna mit Sediment und andererseits den indirekten Auswirkungen durch die bei einer Sedimentumlagerung auftretende Trübungserhöhung unterscheiden muss.

Die Entnahme von Sediment bei der Baggerung stellt eine Beeinträchtigung für das Makrozoobenthos dar, da der Baggerbereich hierdurch weitgehend defauniert wird. Prinzipiell kann

dieser Bereich aber wiederbesiedelt werden, wobei bei gleicher Sedimentzusammensetzung mit einer vergleichbaren Benthosfauna zu rechnen ist. Unterschiedliche Untersuchungen haben gezeigt, dass betroffene Bereiche unterschiedlich schnell wiederbesiedelt werden. In der Literatur finden sich Zeitangaben von 2 Wochen (Chesapeake Bay, USA, Nichols et al. 1990) bis hin zu > 6 Jahren (Kanalküste, Frankreich, Deprez & Duhamel 1993), je nach Dynamik der Morphologie, Vielfalt der Benthosfauna und Ausmaß des Eingriffs. Für die durch Baggern betroffene Benthosfauna in der Fahrrinne kann aufgrund der dort vorherrschend dynamischen Verhältnisse und der daraus resultierenden Anpassung der Tiere mit einer zügigen Wiederbesiedelung gerechnet werden; derzeit kann von einer vollständigen Wiederbesiedlung nach etwa 2 Jahren ausgegangen werden. Dieser Zeitraum verlängert sich allerdings wenn weitere Störungen, z. B. durch ständige Unterhaltungsbaggerungen hinzukommen.

Bei der Überschichtung mit Sediment hängen die Folgen der Sedimentumlagerung vor allem von der Mächtigkeit der Sedimentschicht ab und der individuellen Fähigkeit der Makrofauna, sich wieder frei zu graben. Diese Fähigkeit, eine übergelagerte Sedimentschicht zu durchdringen und damit wieder an die Sedimentoberfläche zu gelangen, kann je nach Art zwischen wenigen Millimetern und fast einem Meter schwanken, wobei dies auch von der Art des abgelagerten Sediments abhängt. Hartsubstrat-Gesellschaften reagieren besonders empfindlich auf Überdeckung; ihre Wiederherstellung ist abhängig vom Vorhandensein eines geeigneten Substrates und dauert länger als bei Weichböden, da die Wiederbesiedlung nahezu ausschließlich durch Besiedlung mit Jugendstadien erfolgen muss und viele Erstbesiedler erst ein Substrat für Sekundärbesiedler bilden müssen.

Neben der Überschichtung der Fauna mit Sediment ist wie erwähnt auch die Erhöhung der Trübung ein wichtiger Faktor. Filtrierer (z. B. Muscheln), die durch erhöhte anorganische Schwebstofffracht in der Nahrungsaufnahme speziell behindert werden, können geschädigt werden, was sich in verringerter Abundanz und Verbreitung manifestieren kann.

Obwohl die negativen Einflüsse von Sedimentumlagerungen auf das Makrozoobenthos bekannt sind, ist ihr Nachweis häufig schwer, da ein wesentliches Merkmal des Makrozoobenthos seine hohe zeitliche und räumliche Variabilität ist. In einem Ästuar mit seinen natürlichen Gradienten - wie z. B. Unterschiede im Salzgehalt, der Trübung und des Sauerstoffgehalts - ist es besonders schwer, die Einflüsse von Sedimentumlagerungen auf das Makrozoobenthos zu identifizieren und von den natürlichen Schwankungen zu trennen.

Die Auswirkungen von Sedimentablagerungen sind i. d. R. auf den Bereich der Unterbringungsstelle beschränkt, wobei es durchaus zu zumindest schwachen Wirkungen auch im Verdriftungsbereich des Baggergutes kommen kann (Bioconsult & Uni Bremen 1998). Aufgrund der Tatsache, dass Wirkungen räumlich auf die Unterbringungsstelle bzw. deren Nahbereich begrenzt sind und die Unterbringungsstellen K2 - K5 und T2/T3 einen vergleichsweise kleinen Anteil an der Gesamtfläche des sublitoralen Polyhalinikums haben, spielen solche faunistisch weniger umfangreich besiedelten Flächen für die Gesamtbesiedlung des Sublitorals im Polyhalinikum insgesamt keine sehr große Rolle.

Bezüglich der Baggerung in der Fahrrinne zeigte sich z. B. für die Baggerstrecke bei km 85 eine erkennbare negative Wirkung bei manchen Taxa (z. B. *Marenzelleria spp.*, *Macoma balthica*), während bei anderen Arten keine deutliche Wirkung zu beobachten war (Bioconsult 2002). Aufgrund der unterschiedlichen Intensität der Baggeraktivitäten und des damit verbundenen unterschiedlichen Ausmaßes der Wirkungen auf die Benthosgemeinschaften ist eine pauschale, einheitliche Bewertung solcher Flächen nicht möglich. Es ist aber anzunehmen, dass durch Baggern betroffene Flächen durch die an die vorherrschend dynamischen Verhältnisse in der Fahrrinne angepassten Benthosarten relativ schnell wiederbesiedelt werden.

Die Auswirkungen von in der Riffelstrecke üblichen Wasserinjektionsbaggerungen auf benthische Wirbellose waren bereits Gegenstand umfangreicher Wirkkontrollen in der Unterweser (Schmitt et al. 2011). Danach ist die im Wesentlichen betroffene Riffelstrecke aufgrund permanenter strömungsbedingter Umlagerungsprozesse weitaus arten- und individuenärmer besiedelt als die in dieser Hinsicht stabileren Seitenbereiche. Nach durchgeführten Wasserinjektionsbaggerungen verringerten sich die Individuenzahlen um etwa die Hälfte, ein Effekt der über mehrere Wochen anhielt. In nahe gelegenen Seitenbereichen wurden keine Beeinträchtigungen des Benthos (z. B. durch Trübungsfahnen) festgestellt.

Besondere benthische Habitatstrukturen wie z. B. Flächen mit Steinfeldern und lockerer Steinbedeckung oder auch Miesmuschelansiedlungen kommen in der Weser in verschiedenen Abschnitten vor (vgl. Kap. 3.6). Steinfeldern befinden sich vor allem im Bereich zwischen km 90 (Robbenplate Nordsteert) und km 95. In diesen Bereichen befinden sich u. a. auch die Unterbringungsstellen T2 und K4. Steinfeldern sind insbesondere für sessile Arten von hoher Relevanz, die eine harte Oberfläche für ihre Ansiedlung benötigen (Hydrozoa, Aktinien, Bryozoa, Crustacea etc.). Besonders zu erwähnen sind die regelmäßig nachgewiesenen Vorkommen von Anthozoen auf der Unterbringungsstelle T3 und die Miesmuschelvorkommen in der Nähe der Unterbringungsstelle T1 (Bioconsult 2002, 2006a). Diese Fauna stellt ihrerseits für viele andere Benthos-Taxa ein sekundäres Substrat dar. Bei der Umlagerung von Sediment können diese Lebensgemeinschaften durch die verstärkte Sedimentation beeinträchtigt werden, andererseits gelangen durch die Unterbringung von Baggergut vermutlich vermehrt Steine/Harts substratbrocken in den Bereich von Unterbringungsstellen. Die Regeneration von Miesmuschelbänken und der nachfolgenden Besiedlung ist nur in unregelmäßigen zeitlichen Intervallen möglich, da sie vom Larvenfall dieser Tiere abhängig ist. Im Sublitoral kann von einer Verfügbarkeit von Larven über weite Bereiche des Sommerhalbjahres ausgegangen werden. Eine genaue Aussage über die Dauer der Wiederherstellung kann nicht gemacht werden.

### **Fischfauna**

Auswirkungen auf die Fischfauna können sowohl an den Baggerstrecken als auch an den Umlagerungsstellen erwartet werden. Bei den Baggerungen ist ferner zwischen Strecken, in denen überwiegend das Wasserinjektionsverfahren zum Einsatz kommt (Weser-km 1,4 - 51,0, nördlicher Bereich der Schweiburg), und Strecken mit überwiegendem Hopperbagger-

einsatz (insbes. Baggerschwerpunkt bei Weser-km 51 - 65 in der Trübungszone und Außenweser) zu unterscheiden.

Während der Durchführung von Wasserinjektionsbaggerungen werden Fische und Neunaugen die betroffenen Bereiche meiden. Anschließend (in den Stunden nach dem Einsatz) ist es möglich, dass Fische diese Bereiche wieder gezielt aufsuchen, um nach frei gespülten Nahrungstieren zu suchen.

Ferner sind Störungen der Wanderungen von Fischen und Neunaugen möglich. In der Regel steht jedoch uferseitig ausreichend Raum für die Fortsetzung von Wanderungen zur Verfügung. Akustische Messungen am WI-Bagger haben gezeigt, dass die Geräuschbelastungen für die Finte (*Alosa fallax*) bei ausreichendem Raum für Ausweichbewegungen als unkritisch eingeschätzt werden können und keine physiologisch dauerhaften Verletzungen durch eine akustische Geräuschbelastung auftreten sollten (BfG 2011d+e). Störungen laichender Fische sind weitgehend auszuschließen, da Baggerstrecken (Fahrrinne) und Laichgebiete (Randbereiche, Wasseroberfläche) räumlich voneinander getrennt sind. Ferner ist zu berücksichtigen, dass im Betrachtungsraum Störungen durch die Schifffahrt weitaus häufiger auftreten als diejenigen, die von Wasserinjektionsbaggerungen ausgehen.

Bei Wasserinjektionsbaggerungen können Fischeier und Fischlarven eingesaugt und evtl. in Riffeltälern mit Sediment überdeckt werden, wodurch z.B. Beeinträchtigungen der FFH-Art Finte denkbar wären. Untersuchungen in der Unterweser haben jedoch ergeben, dass eine sohnnahe Akkumulation der pelagischen Eier und Larven der Finte selbst in Stauwasserphasen nicht stattfindet, so dass eine besondere Gefährdung dieser Altersstadien ausgeschlossen werden kann (Lange 2011).

Aus den Ergebnissen der Untersuchungen bzgl. Auswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen auf benthische Wirbellose in der Riffelstrecke der Unterweser (s.o.) kann für die Fischfauna geschlussfolgert werden, dass die von Wasserinjektionsbaggerungen betroffenen Flächen grundsätzlich nur eine geringe Bedeutung als Nahrungsgebiet aufweisen. Innerhalb der Unterweser führen die Wasserinjektionsbaggerungen zu lokal begrenzten Reduzierungen des Nahrungsangebotes, die sehr wahrscheinlich nur geringe Auswirkungen auf die betroffenen Fischbestände haben.

Beim Einsatz von Hopperbaggern sind neben ähnlichen Auswirkungen wie beim Wasserinjektionsbaggern (Störungen/Vergrämung, vorübergehende Reduktion des Nahrungsangebotes an der Sohle) auch direkte Verluste durch die Entnahme von Baggergut möglich. Grundsätzlich sind Fischeier und kleine, zu aktiver Flucht nur begrenzt fähige Fischlarven und Jungfische mehr gefährdet als große Fische. In den Weserbereichen mit regelmäßigen Hopperbaggereinsätzen sind dies im Bereich der Trübungszone z. B. kleine Flundern und in der Außenweser zusätzlich weitere Plattfischarten wie die Scholle. Eier und Larven von im Ästuar reproduzierenden Arten wie Finte und Stint sind weniger betroffen, da sich die Reproduktionsgebiete stromauf der Trübungszone befinden.



Für die Umlagerungsstellen von Baggergut werden gelegentlich reduzierte Bestandsdichten von Fischen beschrieben (z. B. für Flundern an einer Umlagerungsstelle der Tideelbe in Haesloop 2004). Im Wesentlichen können dafür als Ursache folgende Beeinträchtigungen in Betracht kommen (vgl. auch Haesloop 2004 und BfG 2008):

- > Überdeckung von am Boden lebenden Fischen (z. B. Flundern) sowie Fischnährtieren
- > Störungen/Vergrämung
- > Reduzierung und Veränderung des Nahrungsangebotes an der Flusssohle
- > Freisetzung von Schad- und Nährstoffen

Diese Effekte treten an den Unterbringungsstellen räumlich und zeitlich begrenzt auf.

Mit der Freisetzung von Schadstoffen, sauerstoffzehrenden Substanzen und Nährstoffen ist an den Unterbringungsstellen (wie auch an den Baggerstrecken) der Weser i. d. R. nur in geringem, für Fische und Neunaugen unkritischem Ausmaß zu rechnen.

Insgesamt werden die Auswirkungen von Unterhaltungsbaggerungen und Umlagerungen auf die Fische und Neunaugen der Weser als räumlich und zeitlich begrenzte (wenn auch wiederkehrende) Beeinträchtigungen einzelner Individuen eingeschätzt. Beeinträchtigungen auf der Ebene der betroffenen Bestände, z. B. durch direkte Individuenverluste, reduziertes Wachstum einzelner Tiere etc. sind sehr wahrscheinlich nur gering ausgeprägt.

### **Seehunde und Schweinswale**

Generell können Bewegungen von Baggerschiffen wie auch andere Schiffsbewegungen zu einer Beeinflussung der Meeressäuger führen, wenn diese Bewegungen z. B. im Fall der Seehunde in der Nähe von Ruheplätzen vorkommen oder durch ein erhöhtes Lärmaufkommen, das sowohl Seehunde als auch Meeressäuger negativ beeinflussen kann. Für Seehunde gilt dies v. a. in der Wurf- und Säugezeit für Unterbringungsstellen, die sich in der Nähe von Liegeplätzen befinden. Dies trifft vor allem auf die Seehundliegeplätze im Bereich der Unterbringungsstelle T3 zu. Die Unterbringungsstelle T3 liegt zum überwiegenden Teil in der Fahrrinne und ist von den Liegeplätzen z. T. weniger als 500 m entfernt. Eine Verlagerung der Seehunde als Folge von Sedimentumlagerungen ist nicht auszuschließen, aber wenig wahrscheinlich. In einer Untersuchung von Bach (1997, zitiert in Bioconsult 2006b) reagierten Seehunde auf langsam fahrende Baggerschiffe selbst bei einer Annäherung bis auf 200 m nicht oder sehr gering, vermutlich tritt ein Gewöhnungseffekt ein. Anders verhielt es sich bei schnellen Freizeitbooten, hier zeigten die Tiere bereits bei Entfernungen von 800 m Reaktionen. Einen Einfluss auf die Nahrungshabitate sollte die Nutzung der nahe gelegenen Unterbringungsstelle T3 nicht haben, da die Fläche dieser Umlagerungsstelle zu klein ist, um hier einen nennenswerten Einfluss auszuüben.

Wie oben beschrieben haben Messungen am WI-Bagger gezeigt, dass die Geräuschbelastungen für die Finte (*Alosa fallax*) bei ausreichendem Raum für Ausweichbewegungen als unkritisch eingeschätzt werden können (BfG 2011d+e). Für Meeressäuger ist eine abschließende Einschätzung der Wirkungen aktuell nicht möglich.

## **Avifauna**

Brut- und Rastvögel nutzen die Außendeichsbereiche im Weserästuar, vor allem als Nahrungsflächen und Ruheräume. Hierbei spielt das Nahrungsangebot und die Größe dieser Flächen eine wesentliche Rolle. Faktoren sind grundsätzlich die Erhöhung der Trübung durch Umlagerung für tauchende Arten, Vergrämung durch Lärm, nächtlichen Lichteinfall und erhöhte Schiffsbewegungen. Entsprechend können verstärkte Umlagerungsaktivitäten negativ auf die Avifauna wirken.

In der Tideweser ist nur von geringen Störwirkungen auszugehen, es bestehen ausreichende Ausweichmöglichkeiten für die Avifauna und Störungen durch Unterhaltungsaktivitäten treten weitaus weniger häufig auf als vergleichbare Störungen durch Schiffsverkehr.

## **Vegetation**

Die Einflussnahme des Menschen auf die Struktur und Dynamik der Ästuarvegetation erfolgt vor allem über den Ausbauzustand des Systems und die Nutzung. Eine Verbesserung des ökologischen Zustands der Vegetation ist daher vor allem über Modifikationen dieser Einflussgrößen zu erreichen. Der Einfluss von Umlagerung und Unterbringung von Sedimenten ist demgegenüber deutlich geringer. Pflanzenstandorte werden durch die aktuelle Unterhaltungspraxis nicht direkt beeinträchtigt, da Baggerbereiche und Unterbringungsstellen frei von Makrophyten sind. Durch die an der Unterweser im Bereich Weser-km 23,5 bis km 40 praktizierten Strandaufspülungen können Standorte der Ufervegetation verschüttet werden, aber auch neu entstehen. Durch die Verwendung von Baggergut zur Stabilisierung von Ufern ist in der Regel kein harter Uferverbau notwendig, was die Wuchsbedingungen naturnaher Ufervegetation verbessern kann.

Indirekte Wirkungen des Sedimentmanagements auf Seegraswiesen und die Ufervegetation werden möglicherweise durch die Erhöhung der Wassertrübung und die Veränderung des Nährstoffhaushalts hervorgerufen. Das Ausmaß der Beeinträchtigung ist allerdings nicht quantifizierbar, da natürliche und anthropogene Belastungen aus verschiedenen Quellen nicht voneinander zu trennen sind. Schwellenwerte für die Reaktion einzelner Arten auf Belastungsfaktoren unter komplexen Freilandbedingungen sind ebenfalls unbekannt.

Hohe Nährstoffgehalte könnten die Erosionsschutzfunktion der Ufervegetation und Seegraswiesen beeinträchtigen. Für Schilf als dem wichtigsten Röhrichtbildner des Weserästuars ist bekannt, dass bei höherem Halmwachstum die Halme an Festigkeit verlieren (Raghi-Atri & Bornkamm 1980) und das Schilf dadurch empfindlicher gegenüber Wellenschlag wird. Ähnliche Effekte könnten auch bei anderen Uferpflanzen auftreten. Hohe Nährstoffgehalte können Algenmatten fördern, die in Röhrichtbestände oder Seegraswiesen eingetrieben werden und dort die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Belastung verringern. Seegrasbestände sind an geringe Nährstoffkonzentrationen in der Wassersäule angepasst. Die Eutrophierung flacher Küstenabschnitte gilt als eine der möglichen Ursachen für den Rückgang der Seegraswiesen. Hohe, durch Nährstoffe verursachte Trübungsraten über einen längeren Zeitraum begünstigten evtl. auch das Seegrassterben in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts (Borum et al. 2004). Nach experimentellen Untersuchungen von Moore &

Wetzel (2000) wirken sich allerdings nur sehr hohe Nährstoffkonzentrationen über die Förderung des Aufwuchses negativ auf die Seegrasvitalität aus. Indirekte Effekte wie die Trübungserhöhung durch Algenwachstum spielen eine größere Rolle als der direkte Nährstoffeinfluss auf die Pflanzen (Burkholder et al. 2007). Ein langfristig erhöhter Nährstoffeintrag durch Unterhaltungsbaggerungen ist bisher nicht nachgewiesen (siehe Abschnitt Wasserbeschaffenheit).

Röhricht- und Salzwiesenarten, Queller und Schlickgras sind gegenüber dem Belastungsfaktor Trübung unempfindlich, weil ihre Assimilationsorgane bzw. Wuchsorte größtenteils oberhalb MThw liegen oder die Bestände im Tidezyklus nur flach und kurzfristig überflutet werden. Wassertrübung wirkt sich vor allem auf Seegraswiesen aus.

Ein durch Trübung verschlechtertes Lichtklima im Gewässer führt zu einer Reduktion der Tiefenausdehnung der Seegraswiesen. Durch Trübung werden tief im Gewässer liegende Standorte zu dunkel für eine ausreichende Photosynthese (Giesen et al. 1990, Davison & Hughes 1998, Essink 1999). Experimentell konnte ein klarer positiver Zusammenhang zwischen der Produktivität des Gewöhnlichen Seegrases und dem Lichtgenuss nachgewiesen werden (Moore & Wetzel 2000). Die notwendige Lichttransmission für das Gedeihen von Seegraswiesen liegt im Bereich von 3 bis 25 % der an der Wasseroberfläche herrschenden Strahlung (Borum et al. 2004, Giesen et al. 1990). Gewöhnliches Seegras reagiert empfindlicher auf Trübung als Zwerg-Seegras (Borum et al. 2004). Eine länger andauernde Partikel-fracht von 250 mg/l hat bereits deutliche Auswirkungen auf die Tiefenverbreitung der Seegraswiesen (Krost & Kock 2010). Nach Essink (1999) treten im Wattenmeer Schwebstofffrachten von 40 - 400 mg/l auf.

OSPAR Commission (2008) schätzt, dass bei der Unterbringung von Baggergut die negativen ökologischen Auswirkungen wahrscheinlich nicht größer sind als bei der durch Tide und Witterung hervorgerufenen Trübung, weil im Zuge der Umlagerung eine erhöhte Trübung lediglich räumlich und zeitlich begrenzt periodisch auftritt. Zu dieser Einschätzung ist anzumerken, dass hier nur die durch die Baggergutunterbringung induzierte Trübung berücksichtigt wird, nicht die Einflüsse durch Baggern und das Verdriften des umgelagerten Materials. Außerdem ist zu bedenken, dass die durch Sedimentmanagement induzierte Trübung zur natürlichen Trübung hinzukommt und auch zu Zeiten auftreten kann, in denen natürlicherweise günstiges Lichtklima herrscht, z. B. bei relativ ruhiger Witterung. In diesem Fall könnte die Produktion der Seegraswiesen in einem für den Bestandserhalt wichtigen Zeitfenster eingeschränkt sein. Ein empfindlicher Zeitraum wäre hier die Vegetationsperiode der Seegräser von April bis Oktober (NLWKN & SUBV 2012) und hier die Blütenbildungs-, Blüten- und Fruchtpphase mit der Hauptwachstumsphase der Blätter von Mai bis September (Davison & Hughes 1998). Im nordfriesischen Wattenmeer wurde das Dichtemaximum der Seegrasbestände im August erreicht (Reise & Kohlus 2008). Auf die Wichtigkeit eines ausreichenden Wachstums zur Etablierung stabiler Seegrasbestände weisen van der Heide et al. (2007) hin. Nach Moore et al. (1997) reagiert Seegras auf hohe Trübung vor allem im Mai empfindlich.

Die in der Außenweser im Jahr 2008 (Adolph 2010) nachgewiesenen Schwerpunktvorkommen des Zwerg-Seegrases liegen auf der Burhaver und der Waddenser Plate 5 - 6 km Luftlinie entfernt vom Hauptfahrwasser und den Unterbringungsstellen T1 und K1. Es befindet sich keine tiefe Rinne zwischen den Vorkommen und dem Hauptfahrwasser. Die Schwerpunktvorkommen des Gewöhnlichen Seegrases liegen 5 km (Eversand) bzw. 11 - 13 km entfernt vom Fahrwasser (Knechtsand). Eine bzw. zwei tiefe Rinnen trennen die Bestände vom Hauptfahrwasser.

Eine direkte Beeinträchtigung durch Trübungsfahnen bei der Umlagerung oder der Unterbringung von Sediment ist aufgrund der Morphologie der Außenweser und der vorherrschenden Strömungen (BAW 2006) für die Vorkommen des Gewöhnlichen Seegrases auf Eversand und Knechtsand ausgeschlossen.

Inwiefern die Schwerpunktvorkommen des Zwerg-Seegrases auf der Burhaver und der Waddenser Plate bei Flut durch Schwebstoffe erreicht werden könnten, bleibt an dieser Stelle ungeklärt. Bei Ebbe sind die Vorkommen nicht betroffen, weil das Wasser von den hoch gelegenen Platen Richtung Fahrwasser abläuft. Dagegen lässt sich anhand der verfügbaren Datenlage nicht beantworten, ob Trübstoffe, die in der Fahrrinne bei ablaufendem Wasser freigesetzt werden, mit der nachfolgenden Flut anteilig auch die entfernten Bereiche bei Burhave und Waddens erreichen können.

Trübungsfahnen bzw. eine tendenziell erhöhte Trübung während des Baggerns und Umlagerens sind eine temporäre Erscheinung, da das aufgewirbelte Material nach einiger Zeit wieder zu Boden sinkt. Durch die Dauer und Frequenz der Baggereinsätze tritt dies allerdings häufiger auf. Die einzelne Unterhaltungsbaggerung oder Umlagerung hat für sich betrachtet sicher keine nennenswerten Auswirkungen auf die Seegraswiesen. Wegen der schwer zu beurteilenden Ursache-Wirkungsbeziehungen gibt es zur Frage einer möglichen Beeinflussung des Besiedlungspotentials durch das gesamte Unterhaltungsgeschehen mit seiner räumlichen Ausdehnung und seiner zeitlichen Frequenz keine abschließende Expertenmeinung. Zu beachten ist, dass in dem betroffenen Bereich überwiegend sandige Sedimente gebaggert werden (Schluffanteil meistens um 1%, in einzelnen Proben aus Schlufflinsen auch Feinmaterial-Gehalte bis um 30 %) und bei dem hier angewandten Hoppverfahren die Trübungsentwicklung gering ist. Die vergleichsweise nahe gelegene Unterbringungsstelle T1 darf nur bei Ebbe mit bindigem Material beschickt werden, dennoch wird von einem gewissen Eintrag von Feinmaterial von der Unterbringungsstelle auf den Langlütjensand ausgegangen (WSA Bremerhaven 2007a; vgl. auch Abschnitt Morphologie). Messtechnisch ist es derzeit jedoch ausgeschlossen, ein durch Unterhaltungsaktivitäten induziertes Trübungssignal an den Standorten der Seegraswiesen von der natürlichen oder durch andere anthropogene Aktivitäten verursachten Trübung zu unterscheiden. So verbleibt eine Unschärfe in der Betrachtung möglicher Beziehungen zwischen Sedimentmanagement und Vegetationsstrukturen (hier speziell Seegräser) über den Wirkpfad der Trübung. Die beobachtbaren positiven Bestandsentwicklungen der Seegräser in der Außenweser bei zuletzt vergleichsweise hohen Unterhaltungsaktivitäten sprechen aber gegen eine direkte kausale Korrelation.

## 5. Diskussion von Handlungsoptionen

In diesem Kapitel werden Handlungsoptionen und Optimierungsvorschläge für das Sedimentmanagement (bzw. die Unterhaltungsbaggerung) der Tideweser dargestellt und diskutiert. Das erste Unterkapitel beschäftigt sich mit der Minimierung/Optimierung von Unterhaltungshäufigkeit, -mengen und -zeiten, die beiden folgenden betrachten den Baggervorgang und die Baggergutunterbringung und das letzte Unterkapitel beinhaltet weitere relevante Handlungsfelder.

Einen Schwerpunkt bilden die im Integrierten Bewirtschaftungsplan Weser (IBP) und in WRRL-Planungen formulierten Vorschläge. Die Erstellung des vorliegenden Sedimentmanagementkonzepts ist als Maßnahme I-8 explizit im IBP (NLWKN & SUBV 2012) aufgeführt, dort werden auch aus Sicht von Natura 2000 wesentliche Punkte für ein Sedimentmanagementkonzept genannt (vgl. IBP-Maßnahmenblatt in Anhang IX). Weitere hier betrachtete Handlungsoptionen haben sich aus der Bearbeitung der Kapitel 2 bis 4 ergeben oder sind im Rahmen von Besprechungen und Veranstaltungen geäußert worden.

Bei den in diesem Kapitel betrachteten Handlungsoptionen ist noch keine Vorauswahl erfolgt, welche Änderungsmöglichkeiten tatsächlich realisierbar und im Sinn einer ökologischen und/oder ökonomischen Optimierung zielführend erscheinen. Vielmehr soll zunächst eine Auseinandersetzung mit allen Vorschlägen erfolgen, welche hierzu im Raum stehen, und zugleich dargestellt werden, inwieweit bestimmte Forderungen bereits Inhalt der gängigen Unterhaltungspraxis sind. Auf dieser Basis werden dann in Kapitel 6 Empfehlungen für das Sedimentmanagement formuliert.

Trotz der oben angesprochenen Planungen und Vorschläge muss festgehalten werden, dass klare naturschutzfachliche Vorgaben für das Management vielfach noch fehlen bzw. gerade in Entwicklung begriffen sind.

### **5.1 Minimierung von Unterhaltungsbaggerungen bzw. Optimierung von Unterhaltungsmengen und -zeiten**

Grundsätzlich ist die Minimierung von Unterhaltungsbaggerungen sowohl aus ökonomischen als auch ökologischen Gründen anzustreben.

Aus verkehrlich/ökonomischer Sicht sind entsprechende Optionen gegen ggf. erforderlichen Mehraufwand sowie mögliche Auswirkungen auf die Leichtigkeit des Schiffsverkehrs abzuwägen.

Zielkonflikte und Abwägungsbedarf bestehen auch aus ökologischer Sicht. Dies betrifft insbesondere:

- > Minimierung des Unterhaltungsbedarfs durch Strombau und Ufersicherungen contra Dynamik des Systems und Naturnähe der Gewässermorphologie
- > Reduzierung von Baggermengen bei einer Baggerung contra Minimierung der Häufigkeit von Unterhaltungsbaggerungen (Stichwort „Vorratsbaggerung“)
- > evtl. auch: Minimierung von Unterhaltungsbaggerung contra Berücksichtigung von Schutzzeiten (bei vorgezogenen Baggerungen oder Vorratsbaggerungen zur Berücksichtigung von Schutzzeiten)
- > evtl. auch: Minimierung des Unterhaltungsbedarfs durch Reduzierung/Vermeidung von Baggerkreisläufen contra längerer Transport zum Umlagerungsort und Sedimententnahme aus einem Gewässerabschnitt (vgl. hierzu Kapitel 5.3)

In den folgenden Unterkapiteln sind die genannten Punkte näher ausgeführt.

### **5.1.1 Weitere Möglichkeiten zur bedarfsorientierten Unterhaltung**

Die Sicherstellung der planfestgestellten Fahrrinntiefen ist kein Selbstzweck, sondern dient der Befahrbarkeit des Gewässers durch Schiffe mit entsprechendem Tiefgang. Insofern ist es sowohl aus ökonomischer wie auch aus ökologischer Sicht sinnvoll, auf die Unterhaltung zu verzichten, wenn entweder bekannt wäre, dass keine Schiffe einer relevanten Größenordnung zu erwarten sind oder damit gerechnet werden könnte, dass Mindertiefen, bevor sie zu Einschränkungen für den Schiffsverkehr führen, etwa durch hohe Abflüsse, reduziert oder verlagert werden.

Informationen zu zukünftigen Passagen großer Schiffe liegen aus folgenden Quellen vor:

- > Genehmigungspflicht für außergewöhnlich große Fahrzeuge - Zeitdauer von Beantragung bis Einfahrt ins Revier zwischen ein bis drei Tagen
- > Anmeldepflicht für alle ins Revier einfahrenden Fahrzeuge - i. d. R. einige Stunden vorab

Rückblickend lässt sich feststellen, dass zwischen 2008 und 2012 im Mittel jede Woche mehrere Schiffe mit einem relevanten Tiefgang die verschiedenen Streckenabschnitte der Tideweser befahren haben (Daten WSA Bremen und WSA Bremerhaven). Aus der Häufigkeit der Passage großer Schiffe sowie zusätzlich aus der geringen Zeitspanne, die eine Passage vorab bekannt wird, ergibt sich, dass ein zeitweiliges Aussetzen der Unterhaltung in Phasen ohne Verkehr großer Schiffe im Bereich der Tideweser nicht umsetzbar ist.

Nach der derzeitigen Unterhaltungsstrategie werden die Unterhaltungsarbeiten in der Fahrrinne unter Berücksichtigung schiffahrtlicher, wirtschaftlicher und ökologischer Kriterien durchgeführt. Dies beinhaltet, dass Mindertiefen, je nach Lage (Gefährdungspotenzial für die Schifffahrt und morphologische Aktivität des Bereichs), Größe und Abschätzung der weiteren Entwicklung in Abhängigkeit der hydrologischen Verhältnisse, in der Regel erst ab bestimmten Höhen beseitigt werden, nämlich:

- > im Abschnitt Bremen bis Brake: ab 50 cm, im Falle sehr großflächiger Mindertiefen in exponierter Lage ab ca. 30 cm

- > im Abschnitt Brake bis Bremerhaven und in der Außenweser: in morphologisch unkritischen Bereichen erst bei größeren zusammenhängenden Flächen > 50 cm, in anderen Bereichen wiederum bereits bei geringeren Mindertiefen als 50 cm aufgrund von höheren, lokalen Auflandungstendenzen
- > in der Tidehunte: in der Regel ab ca. 20 cm (aufgrund schwieriger nautischer Verhältnisse)

Ein höheres Aufwachsen von Mindertiefen ist nach den bisherigen Erfahrungen ohne Einschränkungen der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt nicht möglich.

Wie bereits erwähnt werden im Einzelfall auch Abflussprognosen bei der Planung von Baggerungen berücksichtigen, so kommt es vor, dass eine Baggerung bei angekündigtem Hochwasser verschoben und nach dem Hochwasser zunächst erneut gepeilt wird. Eine weitergehende systematische Berücksichtigung von Abflussprognosen wäre wünschenswert, auch wenn sie angesichts der Komplexität des Systems schwierig ist.

### **5.1.2 Optimierung des Vorratsmaßes**

Bei Fahrrinnenbaggerungen in der Tideweser ist eine Überbaggerung der Solltiefen um ein festgelegtes sogenanntes Vorratsmaß möglich (vgl. Kapitel 2); dieses wurde in den vorausgegangenen Ausbauverfahren genehmigt. Das maximal zulässige vertikale Baggervorratsmaß liegt aktuell bei 0,5 m. Der genannte Wert wurde für den größten Teil der Tideweser auch im laufenden Verfahren zur Fahrrinnenanpassung zugrunde gelegt und beantragt, lediglich zwischen Weser-km 58 und 55 wurden wegen der hier anzutreffenden bindigen Sedimente nur 0,3 m angesetzt. Eine Überbaggerung der Solltiefe um ein vorgegebenes Maß findet nur in Bereichen mit ohnehin zu baggernden Mindertiefen statt; es werden keine Baggerungen in zusätzlichen Flächen durchgeführt (WSA Bremerhaven mdl.).

Die Überbaggerung um ein Vorratsmaß vergrößert zunächst die Baggermenge (und damit Kosten und Auswirkungen) der einzelnen Baggerung, kann insgesamt jedoch sowohl verkehrliche als auch naturschutzfachliche Vorteile bringen. Da sich Mindertiefen- und damit Unterhaltungsbaggerstellen in der Tideweser oft auf Sedimentationsbereiche konzentrieren, in denen nach einer Baggerung sofort erneut Sedimentation einsetzt, kann durch Vorratsbaggerung u. U. erreicht werden, dass die Wassertiefe (trotz ggf. zunächst erhöhter Sedimentation) länger unterhalb der vorgegebenen Ausbautiefe verbleibt und später zu einer verkehrsbehindernden Mindertiefe anwächst (WSA Bremerhaven mdl.). Unterhaltungsbaggerungen sind in diesem Fall weniger häufig erforderlich.

Da eine Überbaggerung nur mit vergleichsweise geringem Mehraufwand bei der einzelnen Baggerung verbunden ist, kann sie - wenn tatsächlich seltener gebaggert werden muss - insgesamt wirtschaftlicher (kostengünstiger) sein. Sie ist unter bestimmten Gegebenheiten evtl. auch erforderlich, um Einschränkungen für den Schiffsverkehr zu vermeiden. Beispielsweise können in der Unterweser bei besonderen Abflussverhältnissen nach einer Baggerung schon innerhalb weniger Tage wieder Mindertiefen wie vor der Baggerung entstehen. Wenn hier angekündigte Tiefgänger mit ungünstigen Wassertiefen- und Wetterverhältnissen

zusammenfallen, werden ggf. gezielte Kontrollpeilungen in kritischen Flussabschnitten, im Bedarfsfall auch „außerplanmäßige“ Unterhaltungsbaggerungen und Nachpeilungen veranlasst. Allerdings sind auch in diesem Fall zeitliche Abstände von mehreren Tagen zwischen Baggerung und Schiffspassage u. U. unvermeidbar. Unter widrigen Umständen kann in dieser kurzen Zeitspanne die beseitigte Mindertiefe schon wieder zu einem unkalkulierbaren Verkehrshindernis aufgewachsen sein (WSA Bremerhaven mdl.). In einem solchen Fall kann durch Vorratsbaggerung das verkehrliche Risiko minimiert werden.

Wenn durch eine Überbaggerung tatsächlich relevant seltener gebaggert wird, treten auch die unmittelbar mit Baggerungen verbundenen nachteiligen Wirkungen auf das Ökosystem (vgl. Kap. 4.2) in größeren zeitlichen Abständen auf. So verbleibt nach einer Baggerung z. B. dem Makrozoobenthos mehr Zeit zur Wiederbesiedlung gebaggerter Flächen. Andererseits sind die unmittelbaren Auswirkungen der einzelnen Unterhaltungsbaggerung teilweise größer, da sich die Baggermenge erhöht (z. B. Trübungsentwicklung, Auswirkungen der Baggergutunterbringung). Auch die Veränderungen der örtlichen Hydro- und Morphodynamik verstärken sich mit dem Maß der Tiefenänderung. Als Reaktion können sich u. a. erhöhte Sedimentationsraten im Bereich der Baggerung einstellen (WSA Bremerhaven mdl.).

Hinsichtlich einer Optimierung des Vorratsmaßes stellt sich zunächst die Frage, ob und in welchem Umfang der gewünschte Effekt einer seltener erforderlichen Unterhaltung tatsächlich eintritt bzw. sich ggf. durch ein höheres Vorratsmaß steigern ließe. Angesichts der Komplexität und Dynamik der relevanten Prozesse (Entstehen von Mindertiefen unterschiedlich in Abhängigkeit von Oberwasserabflüssen, Spring-Nipp-Zyklus, Windverhältnissen u. ä.) sowie der zu berücksichtigenden Ungenauigkeiten, etwa beim Baggervorgang, lässt sich diese Frage allerdings kaum befriedigend beantworten. Entsprechende Untersuchungen lassen sich kaum auf andere Bereiche übertragen.

An einem Baggerschwerpunkt im Fintenlaichgebiet wurde durch das WSA Bremen 2010 eine Testbaggerung bis 60 cm unter Sollsohle durchgeführt (anders als sonst bei Vorratsbaggerungen üblich, wurden hier auch Riffelkuppen gebaggert, welche bei der Vorpeilung unterhalb der Sollsohle aber oberhalb Sollsohle abzüglich 60 cm lagen). Die Ergebnisse legen nahe, dass im Bereich km 28 bis 31, wahrscheinlich auch in der übrigen Riffelstrecke, die Häufigkeit von Unterhaltungsbaggerungen durch Vorratsbaggerung reduziert (und so ggf. die Fintenlaichzeit eher ausgespart) werden könnte. Bei der Testbaggerung wurde unter den während der Untersuchung vorherrschenden hydrologischen Verhältnissen eine zeitliche Verzögerung der nächsten erforderlichen Unterhaltungsbaggerung um etwa 4 Wochen festgestellt (WSA Bremen 2012). Die Untersuchung wurde 2012 wiederholt; die diesbezügliche Auswertung ist derzeit noch nicht abgeschlossen. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass sich die Ergebnisse nicht unbedingt auf die Verhältnisse nach dem geplanten Ausbau übertragen lassen.

Aktuell findet in der Tideweser keine systematische Überbaggerung statt, auf die Herstellung eines Vorratsmaßes wird in der Regel verzichtet. Die Herstellung der Solltiefe erfolgt jedoch mit einem Toleranzbereich (vgl. Kap. 2 „Beseitigung der Mindertiefen bis zu einer Tiefe von maximal 50 cm unter Sollsohlniveau“). Im Jahr 2011 wurde dieser Wert für die Riffelstrecke



vom WSA Bremen versuchsweise von 50 cm auf 30 cm verkleinert, mit dem Ziel, Baggermengen zu verringern. Versuch und Auswertung laufen noch.

Auch eine rein naturschutzfachlich ausgerichtete Optimierung des Vorratsmaßes ist auf ein Optimum zwischen minimalen Baggermengen und minimaler Häufigkeit ausgerichtet und führt daher angesichts der beschriebenen Unsicherheiten kaum zu grundsätzlich anderen Ergebnissen als das bisherige Vorgehen. In wenigen Einzelfällen, zum Schutz besonders empfindlicher Arten und Prozesse, ist lokal eine versuchsweise Anpassung des Vorratsmaßes aus rein naturschutzfachlichen Gründen denkbar, insbesondere zur maximal möglichen Berücksichtigung von Schutzzeiten (vgl. nächstes Kapitel). Dies erscheint aktuell nicht geboten. Allerdings ist zu bedenken, dass nach dem geplanten Ausbau u. U. häufiger unterhalten werden muss als in Kap. 2 dargestellt. Naturschutzfachlich begründete Vorratsbaggerungen könnten in diesem Zusammenhang zukünftig eher sinnvoll sein als aktuell.

### 5.1.3 Minimierung von Unterhaltungsbaggerungen in der Hauptlaichzeit der Finte und während anderer sensibler Zeiten

Der IBP (NLWKN & SUBV 2012) sieht als Maßnahme I-2 die Erarbeitung eines Leitfadens zur Berücksichtigung der saisonalen Lebensraumfunktionen von Fischen, Neunaugen und Schweinswal bei Bau- und Unterhaltungstätigkeiten im Bereich des Gewässers vor. Erkenntnisse aus diesem Leitfaden sollen in das Sedimentmanagementkonzept eingebunden werden (allerdings liegt der Leitfaden noch nicht vor, so dass dies erst im Nachgang geschehen kann). Fische und Rundmäuler, insbesondere die FFH-Arten Finte, Fluss- und Meerneunauge, werden im IBP Weser auch als Natura-2000-Schwerpunkte mit Bezug zum Sedimentmanagementkonzept genannt (NLWKN & SUBV 2012, Maßnahme I-8, vgl. Anhang IX).

Nach IBP-Maßnahmenblatt zum genannten Leitfaden (NLWKN & SUBV 2012) soll er u. a. eine Übersicht über die Wanderungs- bzw. Laichzeiten der Finte und Neunaugen im gesamten Planungsraum sowie die Zeiten des Hauptauftretens des Schweinswals in der Unterweser enthalten, z. B. nach dem Schema der folgenden Abbildung (Abbildung 5.1-1).

Art	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Flussneunauge												
Meerneunauge												
Finte												
Schweinswal												

	Aufwanderung der Laichpopulation
	Abwanderung der Jungtiere
	Schwerpunkt der Wanderung
	Laichzeit der Finte im Planungsraum (15. April bis 15. Juni)
	Hauptauftreten des Schweinswals in der Unterweser

Abbildung 5.1-1: Beispielhafte Übersicht über relevante Wanderungs- und Laichzeiten  
(Quelle: Maßnahmenblatt I-2 aus NLWKN & SUBV 2012)

Bezüglich der in Abbildung 5.1-1 dargestellten sensiblen Phasen ist zu beachten, dass diese nicht in jedem Fall die gesamte Tideweser betreffen (z. B. Laichzeit der Finte nur im Laichgebiet relevant), außerdem gibt es tageszeitliche und evtl. auch gezeitenabhängige Unterschiede der Aktivität und damit Sensibilität (z. B. Neunaugenwanderung vorwiegend nachts; vgl. Maßnahmenblatt I-2 aus NLWKN & SUBV 2012; Laichaktivitäten der Finte in der Tideweser nach Schulze (2005) in der ersten Nachthälfte). Dennoch zeigt die Abbildung deutlich, dass bei Einhaltung aller Schutzzeiten nur sehr begrenzte Zeitfenster für Unterhaltungsbaggerungen verbleiben würden.

Ein strikter Verzicht auf Unterhaltungsarbeiten während bestimmter Zeiten ist für die WSV in der Bundeswasserstraße Tideweser nicht hinnehmbar, da so die Sicherheit (und Leichtigkeit) des Schiffsverkehrs nicht gewährleistet werden könnte, wenn sich in solchen Phasen z. B. verkehrsbehindernde Mindertiefen entwickeln würden. Es gibt aber durchaus Spielräume bei der Planung von Unterhaltungsarbeiten, die eine weitergehende Berücksichtigung von ökologisch sensiblen Phasen als in der Vergangenheit möglich erscheinen lassen.

Die Berücksichtigung sensibler Phasen ist grundsätzlich gegen erforderlichen Mehraufwand sowie ggf. gegen gewisse im Einzelfall noch akzeptable Einschränkungen der Leichtigkeit des Schiffsverkehrs abzuwägen. Unter Umständen besteht auch aus rein naturschutzfachlicher Sicht Abwägungsbedarf zwischen verschiedenen Schutzgütern (z. B. hinsichtlich der Bewertung von Vorratsbaggerungen zur wahrscheinlicheren Einhaltung von Schutzzeiten, vgl. folgende Abschnitte zur Finte).

Nach fachlicher Einschätzung der BfG sind für die Finte im Bereich der Tideweser durch zeitliche Einschränkungen von Unterhaltungsbaggerungen voraussichtlich keine oder nur sehr geringe positive Auswirkungen zu erwarten, weil potenzielle Beeinträchtigungen durch die derzeitige Unterhaltungspraxis äußerst unwahrscheinlich bzw. unerheblich erscheinen (wesentlich sind andere Randbedingungen wie z. B. Hydrologie und Temperaturregime in der jeweiligen Laichsaison, von denen die Verteilung der Eier und Larven im Ästuar, deren Versorgung mit Nahrungsorganismen sowie letztlich deren Überlebensraten mit abhängig sind). Da eine entsprechende Schutzzeit jedoch von Naturschutzseite vielfach gefordert wird, kann ggf. versucht werden, die Unterhaltung in der Fintenlaichzeit im Laichgebiet zu minimieren. Hierzu erscheint es sinnvoll, direkt vor Beginn der Laichzeit, also vor dem 15. April, grundsätzlich eine Baggerkampagne im Fintenlaichgebiet durchzuführen (da diese ansonsten evtl. erst später erforderlich wäre, bedeutet dies tendenziell eine größere Unterhaltungshäufigkeit). Versuchsweise kann zusätzlich ein Vorratsmaß angesetzt werden (vgl. voriges Unterkapitel 5.1.2). Sofern hierbei dasselbe Vorgehen gewählt wird wie in dem im vorigen Unterkapitel beschriebenen Versuch (vgl. WSA Bremen 2012), würde bei dieser Baggerung allerdings zum einen mehr Sediment mobilisiert, zum anderen auch eine größere Fläche betroffen sein als aus verkehrlichen Gründen erforderlich (mit entsprechenden Auswirkungen z. B. auf Makrozoobenthos und morphologische Strukturen), dafür könnte die folgende Baggerung wahrscheinlich in größerem zeitlichen Abstand erfolgen. Die versuchsweise Anwendung eines Vorratsmaßes sollte - wenn überhaupt - nur auf Initiative von Landesbehörden erfolgen, aus Sicht der BfG ist sie wie oben beschrieben nicht geeignet, relevante Verbesserungen für die Finte in der Tideweser zu erreichen. Im Planfeststellungs-

beschluss zur geplanten Weseranpassung sind bzgl. der Finte Monitoring und Risikomanagement vorgesehen.

Auch wenn in der Tideweser bisher keine Hinweise auf ausgedehntere Sauerstoffmangelsituationen vorliegen, sind Schutzzeiten - neben der Berücksichtigung von Wanderungs- und Laichzeiten - auch zur Vermeidung von Sauerstoff-Mangelsituationen sinnvoll. Hierdurch lassen sich auch (zusätzliche) unterhaltungsbedingte Störungen aquatischer Organismen, insbesondere von Fischen und Neunaugen in Zeiträumen mit Sauerstoffmangel vermeiden (außerhalb dieser Zeiträume sind sehr wahrscheinlich keine oder nur sehr geringe Beeinträchtigungen von Fischen und Neunaugen zu befürchten, vgl. Kap. 4.2).

Als Empfehlung für eine möglichst umweltverträgliche Baggerei von feinkörnigem Baggergut können Richtwerte für Wassertemperaturen von maximal 10 - 15°C sowie Sauerstoffgehalte über 5 - 6 mg O<sub>2</sub>/l gelten (vgl. u. a. Stammerjohann 2012b und Bedingungen für ausnahmsweise erlaubte Baggerungen in HPA & Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt 2012). Dabei nehmen die naturnahen Werte und damit auch die Zielwerte für den Sauerstoffgehalt vom limnischen Bereich zum Übergangsgewässer hin ab, insofern sind im limnischen Bereich tendenziell strengere Richtwerte anzusetzen. Relevant sind auch die lokalen Voraussetzungen sowie die Menge und Beschaffenheit des Baggerguts (vgl. Kap. 4.2).

Ein Sauerstoffrichtwert von 5 - 6 mg/l soll verhindern, dass beim Umlagern zusätzlich auftretende Sauerstoffzehrungen (entstehen insbes. bei feinkörnigem Material, beim Hoppeln meist bei der Baggergutunterbringung, beim WI-Verfahren meist sohnah vor Ort) zu einer Unterschreitung von für aquatische Organismen kritischen Sauerstoffgehalten führen. Bei geringen Temperaturen sind einerseits die durch das Baggern von zehrendem Material verursachten temperaturabhängigen Sauerstoffzehrungsraten verringert, andererseits ist der Sauerstoffgehalt dann generell höher als in der warmen Jahreszeit. Dies wird u. a. durch eine höhere Löslichkeit des Sauerstoffs in kälterem Wasser bewirkt.

Am Beispiel der Dauermessstation von Oslebshausen (UW-km 8) im Jahr 2011 hätten in diesem Fall „Ausschlusszeiten“ für die Baggerung von feinkörnigem Sediment bezogen auf die tagesgemittelte Wassertemperatur ab 29. März bei 10 °C und ab 21. April bei 15 °C vorgelegen. Der Sauerstoffgehalt von 6 mg/l wurde im Zeitraum 8. Juni bis 15. Juli unterschritten. Im gleichen Jahr waren die Kennwerte für die Wassertemperatur an der Station Farge (UW-km 26) ebenfalls am 29. März (für 10 °C) und ab 22. April (für 15 °C) überschritten. Ein Sauerstoffgehalt von 6 mg/l wurde bei Farge im Jahr 2011 gar nicht unterschritten.

Dies macht deutlich, dass insbesondere die Empfehlungen bezüglich der Wassertemperaturen in Bereichen mit regelmäßiger Unterhaltung kaum ohne Einschränkungen für den Schiffsverkehr einhaltbar sind. Zu beachten ist hierbei allerdings, dass es sich um Empfehlungen bezüglich der Baggerung von feinkörnigem Material handelt - dies betrifft also insbesondere Schlickstrecke und Blexer Bogen, Abschnitte in der Hunte, einen kleineren Bereich bei Bremen sowie die Unterhaltung von Schweiburg und Bauhäfen. Regelmäßige Unterhaltung findet nur in den ersten beiden genannten Bereichen statt, in den übrigen Fällen sollte es in

der Regel möglich sein, Ausschlusszeiten zu beachten (für die Tidehunte gelten bereits entsprechende Empfehlungen, vgl. Kap. 2.8).

Wie in Kapitel 4.2 dargestellt, sind Auswirkungen auf (potenzielle) Seegrasstandorte durch unterhaltungsinduzierte Trübung nicht gänzlich auszuschließen. Für die Entwicklung der Seegraswiesen sind die Monate April bis Oktober und hier vor allem der Zeitraum Mai bis September besonders wichtig. Am relevantesten für das Wachstum der Bestände ist der Mai, welcher nach Abbildung A-76, Anhang IVb, in den meisten Jahren eine Spitzenpositionen hinsichtlich der Baggeraktivitäten im Bereich km 91 - 110 einnimmt. Um denkbare Auswirkungen zu minimieren, könnte versucht werden, Maßnahmen stromauf km 110, die zu Beginn oder gegen Ende des empfindlichen Zeitraumes anstehen, möglichst frühzeitig (also statt im April/Mai im März/April) oder möglichst spät durchzuführen. Zusätzlich könnte geprüft werden, ob Vorratsbaggerungen im März bis April die Baggeraktivitäten im April bis Mai reduzieren können. Im Sinn einer vorsorglichen Optimierung für (potenzielle) Seegrasbestände wäre anzustreben, von Mai bis August möglichst lange Zeiträume ohne Umlagerungen zu erzielen. Wenige umfangreiche Kampagnen wären - sofern ein Zusammenhang besteht - für die Produktivität der Seegraswiesen vermutlich günstiger als eine enge zeitliche Aufeinanderfolge vieler kleiner Maßnahmen. Eine Minimierung der Unterhaltung bei ruhigen Witterungsbedingungen mit geringer natürlicher Trübung und sonnigem Wetter wäre ebenfalls denkbar, da in diesen Phasen die Photosyntheseaktivität der Seegräser am höchsten sein dürfte. Angesichts der bis zum Jahr 2008 festgestellten positiven Entwicklung der Seegrasbestände im Bereich der Tideweser (vgl. Kap. 3) erscheint der vermutlich doch beträchtliche Mehraufwand zur vorsorglichen Umsetzung der o.g. Ansätze aktuell nicht angemessen. Sofern sich zukünftig negative Entwicklungen ergeben oder konkretere Hinweise auf einen Zusammenhang Unterhaltung-Seegras vorkommen, könnte sich das ändern. Ein komplettes Aussparen von längeren sensiblen Phasen ist in der Außenweser bei den derzeit erforderlichen Unterhaltungshäufigkeiten allerdings kaum machbar, d. h. ist nicht mit den Erfordernissen des Schiffsverkehrs vereinbar.

Bei den hier getroffenen Einschätzungen ist jeweils zu berücksichtigen, dass nach dem geplanten Ausbau u. U. häufiger unterhalten werden muss als in Kap. 2 dargestellt. Sollten deutliche Veränderungen erkennbar werden, sind die hier erfolgten Bewertungen zu überprüfen.

#### **5.1.4 Weitergehende Ansätze zur Minimierung des Unterhaltungsbedarfs (Fahrrinnenverschwenkungen, Strombau u. ä.)**

Das vorliegende Konzept ist - wie eingangs ausgeführt - auf eine Optimierung der Unterhaltungsbaggerung im engeren Sinn begrenzt. Fester Strombau, Ufersicherungen u. ä. sind ausdrücklich ausgenommen. Diesbezügliche Empfehlungen sollen in einem Integrierten Strombaukonzept erarbeitet werden, dessen Erstellung in der zweiten WRRL-Bewirtschaftungsperiode vorgesehen ist sowie in Konzepten für die naturnähere Sicherung von Uferstrecken. Der Vollständigkeit halber sollen Möglichkeiten der Minimierung des Unterhaltungsbedarfs durch solche weitergehenden Maßnahmen hier dennoch in allgemeiner Form kurz angesprochen und ökologische Aspekte andiskutiert werden.

Der Unterhaltungsbedarf eines schiffbaren Gewässers lässt sich prinzipiell durch eine Reihe von Maßnahmen vermindern, welche deutlich steuernd in das System eingreifen, wie etwa Sicherungen der Ufer gegen Erosion oder Strombau zur Strömungskonzentration und damit Verminderung von Sedimentation oder auch zur Eindämmung von Rinnenverlagerungen. Zur Optimierung der Unterhaltung können auch gezielt Sedimentationsbereiche in der Fahrrinne geschaffen und in regelmäßigen Abständen ausgebaggert werden („Sedimentfänge“, „Sedimentfallen“). Im IBP Weser (NLWKN & SUBV 2012, Maßnahmenblatt I-8, siehe Anhang IX) wird unter den Punkten, welche aus Sicht von Natura 2000 wesentlich für ein Sedimentmanagementkonzept sind, auch die „gezielte Steuerung des Sedimenttransports durch geeignete Maßnahmen wie z. B. Schaffung von Sedimentfallen oder lokale Vergrößerung der Strömungsgeschwindigkeit zur Verhinderung von Sedimentation“ genannt. Eine weitere Möglichkeit zur Reduktion des Unterhaltungsaufwands kann ggf. eine Verlegung der Fahrrinne in Bereiche mit natürlicherweise größerer Wassertiefe sein.

Im Zuge der Optimierung der Bedingungen für die Schifffahrt, des Küstenschutzes und der Minimierung des Unterhaltungsaufwands aus wirtschaftlichen Gründen sind an der Tideweser schon vor längerer Zeit über weite Strecken Ufer befestigt und verschiedene Stromregelungsbauwerke realisiert worden (z. B. Leitdämme im Wurster Arm und Buhnen in der Unterweser). Maßnahmen zur Minimierung des Unterhaltungsbedarfs erscheinen im Bereich der Tideweser weitgehend ausgereizt. Erst kürzlich hat die BAW-DH Untersuchungen durchgeführt, welche ergeben haben, dass eine Optimierung in Form von neuen/geänderten Strombauwerken in der Außenweser aus verkehrlichen Gründen zur Zeit nicht zielführend ist (WSA Bremerhaven mdl.). Nach Umsetzung der geplanten Fahrrinnenanpassung wird - angesichts der geänderten Gegebenheiten - eine erneute Untersuchung entsprechender Optionen möglicherweise sinnvoll sein.

Aus ökologischer Sicht sind Strombau und Ufersicherungen (zur Minimierung des Unterhaltungsbedarfs) zunächst grundsätzlich als Eingriffe in die natürliche Morphodynamik des Ästuars negativ zu bewerten. Feste Ufersicherungen verhindern zudem die Entwicklung von für viele Arten wichtigen naturnahen Lebensräumen und Strukturen. Andererseits können sich auf und im Umfeld von Strombauwerken und Ufersicherungen wertvolle Sekundärbiotop entwickeln oder gezielt entwickelt werden; beide können auch zum Schutz oder zur Entwicklung von Lebensräumen dienen. Insofern ist bzgl. Strombau und Ufersicherung seitens des Natur- und Umweltschutzes meist eine Abwägung erforderlich. Es ist durchaus möglich, dass im Ergebnis der Abwägung bestimmte Maßnahmen aus ökologischen Gründen wünschenswert erscheinen, welche im Ergebnis eventuell auch einen erhöhten Unterhaltungsbedarf bedingen könnten.

Integrierter Strombau und Möglichkeiten der modifizierten Ufersicherung werden wie erwähnt Gegenstand anderer noch zu erstellender Konzepte sein. Im vorliegenden Konzept werden lediglich Möglichkeiten des weichen Strombaus sowie Sandvorspülungen weiter betrachtet (siehe hierzu Kapitel 5.3 „Optimierung der Unterbringung von Baggergut“).

Weniger zur Reduzierung von Unterhaltungsmengen als vielmehr zur Optimierung der Unterhaltung dienen speziell eingerichtete Sedimentfänge bzw. Sedimentfallen. In bestimm-

ten Fällen kann so die Unterhaltung auf bestimmte Flächen konzentriert werden, wodurch ggf. andere Bereiche geschont oder größere Bagger zum Einsatz gebracht werden können (kostengünstiger). Allerdings können Sedimentfänge nur bei geeigneten Rahmenbedingungen erfolgreich sein; so ist beispielsweise ein Sedimentfang in der äußeren Außenweser nicht realistisch, da das Sediment im Wesentlichen durch die küstenparallele Strömung und nicht konzentriert über eine Rinne eingetragen wird (WSA Bremerhaven mdl.). Zudem stellt die gezielte Herstellung von Sedimentfallen einen Eingriff in die Dynamik des Systems dar, dessen erwartete (ökologische) Vorteile sorgfältig gegen mögliche Nachteile abzuwägen sind.

Bisher sind an der Tideweser keine speziellen Problemstellungen aufgetreten, für die die Einrichtung eines Sedimentfangs als günstige Lösung erscheint. Im Bremer Bereich gibt es, wie in Kapitel 2 beschrieben, Sohlversprünge, welche als Sedimentfang wirken. Auch der Bereich Schlickstrecke/Blexer Bogen kann als eine Art natürlicher Sedimentfang betrachtet werden, hier sedimentiert vermehrt feinkörniges marines Material, so dass weniger weiter nach oberstrom gelangt. Grundsätzlich kann die Einrichtung von Sedimentfallen in Zusammenhang mit der Schonung ökologisch sensibler Bereiche in der Unterweser angedacht werden. Allerdings ist nach den Ausführungen in Kapitel 3 und 4 derzeit keine Betroffenheit erkennbar, aus der sich entsprechender Handlungsbedarf ergibt und welche zugleich geeignet erscheint, zu erwartende ökologische Nachteile aufzuwiegen. Eine Initiative zur Einrichtung von Sedimentfallen müsste also im Fall einer abweichenden Bewertung bzw. aufgrund weitergehender oder neuer Erkenntnisse von den zuständigen Naturschutz- oder Wasserwirtschaftsbehörden ausgehen. Zusätzlich wären die Erfolgsaussichten zu prüfen.

Im Rahmen der Weseranpassung ist im Blexer Bogen die Verlegung der Fahrrinne in natürlicherweise tiefere Bereiche vorgesehen. Dies ist ein Beispiel für eine sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch eindeutig positiv zu bewertende Maßnahme zur Reduzierung des Unterhaltungsbedarfs.

## **5.2 Minimierung der Auswirkungen des Baggervorgangs**

Bezüglich einer Minimierung der ökologischen Auswirkungen des Baggervorgangs ist insbesondere die angewandte Technik relevant sowie allgemein der Einsatz möglichst emissionsarmer Baggerschiffe (Lärm, Trübung). Im Folgenden werden daher die ökologischen Auswirkungen und Vor- und Nachteile der Unterhaltungstechniken kurz diskutiert, welche von der WSV zur Unterhaltung in der Tideweser angewandt werden. Andere Verfahren, die ebenfalls geeignet wären und aus ökologischer Sicht sinnvoller erscheinen, sind nicht bekannt. Weiterhin könnten zeitliche Aspekte bei der Optimierung eine Rolle spielen, in diesem Fall die Wahl optimaler Tidephasen und Tageszeiten; dies ist Gegenstand des letzten Unterkapitels.

Außerdem zu beachten ist der Grundsatz des sparsamen Handelns sowie praktische Aspekte wie die Verfügbarkeit von Baggerschiffen. Das kostengünstigere Unterhaltungsverfahren kann hierbei durchaus auch das „ökologischere“ sein. Andernfalls muss der Gewinn für die Ökologie gegen die hiermit verbundenen Mehrkosten abgewogen werden.

### 5.2.1 Hopperbaggerung

Das Verfahren der Hopperbaggerung (bzw. Laderaum-Saugbaggerung) ist in Kapitel 2 kurz beschrieben.

Bei der Aufnahme des Baggerguts durch die Schleppköpfe des Hopperbaggers kommt es zu direkten Verlusten von Makrozoobenthos und u. U. Fischen bzw. deren Entwicklungsstadien (schnelles Ansaugen des Sediment-Wasser-Gemischs, vgl. auch Kap. 4.2 und GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006).

Weiterhin ist von Störwirkungen durch (Unterwasser-) Schall und Schiffsbewegungen auszugehen, ggf. auch durch Licht; dies betrifft Fische, Meeressäuger und Vögel. Bei einer einzelnen Messung in der Unterweser wurden in einer Entfernung von 200 m von einem Hopperbagger Unterwasserschallimmissionen von ca. 121 dB (re 1  $\mu$ Pa) gemessen, für das schwerpunktmäßig untersuchte WI-Gerät ergab sich hier eine um 4 dB geringere Immission (Mai 2011). Die ermittelten Luftschallemissionen des Laderaumsaugbaggers waren mit 114,3 dB (A) ca. 9 dB (A)  $\pm$  2 dB (A) höher als die des WI-Gerätes (BfG 2011d). Nach Kapitel 4.2 ist im Bereich der Tideweser bisher nicht von Auswirkungen durch Schallemissionen auszugehen, die es erforderlich erscheinen lassen, aus diesem Grund andere technisch weniger geeignete Baggertechniken in Erwägung zu ziehen (nach CEDA (2011) emittieren beispielsweise auch Seilzug- und Löffelbagger weniger Unterwasserschall als Hopper). Bezüglich der Lichtemissionen kann davon ausgegangen werden, dass sie denen eines ähnlich großen WI-Gerätes vergleichbar sind und keine höheren Intensitäten erreichen bzw. andere Qualitäten aufweisen als in der Tideweser verkehrende Frachtschiffe.

Bei der aktuell in der Tideweser angewandten Baggertechnik ist - anders als bei der früher verbreiteten klassischen Überlaufbaggerung - von einer relativ geringen Trübungsentwicklung mit entsprechend geringer Sauerstoffzehrung bei der Baggerung auszugehen (vgl. auch GfL, Bioconsult & KÜFOG 2006). Bei der Baggerung sind daher - wenn überhaupt - auch nur geringe Auswirkungen auf die Schadstoffbelastungen der Schwebstoffe im Baggerbereich bzw. der Sedimente im Umfeld des Baggerbereiches möglich (ohnehin entspricht die Schadstoffbelastung von den bei der Unterhaltung üblicherweise bewegten frischen Sedimenten denen der Schwebstoffe). Allerdings wurden bei bestimmten Rahmenbedingungen (eher feines Substrat) auch bei Hopperbaggerungen ohne Überlauf gewisse Trübungswolken ermittelt (Hayes et al. 1984, genannt in Bioconsult 2011); Ausdehnung und Intensität sind hierbei in der Regel im unteren Teil der Wassersäule am höchsten.

Zur sicheren Vermeidung einer höheren Trübungsentwicklung sollte die derzeit übliche Praxis, dass bei Hopperbaggerungen von bindigem Sediment der Laderaum vor Baggerbeginn leer gepumpt und bei vollem Laderaum der Baggervorgang unmittelbar beendet wird (vgl. Kap. 2), verbindlich festgeschrieben werden.

Hopperbaggerungen sind technisch sowohl in der Unter- als auch in der Außenweser und sowohl bei sandigem als auch bei bindigem Material einsetzbar. Technische Beschränkungen bestehen bei konsolidierten feinkörnigen Sedimenten. Stengel (2006) beschreibt für die Unterweser auch Probleme bzgl. der Effektivität von Hoppereinsätzen bei kleinräumigen,

quer zum Fahrwasser orientierten Baggerfeldern (wie bei Riffelkuppen typisch). Aktuell ist das Verfahren in der Riffelstrecke nahezu komplett vom WI-Verfahren abgelöst worden.

### **5.2.2 Wasserinjektionsverfahren**

Das Wasserinjektionsverfahren (WI-Verfahren) ist in Kapitel 2 kurz beschrieben.

Grundsätzlich sind beim Wasserinjektionsverfahren wie auch beim Hopperverfahren direkte Verluste von Makrozoobenthos zu erwarten, weiterhin können Fischeier und Fischlarven mit dem Injektions-Wasser eingesaugt und evtl. in Riffeltälern mit Sediment überdeckt werden (bzgl. konkreteren Aussagen zu Auswirkungen in der Riffelstrecke siehe Kapitel 4.2). Die diesbezüglichen Auswirkungen werden als vergleichbar oder geringer eingeschätzt als beim Hopperverfahren.

Die Schallemissionen sind, wie bereits beschrieben, tendenziell geringer als bei der Hopperbaggerung. Lichtemissionen bei Einsatz in der Dunkelheit dürften prinzipiell ähnliche wie beim Hoppert zu erwarten sein, allerdings sind WI-Nachteinsätze in der Tideweser eher selten.

Wie bereits an anderer Stelle ausgeführt, haben Untersuchungen in zwei repräsentativen Gewässerabschnitten der Unterweser aus dem Jahr 2008 gezeigt, dass in den überwiegend sandigen Einsatzbereichen des WI-Gerätes in der Unterweser Erhöhungen der Trübung und des Schwebstoffgehalts nur über kurze Zeiträume und Entfernungen auftreten. Der Abtransport der durch das WI-Gerät mobilisierten sandigen Sedimente erfolgt sohnah in Hauptströmungsrichtung, die durch das WI-Gerät mobilisierten sandigen Sedimente lagern sich im Umkreis von ca. 50 m um die Baggerstellen (Dünenkuppen) in den angrenzenden Dünenflanken und Tälern ab (vgl. Kap. 2).

Insbesondere bezüglich der Trübungsentwicklung sind die genannten Untersuchungen allerdings nicht auf den Einsatz des WI-Verfahrens in Gewässerbereichen mit feinkörnigem Sediment übertragbar. Ergebnisse einer Literaturrecherche von Meyer-Nehls (2000) zeigten, dass bei zunehmendem Feinkornanteil Material stärker in die Wassersäule eingemischt wird, erhöhte Schwebstoffkonzentrationen jedoch nur über kurze Zeiträume und Entfernungen auftraten. Untersuchungen an der Ems bei einem WI-Einsatz im Vorhafen der Schleuse Herbrum mit feinkörnigem Sediment ergaben eine deutliche Zunahme des Schwebstofftransportes, der Trübung und einen deutlichen Rückgang der Sauerstoffsättigung über den gesamten WI-Zeitraum, auch an einige Kilometer stromab gelegenen Dauermessstationen waren Auswirkungen des WI-Einsatzes auf Schwebstoffgehalte/Trübung erkennbar (BfG 2010b).

Bezüglich der WSV-Unterhaltung in der Tideweser ist die WI-Umlagerung von Sedimenten mit hohen Schluffanteilen und damit hohen organischen Anteilen die Methode, die die größten lokalen Absenkungen des Sauerstoffgehaltes bewirken kann. Neben der Zusammensetzung des Baggergutes sind die Intensität, d. h. welche Mengen in welcher Zeit bewegt werden, von hoher Bedeutung, auch die Temperatur und die vorherrschenden Strömungsbedingungen, die die Einmischung des mobilisierten Materials bewirken, sind entscheidend.



Wird das WI-Verfahren in Bereichen mit feinkörnigen, schadstoffbelasteten Sedimenten eingesetzt, werden die schadstoffbelasteten Feinanteile der Sedimente zunächst zwar ortsnah verteilt, u. U. können diese jedoch relativ weiträumig verdriften. Allerdings ist zu beachten, dass das WI-Verfahren bei höheren Belastungen (Überschreitung relevanter Richtwerte aus HABAB oder GÜBAK bzw. zukünftig HABAG) ohnehin nicht eingesetzt wird. Je nach Menge der Feinanteile und Höhe der Schadstoffbelastungen der mit WI mobilisierten Sedimente kann sich die Schadstoffbelastung der ursprünglich vorliegenden Schwebstoffe bzw. der sich an anderer Stelle wieder sedimentierenden Feststoffe, verändern. Entsprechendes gilt für die ökotoxikologischen Wirkungen, die von den Schadstoffen ausgehen können. Bei Einsatz des WI-Verfahrens in der sandigen Riffelstrecke der Tideweser ist nicht mit relevanten Auswirkungen auf die Sedimentqualität zu rechnen. Denkbar ist eine Mobilisierung von Schadstoffen bei Baggerungen von Sedimenten im Bereich Bremen (km 6 - 8), in bestimmten Bereichen der Hunte und bei einer Unterhaltung von Nebenarmen, vor allem falls bei letzterer auch tiefer liegende, ältere Sedimente bewegt würden (vgl. Kap. 3.5).

Der Einsatz des WI-Verfahrens in feinkörnigen Bereichen durch die WSV ist bisher auf Unterhaltungsmaßnahmen in der Hunte, die Unterhaltung der Bauhäfen sowie auf die Unterhaltung der Schweiburg beschränkt. Für diese Anwendungen sollte es möglich sein, wie in Kap. 5.1.3 beschrieben geeignete Rahmenbedingungen zu beachten, um ökologische Auswirkungen durch Trübung und ggf. Sauerstoffzehrung zu minimieren (ausreichende Sauerstoffgehalte, niedrige Wassertemperaturen; für die Hunte gelten bereits entsprechende Empfehlungen vgl. Kap. 2.8). Alternativ könnte - z. B. falls doch eine Unterhaltung während sensibler Zeiten erforderlich ist - auch auf eine andere Baggertechnik ausgewichen werden, welche weniger Trübung induziert. Sofern Bereiche mit bindigem Sediment nicht regelmäßig unterhalten werden, ist ohnehin eine Einzelfallbetrachtung bzgl. geplanter Maßnahmen erforderlich.

Bezüglich der Unterhaltung von Dünenkuppen ist die Präzision und Effizienz des Verfahrens in der Unterweser mehrfach untersucht und bestätigt worden (siehe z. B. Stengel 2006). Bei einer Untersuchung zur Optimierung der Unterhaltungsbaggerung im Fintenlaichgebiet der Unterweser ergaben sich allerdings auch Hinweise, dass das WI-Verfahren bei langen flächenhaften Sohlstrukturen (wie sie auch in der Unterweser stellenweise anzutreffen sind) evtl. ineffizient sein könnte, sofern Übertiefen, in denen sich das mobilisierte Sediment absetzen kann, im Nahbereich fehlen (WSA Bremen 2012).

Das WI-Verfahren ist - insbesondere da der Transport von Sediment im Schiffsladeraum zur Umlagerungsstelle entfällt - in der Regel ein vergleichsweise kostengünstiges Verfahren. Technisch ist es sowohl in sandigen als auch in bindigen Bereichen einsetzbar. Die Bewertung des Einsatzes aus ökologischer Sicht ist wie dargestellt unterschiedlich, in der sandigen Riffelstrecke der Unterweser insgesamt positiv. In der Außenweser, wo ebenfalls abschnittsweise Riffelstrecken ausgebildet sind, kann das WI-Verfahren bisher aus seegangstechnischen Gründen nur sehr begrenzt eingesetzt werden (vgl. Kap. 2), häufig ist die Dünnungskompensation nicht ausreichend, um befriedigende Ergebnisse zu erzielen.

### **5.2.3 Zeitliche Aspekte (Beschränkung der Baggerungen auf bestimmte Tidephasen und Tageszeiten)**

Wie die Darstellung der Baggerzeiten in Anhang V zeigt, würden Beschränkungen der Unterhaltungsbaggerungen auf bestimmte Tidephasen einen drastischen Einschnitt in die bisherige Unterhaltungspraxis bedeuten (es wären zusätzliche An- und Abfahrten und u. U. der Einsatz zusätzlicher Bagger erforderlich). Bezüglich des Hoppereinsatzes, bei dem der 24-h-Betrieb üblich ist, gilt dies auch für eine Beschränkung auf bestimmte Tageszeiten; aber auch bei der WI-Unterhaltung hat es, wie Anhang V zeigt, in der Vergangenheit durchaus Nachteinsätze gegeben.

In speziellen Abschnitten könnte eine Beschränkung zur Berücksichtigung ökologisch sensibler Tageszeiten/ökologisch optimaler Tidephasen sinnvoll sein.

Wie bereits in Kapitel 5.1.3 erwähnt, findet die Neunaugenwanderung (nahezu ganzjährig) vorwiegend nachts statt; in der Regel steht jedoch uferseitig ausreichend Raum für die Fortsetzung von Wanderungen zur Verfügung (vgl. Kap. 4.2). Durch einen Verzicht auf nächtliche Baggerungen könnten auch Störungen durch Lichtemissionen ausgeschlossen werden; allerdings sind die Baggerschiffe nicht speziell beleuchtet und damit auch nicht heller als andere Schiffe. Insgesamt werden die spezifischen Auswirkungen von Nachteinsätzen in der Tideweser als so gering eingeschätzt, dass eine Änderung der derzeitigen Praxis nur angemessen scheint, wenn sie mit sehr geringem Mehraufwand möglich ist. Im Planfeststellungsbeschluss zur geplanten Weseranpassung ist für den Streckenabschnitt km 8 bis 55 eine diesbezügliche Vorgabe enthalten.

Zur Reduzierung des möglichen Eintrags von Schwebstoffen in Seegraswiesenbestände wäre prinzipiell eine Konzentration von Baggerungen in der Außenweser stromauf km 110 auf die Ebbephase denkbar, da dann das Wasser von den hoch gelegenen Seegraswiesen abläuft. Allerdings wird die Trübungsentwicklung im Bereich der Baggerstelle bei der Hopperbaggerung ohnehin als sehr gering eingeschätzt (vgl. Kap. 5.2.1, zur Diskussion möglicher Einschränkungen der Unterhaltung zugunsten von Seegras siehe auch Kap. 5.1.3).

Denkbar ist auch eine gezielte Unterhaltung während bestimmter Tidephasen zur Optimierung des Unterhaltungserfolgs (Räumung von Sedimenten könnte evtl. durch Ausnutzen der Ebbephase verbessert werden) oder hinsichtlich der Trübungswerte (z. B. gezielte Unterhaltung in Tidephasen mit geringer Trübung, um die maximalen Trübungswerte nicht zu erhöhen, oder aber gerade dann nicht, um trübungsarme Phasen zu erhalten). Derzeit ist allerdings in der Tideweser keine Problematik bekannt, zu deren Lösung dies relevant beitragen würde. Bezüglich des WI-Einsatzes in der Tidehunte wird bereits die Empfehlung berücksichtigt, dass diese möglichst bei voll entwickeltem Ebbstrom erfolgen soll (vgl. Kap. 2.8, Abschnitt „Unterhaltungstechnik“).

### 5.3 Optimierung der Unterbringung von Baggergut

Während der Ort einer Unterhaltungsbaggerung durch das Ziel der Beseitigung einer dort entstandenen Mindertiefe vorgegeben ist, besteht hinsichtlich der Unterbringung des Baggerguts größere Freiheit und damit mehr Optimierungspotenzial. Im Fall des WI-Verfahrens, welches aktuell die vorherrschende Unterhaltungsmethode in der Riffelstrecke der Unterweser ist, wird die Unterbringung allerdings durch das Baggerverfahren bestimmt.

Eine möglichst ortsnahe Unterbringung von Baggergut ist im Normalfall sowohl aus ökologischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen anzustreben. Aus rein ökonomischer Sicht dient sie der Minimierung der Transportkosten. Lediglich im Fall von Baggerkreisläufen (d. h. wenn das umgelagerte Baggergut erneut in Bereiche transportiert wird und dort sedimentiert, in denen Mindertiefen entstehen, und somit mehrfach gebaggert werden muss) führt die ortsnahe Umlagerung u. U. zu Mehrkosten. Aus ökologischer Sicht führt die ortsnahe Umlagerung zur geringsten Veränderung des Sedimenthaushalts. Auch die Änderung der Sedimentqualität, d. h. der Schadstoffbelastungen und der ökotoxikologischen Wirkungen, ist bei einer ortsnahen Umlagerung am geringsten (siehe Kap. 4.2). Die Minimierung des Transports mit entsprechenden Emissionen und Störungen ist auch aus naturschutzfachlichen Gründen anzustreben.

Aus ökologischen Gründen ist weiterhin zu beachten, dass die Unterbringung des Baggerguts zu möglichst geringen Beeinträchtigungen, eventuell sogar zu positiven Effekten an der Umlagerungsstelle führt. Dementsprechend sollte in Bereiche umgelagert werden, deren Sedimente eine ähnliche Korngrößenstruktur aufweisen und keine Umlagerung in ökologisch sensible, besonders wertvolle Bereiche erfolgen. Insbesondere im Fall von feinkörnigem Baggergut sind mögliche Beeinträchtigungen durch Trübungsentwicklung, Sauerstoffzehrung, Nährstofffreisetzung und Schadstoffe im Umfeld der Umlagerungsstelle mit zu betrachten.

Zu unterscheiden und ggf. aus ökologischer Sicht abzuwägen ist zwischen einer Strategie, welche die Umlagerung auf wenige Unterbringungsstellen konzentriert, an denen auch ein möglichst großer Teil des Sediments verbleibt, und einer weiträumigeren Verteilung des umzulagernden Sediments. Im ersten Fall sind insgesamt nur kleine Bereiche durch Auswirkungen der Umlagerung betroffen, dafür aber in stärkerem Umfang, der zweite Fall bewirkt großräumigere Auswirkungen sehr viel geringerer Intensität.

Grundsätzlich sinnvoll ist eine Nutzung des gebaggerten Sediments. Im Fall der in früheren Jahren in großem Stil praktizierten Nutzung als Baumaterial ist allerdings zu beachten, dass das Material dem System entnommen wird. Weitere Möglichkeiten der Nutzung sind - wie bereits praktiziert - die Bekämpfung von Erosionstendenzen, insbesondere im Umfeld von Strombauwerken, sowie die Ufersicherung mittels Sandvorspülungen. Im Rahmen der erweiterten WSV-Aufgabe wasserwirtschaftliche Unterhaltung sind auch Möglichkeiten der Förderung von Strukturvielfalt durch die Nutzung von Baggergut auszuloten. Für stärker belastete Sedimente stellt grundsätzlich auch die Entnahme aus dem System zur Reduzierung von Schadstoffen im Gewässer eine Option dar. Sofern umgelagertes Sediment dem

Gewässer entnommen werden soll, ist die Unterscheidung Verwendung-Verwertung-Beseitigung relevant; Ausführungen hierzu finden sich in der HABAB (2000) oder zukünftig in der HABAG.

In den folgenden Unterkapiteln sind die angesprochenen Punkte näher ausgeführt.

### **5.3.1 Diskussion der vorhandenen Unterbringungsstellen**

Nach IBP Weser werden unter anderem folgende Punkte aus Sicht von Natura 2000 als wesentlich für ein Sedimentmanagementkonzept eingeschätzt (NLWKN & SUBV 2012, Maßnahme I-8, vgl. Anhang IX):

- > Prüfung der Verteilung von Baggergut im Ästuar ebenso unter ökologischen wie unter morphologischen und hydrologischen Aspekten, weicher Strombau
- > differenzierter Umgang mit dem gebaggerten Sediment je nach Art und Menge des Materials, je nach Umlagerungsfrequenz, Größe der Umlagerungsstelle, hydrographischen und morphologischen Bedingungen an der Umlagerungsstelle, natürlicher Schwebstoffkonzentration an der Umlagerungsstelle, Art der anstehenden Sedimente, vorhandener Besiedlung und Regenerationskapazität
- > ausgeglichene Sedimentbilanzen
- > weitere Optimierung der Wahl der Umlagerungsorte durch Identifizierung und Schonung sensibler Bereiche (insbes. biogene Hartsubstratstrukturen)

Wie in Kapitel 2 dargestellt wurden die Standorte der Unterbringungsstellen (vgl. z. B. Abbildung 4.2-2) so gewählt, dass mit der Umlagerung des Sediments zugleich die Stabilisierung von Strombauwerken oder auch vorhandener Prielstrukturen u. ä. unterstützt werden konnte. Im Fall der Unterweser-Unterbringungsstellen soll auch einer generellen Eintiefung der Sohle entgegengewirkt werden (in den 1980er Jahren zu beobachtender Trend, vgl. Institut für Wasserbau (2006)). Insofern kann man die Umlagerung auf den derzeit genutzten Unterbringungsstellen durchaus als „weichen Strombau“ bezeichnen. Dass die Unterbringungsstellen auch in der gewünschten Weise morphologisch wirksam sind, wurde von den WSÄ Bremerhaven und Bremen untersucht (vgl. insbes. WSA Bremerhaven 2007a). Zur Bewertung von ökologischen Auswirkungen der Umlagerung auf die Unterbringungsstellen wurden - allerdings schon vor längerer Zeit - HABAB/K-Untersuchungen durchgeführt und Auswirkungsprognosen nach HABAB/K erstellt (vgl. BfG (1999) zu K1 bis K6 in der Außenweser, BfG (2001) zu den Unterweser-Unterbringungsstellen und WSA Bremerhaven (2003b) für T1 bis T3), nach denen eine Umlagerung aus ökologischer Sicht akzeptabel erscheint. Teile von zwei vorgesehenen Unterbringungsstellen wurden aufgrund der genannten Untersuchungen ausgespart. Allerdings sind regelmäßige Untersuchungen der Unterbringungsstellen, z. B. hinsichtlich der Besiedlung, nicht im vorgesehenen Umfang erfolgt (letzte Untersuchungen bzgl. der Tiefwasser-Unterbringungsstellen vgl. Bioconsult 2006 a+b, bzgl. der übrigen Außenweser-Unterbringungsstellen Bioconsult 2002).

Eine darüber hinausgehende ökologische Optimierung/Prüfung der Unterbringungsstellen hängt sehr stark an der Bewertung der durch sie stabilisierten Strombauwerke (vgl. Kap. 5.1.4) und kann daher erst in Verbindung mit einem integrierten Strombaukonzept abschlie-

ßend erfolgen. In einigen Fällen wird zugleich die Stabilisierung natürlicher Strukturen bewirkt, so dass sich auch bei der rein ökologischen Bewertung u. U. der Eingriff in die natürliche Dynamik und die Stabilisierung von auch naturschutzfachlich sehr wertvollen Strukturen gegenüberstehen. Dies betrifft, wie in Kap. 2 dargestellt, einige Unterbringungsstellen, u. a. die Unterbringungsstelle T1 (Stabilisierung Befüllungs- und Entwässerungssystem auf dem Langlütjensand). Eine Übersichtstabelle zu morphologischen Aspekten der einzelnen Unterbringungsstellen findet sich in Anhang VIII.

Die Beschickung der Unterbringungsstellen erfolgt bereits - wie im IBP gefordert - differenziert nach Art des Materials sowie zusätzlich nach Tidephase (vgl. Kapitel 2). Bei Flut wird bindiges Material weiter außerhalb im Ästuar untergebracht als bei Ebbe.

Grundsätzlich differenziert wird, wie bereits beschrieben, bei der Unterbringung von Baggergut aus der Schlickstrecke bei Nordenham - sandiges Material wird auf den Unterweser-Unterbringungsstellen umgelagert, bindiges Material auf Außenweser-Unterbringungsstellen. Hierdurch sollen einerseits die Materialentnahme aus der Unterweser, andererseits mögliche negative Auswirkungen durch die Umlagerung von feinkörnigem Sediment minimiert werden (z. B. höhere Stabilität des Sauerstoffhaushaltes in der Außenweser, Vermeidung der Anreicherung von Feinsedimenten, Minimierung von Kreislaufbaggerungen). Dies erscheint insgesamt ökologisch/naturschutzfachlich sinnvoll, auch wenn bezüglich einzelner Aspekte (Schadstoffbelastung/ökotoxikologische Wirkungen, Umlagerung in Bereichen mit ähnlichem Substrat, minimale Transportwege) eine ortsnähere Unterbringung der Feinsedimente zunächst günstiger bewertet werden könnte.

Nach Menge und Umlagerungsfrequenz wird bisher nicht unterschieden, allerdings wurden die Tiefwasserunterbringungsstellen neu eingerichtet, um ausreichende Kapazitäten sicherzustellen bzw. eine zu starke Nutzung der anderen Unterbringungsstellen zu vermeiden.

Die Unterbringungsstellen liegen entlang der Fahrrinne, so dass weite Transportwege und damit relevante Eingriffe in die großräumige Sedimentbilanz (abgesehen vom Material aus der Schlickstrecke) vermieden werden.

Bei den bisherigen, allerdings nicht ganz aktuellen Untersuchungen wurden zwar durchaus auch seltenere Makrozoobenthos-Arten festgestellt, jedoch keine derart besonderen Vorkommen oder Strukturen, dass die Verlegung einer Unterbringungsstelle angezeigt erscheint. Nahe der Unterbringungsstelle T1 befindet sich eine Miesmuschelansiedlung (WSA Bremerhaven 2003b, Bioconsult 2006a), im Bereich von K1 wurden Steine mit Miesmuscheln gefunden. Es ist wahrscheinlich, dass die Steine auf K1, welche Haftgrund für die Muscheln darstellen, tatsächlich durch die Umlagerung von Baggergut in den Bereich der Unterbringungsstelle gelangt sind und sich dort gewissermaßen angereichert haben (feines Material verdriftet, Steine bleiben eher liegen). Insofern kann hier nicht von einer Beeinträchtigung durch die Baggergutunterbringung gesprochen werden. Auch bezüglich der Miesmuschel-Ansiedlung in einem Kolk nahe T1 wurden bei bisherigen Untersuchungen keine nachweisbaren Auswirkungen der Umlagerung festgestellt. Insofern erscheint eine (Teil-)Herausnahme von Unterbringungsstellen aus der Nutzung zur Schonung von Miesmuschelbeständen

aktuell nicht geboten. Allerdings sollte das Makrozoobenthos der genannten Bereiche, wie nach WSA Bremerhaven (2003b) vorgesehen, regelmäßig untersucht und die Umlagerung im Fall von deutlichen Veränderungen des Miesmuschelbestands ggf. nochmals überprüft werden. Seitens NLWKN wird aufgrund neuerer noch unveröffentlichter Untersuchungen die ökologische Wertigkeit des Bereichs der Unterbringungsstelle T3 sehr hoch eingeschätzt (NLWKN mdl.). Insofern sollte hier, sobald eine aktuelle Bestandserfassung vorliegt, unter Einbeziehung des NLWKN geprüft werden, ob Anpassungen der Nutzung der Unterbringungsstelle sinnvoll und möglich sind. Zusätzliche Untersuchungen zur Verdriftung des umgelagerten Materials von den Unterbringungsstellen K1, T1 und T3 erscheinen in diesem Zusammenhang ebenfalls sinnvoll. Im Fall der - ggf. auch nur versuchsweisen - Einstellung der Nutzung einer Unterbringungsstelle müssten die erhofften positiven Entwicklungen gegen mögliche negative Effekte (intensivere Nutzung, ggf. auch Neueinrichtung anderer Unterbringungsstellen, Verzicht auf die stabilisierende Funktion der Unterbringungsstelle, evtl. weitere Transportwege) abgewogen werden.

Die Morphodynamik ist an allen Unterbringungsstellen hoch, das umgelagerte Material wird größtenteils schnell verdriftet. Genaueres zu Verdriftungspfaden und vor allem -entfernungen ist allerdings kaum bekannt. Zusätzliche Untersuchungen zu Verdriftungswegen von den Unterbringungsstellen wären hilfreich, um abgesichertere Aussagen zu möglichen Auswirkungen auf umliegende Bereiche sowie zum Wiedereintritt in zu unterhaltende Fahrrinnenbereiche machen zu können.

Beispielsweise lässt sich, wie in Kapitel 4.2 beschrieben, beim derzeitigen Kenntnisstand nicht gänzlich ausschließen, dass (potenzielle) Seegrasstandorte auf der Burhaver und Waddenser Plate durch umgelagertes bindiges Material erreicht werden könnten (beträfe insbesondere Umlagerungen bei Flut auf K3 und T2; relevant wäre besonders die Zeit von April bis Oktober). Ein vorsorglicher Verzicht auf die Nutzung der genannten Unterbringungsstellen bei Flut erscheint jedoch nicht angemessen und in der Gesamtbetrachtung auch aus ökologischer Sicht kaum anzustreben (neue, weiter außerhalb gelegene Unterbringungsstelle erforderlich).

Eine grundsätzliche Alternative zur Umlagerung des Baggerguts auf Unterbringungsstellen ist eine dezentrale Unterbringung in der Nähe des jeweiligen Baggerbereichs, um deutlichere Auswirkungen auf festgelegten Umlagerungsstellen zu vermeiden. In diesem Fall sind Voruntersuchung und Monitoring der Unterbringungsgebiete zur Vermeidung von Auswirkungen auf besondere Strukturen allerdings nicht möglich. Da das umgelagerte Material von den Außenweser-Unterbringungsstellen überwiegend recht schnell verdriftet, handelt es sich letztlich auch bei der derzeitigen Praxis weniger um eine Konzentration der umgelagerten Mengen, sondern eher um eine großräumige Verteilung.

### **5.3.2 Ökologische Vor- und Nachteile des Sedimentverbleibs beim WI-Verfahren**

Beim WI-Verfahren erfolgt der Wegtransport des mobilisierten Sediments mit der fließenden Welle. Wo das Material anschließend wieder sedimentiert, hängt von der Art des Materials,

insbesondere den Korngrößen, den lokalen Gegebenheiten sowie u. U. auch der Tidephase, während der unterhalten wurde, ab (vgl. auch Kap. 5.2.2).

Insbesondere bei sandigem Material kann wie beschrieben von einem relativ ortsnahen Verbleib des Baggerguts ausgegangen werden. Umfangreiche Untersuchungen zum WI-Verfahren in der Riffelstrecke der Unterweser haben gezeigt, dass hier das mobilisierte, überwiegend mittelsandige Material bei annähernd mittleren Tideverhältnissen im Umkreis von 50 m um die Abtragsfläche (Dünenkuppen) in den angrenzenden Dünenflanken und Tälern herum sedimentiert, mit Schwerpunkt in Strömungsrichtung (Piechotta 2011, BfG 2011b, vgl. auch Kap. 2 und 5.2.2). Die weitere Auswertung der o. g. Untersuchungen hat ergeben, dass die Ablagerungsflächen in den untersuchten Bereichen in etwa der zweifachen Größe der Baggerbereiche entsprechen (WSA Bremen mdl.).

Die ortsnaher Ablagerung ist aus ökologischer Sicht - sofern keine besonderen Strukturen betroffen sind (was in der Unterweser zumindest nach bisherigem Kenntnisstand nicht zu erwarten ist) - positiv zu bewerten, da so der Eingriff in den Sedimenthaushalt minimal ist und ggf. mit umgelagerte Organismen ähnliche Bedingungen vorfinden (allerdings können andere Auswirkungen des WI-Verfahrens insgesamt zu einer ungünstigen ökologischen Beurteilung führen, vgl. Kap. 5.2.2 bzgl. der Anwendung bei feinkörnigen Sedimenten). Auch im Fall von schadstoffbelasteten feinkörnigen Sedimenten und den damit verbundenen potenziellen ökotoxikologischen Wirkungen ist eine ortsnaher Unterbringung in der Regel von Vorteil, da die schadstoffbelasteten Sedimente eher in ähnlich belastete Gebiete gelangen als bei einer Unterbringung in großen Entfernungen (allerdings können Feinfraktionen beim WI-Verfahren u. U. auch relativ weiträumig verdriften, vgl. Kap. 5.2.2). Grundsätzlich können bei ortsnaher Umlagerung unter entsprechenden Rahmenbedingungen Baggerkreisläufe entstehen.

Grundsätzlich ist beim WI-Verfahren zumindest zum Zeitpunkt der Umlagerung von einer weniger konzentrierten Ablagerung auszugehen als bei der Umlagerung auf einer Unterbringungsstelle. Auch von vielen Unterbringungsstellen wird das Baggergut, wie im vorigen Unterkapitel beschrieben, jedoch nach kurzer Zeit verdriftet. Durch die weniger konzentrierte Ablagerung sind grundsätzlich größere Flächen, allerdings in deutlich geringerem Maße betroffen (Auswirkungen insbesondere hinsichtlich morphologischer Strukturen und Schädigungen von Organismen durch Überdeckung). Im Fall der Unterweser, wo festgestellt wurde, dass das mobilisierte Material nicht in Seitenbereiche gelangt, sondern in der ohnehin sehr dynamischen Rinne verbleibt, dürfte dies zumindest nicht negativ, evtl. sogar tendenziell positiv zu bewerten sein.

Im Gegensatz beispielsweise zur Hopperbaggerung besteht beim WI-Verfahren nicht die Möglichkeit, aufgenommenes Sediment z. B. für Sandvorspülungen oder weichen Strombau zu nutzen. Auch die Option, hoch belastete Sedimente ganz aus dem System zu entfernen und z. B. an Land unterzubringen, ist beim WI-Verfahren nicht gegeben.

### **5.3.3 Zeitliche Aspekte (Tidephasen, Oberwasser)**

Wie in Kapitel 2 beschrieben gibt es für die Beschickung der Außenweser- Unterbringungsstellen bereits feste Vorgaben bezüglich der Tidephase, häufig differenziert nach sandigem und bindigem Sediment. Hierdurch sollen die an den verschiedenen Unterbringungsstellen gewünschten Effekte optimiert sowie mögliche Beeinträchtigungen und Baggerkreisläufe minimiert werden.

An der Tideelbe wird der Einfluss von hohem und niedrigem Oberwasserabfluss bei der Baggergutumlagerung und ggf. eine dementsprechende Wahl der Unterbringungsstelle in Abhängigkeit vom Oberwasser diskutiert. Hoher Oberwasserabfluss fördert den Transport der umgelagerten Sedimente (bei feinkörnigen Sedimenten inkl. ihrer Schadstofffracht) in Richtung See. Bei einer Umlagerung von Baggergut bei niedrigem Oberwasser ist in Bereichen der Tideelbe dagegen mit einem tendenziell höheren Stromauftransport der umgelagerten Sedimente oder zumindest deren Feinanteile zu rechnen; hierdurch können Baggerkreisläufe entstehen oder verstärkt werden (BfG 2008). In der Tideweser gibt es bisher keine Hinweise auf ausgeprägte Baggerkreisläufe, der Stromauftransport von Sedimenten ist sehr viel geringer als in der Tideelbe. Insofern erscheint eine nach Oberwasserverhältnissen differenzierte Wahl des Unterbringungsortes hier aktuell nicht erforderlich.

### **5.3.4 Möglichkeiten der Nutzung von Baggergut zur Ufersicherung (Sandvorspülungen)**

Im Maßnahmenblatt I-8 des IBP Weser zum Sedimentmanagementkonzept (siehe Anhang IX) wird die Nachahmung natürlicher Dynamik z. B. durch Ufervorspülungen, die die Entstehung von Primärhabitaten simulieren, ausdrücklich als wesentlicher Punkt aus Sicht von Natura 2000 benannt. Auch im Unterhaltungsplan für den Unterweserbereich Höhe Strohauser Plate (WSA Bremerhaven & BfG 2008) werden die Strände im Bearbeitungsgebiet, auch wenn sie möglicherweise ursprünglich anthropogen entstanden sind, als sehr hochwertig eingeschätzt.

Wie in Kapitel 2.7.3 beschrieben erfolgt der Uferschutz an der Unterweser zwischen km 23,5 und km 40 weitestgehend durch Strandvorspülungen. Ab 2002 wurden deutlich weniger Strandaufspülungen durchgeführt als in den Jahren zuvor. Die letzte Strandvorspülung im Bereich der Unterweser hat 2006 auf dem Elsfl ether Sand stattgefunden. Für das Jahr 2013 sind Ufervorspülungen in den Bereichen Schierlohstrand/Brake und Käseburger Siel vorgesehen (WSA Bremen, mdl. Mitteilung).

Die Reduzierung von Strandvorspülungen hängt mit der Umstellung der Baggertechnik auf das WI-Verfahren zusammen und damit, dass - mit dem Ziel, Strandvorspülungen nachhaltiger zu gestalten - bei Aufrechterhaltung der Uferschutzfunktion im Vergleich zu früher weniger steile und damit weniger erosive Strandprofile angestrebt werden (WSA Bremen, mdl. Mitteilung). Infolgedessen sind an einigen Stränden teilweise Abstrandungen und Uferabbrüche erkennbar, die zu Verlusten an Ufervegetation führen, den Uferschutz jedoch nicht gefährden (WSA Bremen, mdl. Mitteilung). Im Unterhaltungsplan für den Bereich km 44 bis km 52 wird eine Abnahme der Strandfläche in den letzten Jahren beschrieben (WSA Bremerhaven & BfG 2008).



Sandvorspülungen stellen an geeigneten Uferbereichen eine Möglichkeit dar, mit sandigem Baggergut naturnahe Habitate zu schaffen. Insbesondere sind sie dort sinnvoll, wo eine Ufersicherung erforderlich ist, aber konventionelle Sicherungen durch regelmäßige Ufervorspülungen ersetzt werden können.

Auch wenn die entstehenden Strände naturschutzfachlich sehr wertvoll sind, sollte bedacht und in unklaren Fällen auch überprüft werden, welche ebenfalls naturschutzfachlich wertvollen Strukturen und Arten möglicherweise durch eine Sandvorspülung geschädigt werden können. In Bereichen, in denen möglicherweise ganz auf eine Ufersicherung verzichtet werden könnte (an der insgesamt sehr eng begrenzten Unterweser höchstens Einzelfälle), ist die Sicherung oder Entwicklung naturnaher Strände und ggf. dahinter liegender Vegetationsbestände gegen das Zulassen natürlicher Dynamik, möglicherweise auf Kosten bestehender wertvoller Habitate, abzuwägen. Vor diesem Hintergrund ist es durchaus auch denkbar, dass eine (erneute) Sandvorspülung aus ökologischen Gründen bereits wünschenswert ist, bevor sie aus verkehrlichen Gründen erforderlich wird. Insofern ist ein Informationsaustausch, evtl. auch eine Zusammenarbeit mit Wasserwirtschafts- (bzgl. WRRL) und Naturschutzbehörden zu geplanten und möglichen Bereichen für Sandvorspülungen sinnvoll.

Da für die Uferaufspülungen Material aus der Fahrrinnenunterhaltung verwendet wird, ist auch bei ökologisch motivierten Aufspülungen ein klarer Bezug zur verkehrsbezogenen Unterhaltung gegeben, so dass die Durchführung durch die WSV im Rahmen der wasserwirtschaftlichen Unterhaltung meist unproblematisch sein dürfte (vgl. BMVBS 2010).

Bei Recherche und Diskussion zum vorliegenden Sedimentmanagement wurden keine zusätzlichen Bereiche identifiziert, an denen Ufervorspülungen eine Alternative zu klassischem Uferschutz darstellen. Eine systematische Betrachtung aller Uferstrecken war in diesem Rahmen allerdings auch nicht möglich; dies sollte im Rahmen des nach IBP Weser vorgesehenen Ufersicherungskonzepts erfolgen. Sofern umfangreichere Arbeiten an festen Ufersicherungen durch die WSV erforderlich werden, ist vor dem Hintergrund der erweiterten WSV-Aufgabe „wasserwirtschaftliche Unterhaltung“ grundsätzlich zu prüfen, ob Sandvorspülungen (oder auch andere ökologische Ufersicherungen) eine Alternative darstellen.

In Bereich der Außenweser sind keine Ufervorspülungen bekannt, hier sind sie technisch kaum durchführbar, insbesondere weil man mit größeren Geräten das Ufer nicht erreichen kann.

### **5.3.5 Möglichkeiten zur Sicherung/Förderung von Strukturvielfalt durch Nutzung von Baggergut (oder gezielte Unterhaltungsbaggerungen)**

Im Rahmen der erweiterten Aufgabe „wasserwirtschaftliche Unterhaltung“ zählt nun in bestimmten Fällen auch die aktive Erreichung ökologischer Zielstellungen zu den Aufgaben der WSV (vgl. BMVBS 2010). Hierbei ist nach BMVBS (2010) grundsätzlich eine

Verbindung von verkehrsbezogenen hoheitlichen und wasserwirtschaftlichen Aufgaben anzustreben.

Bezüglich der Unterhaltungsbaggerung stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob Baggergut möglicherweise gezielt zur Schaffung von (eventuell auch nur temporären) Strukturen im Gewässer genutzt werden kann. Ein Beispiel für die Entwicklung naturnaher Uferstrukturen sind die im vorigen Unterkapitel behandelten Sandvorspülungen.

Die Möglichkeiten für solche Maßnahmen im Gewässer sind allerdings stark begrenzt durch die fehlenden räumlichen Voraussetzungen speziell in der Unterweser. Sinnvoll wäre insbesondere die Schaffung/Entwicklung von aktuell in der Tideweser unterrepräsentierten Flachwasserzonen.

Denkbar sind entsprechende Maßnahmen eventuell in Bühnenfeldern (bzgl. Nebenarme siehe Kapitel 5.4.1). Hier könnten beispielsweise vorübergehend inselartige Aufschüttungen erfolgen. Tiefere Bereiche, die man durch Aufspülungen zumindest temporär in Flachwasserbereiche umwandeln könnte, finden sich in den Bühnenfeldern allerdings nahezu nur im Übergang zur Fahrrinne; hier sind aufgrund der Strömungsexposition eine schnell einsetzende Erosion und - im Vergleich zu anderen Flachwasserbereichen - eingeschränkte ökologische Funktionen zu erwarten.

Im Sinne einer ökologischen Gestaltung ist demnach vermutlich eher eine Teilräumung von zugeschlickten Bühnenfeldern anzustreben als die dortige Unterbringung von Baggergut. Hierdurch würden auch (in geringem Maße) zusätzliche Sedimentations- und Retentionsräume entstehen. In diesem Fall ist die Verbindung zur verkehrsbezogenen (Fahrinnen-) Unterhaltung (und somit die Priorität in der Aufgabenerledigung der WSV) allerdings eher gering.

Bei einer gezielten Gestaltung muss der angestrebte Zustand gegen die Wertigkeit des Ist-Zustands und Störungen in der Herstellungsphase abgewogen werden, auch Schadstoffgehalte und ökotoxikologische Wirkungen des bewegten Sediments müssen ggf. berücksichtigt werden. Im Fall einer Gestaltung von Bühnenfeldern im Tidebereich sind die Unsicherheiten hinsichtlich der Wertigkeit und Stabilität von geschaffenen Strukturen groß.

Eine mit Naturschutzbehörden abgestimmte, versuchsweise Gestaltung/Teilräumung weniger Bühnenfelder, begleitet von Untersuchungen insbesondere zu Strömungsgeschehen/Morphologie, Makrozoobenthos und Fischen, wäre interessant und im Kontext der „wasserwirtschaftlichen Unterhaltung“ durchaus vielversprechend.

Weitere Hinweise von Landesbehörden oder Naturschutzverbänden, wo die Entwicklung von Gewässerstrukturen durch Baggergut sinnvoll und möglich sein könnte, sind willkommen.

### **5.3.6 Möglichkeiten der Nutzung von Baggergut zur Dämpfung der Tideenergie**

Wie eingangs ausgeführt (s. Kapitel 1) ist das vorliegende Konzept auf die Betrachtung von Unterhaltungsbaggerungen und die hiermit verbundene Baggergutunterbringung beschränkt. So ist beispielsweise die Schaffung von binnendeichs gelegenen Retentionsräumen ausdrücklich ausgenommen. Insofern erscheint ein Beitrag hier betrachteter Handlungsoptionen zur Dämpfung der Tideenergie eher unrealistisch, auch wenn dies im IBP Maßnahmenblatt unter Begründung der Maßnahme „Sedimentmanagementkonzept“ genannt wird (NLWKN & SUBV 2012, Maßnahme I-8, vgl. Anhang IX).

Eine deutliche Beeinflussung von Tidekennwerten ist nur durch umfangreiche, das System stark verändernde Maßnahmen denkbar. Diese dürften zum einen per se als planfeststellungspflichtiger Ausbau (im Gegensatz zur Unterhaltung) zu betrachten sein, zum anderen müssen hier unbedingt auch negative Auswirkungen durch die Maßnahmen analysiert und mitbetrachtet werden.

Neben der Schaffung von Retentionsräumen, die naturschutzfachlich häufig auch aus anderen Gründen sinnvoll sein dürften (z. B. Schaffung von Flachwasserzonen), sind z. B. Unterwasserablagerungsflächen als Dämpfungsbauwerke und evtl. eine Modifizierung des Bühnensystems denkbare Optionen. Erfolgsaussichten solcher Maßnahmen bzgl. der Tidekennwerte und weitere Auswirkungen könnten im Rahmen eines Integrierten Strombaukonzepts betrachtet werden (hierbei sollte in jedem Fall die BAW beteiligt sein).

### **5.3.7 Nutzung von Baggergut als Baustoff**

Wie in Kapitel 2 dargestellt haben in der Vergangenheit in großem Umfang Sandentnahmen für Baumaßnahmen stattgefunden.

Betrachtet man Baggergut als Material, das anfällt und „entsorgt“ werden muss, so erscheint die Nutzung als Baumaterial eine optimale Lösung. Tatsächlich werden bei Sandentnahmen denkbare negative Auswirkungen an den Umlagerungsstellen vermieden.

Sandentnahmen stellen allerdings einen Eingriff in die Sedimentbilanz dar, dem Gewässersystem wird Material entzogen. Dies ist aus ökologischer Sicht in der Regel negativ zu bewerten (vgl. u. a. IBP Weser (NLWKN & SUBV 2012)), insbesondere auch vor dem Hintergrund des prognostizierten Meeresspiegelanstiegs (Materialbedarf für Mitwachsen von Watten und Gewässersohle).

Aus diesem Grund sollten Sandentnahmen möglichst vermieden werden. In jedem Fall ist jeder Einzelfall kritisch zu prüfen.

### **5.3.8 Baggergutentnahme aus dem System zur Verbesserung der Schadstoffsituation**

In Fällen, in denen aufgrund der Schadstoffbelastung eine Unterbringung des Baggerguts im Gewässer nach HABAB ausgeschlossen ist, bleibt nur die Landunterbringung als Alternative. Dies war bei der Unterhaltung der WSV im Bereich der Tideweser bisher nur bei einzelnen Maßnahmen an der Hunte erforderlich. Nach GÜBAK (Geltungsbereich stromab km 58; ebenso in der in Bearbeitung befindlichen HABAG) ist bei Überschreitung entsprechend kritischer Richtwerte eine Einzelfallprüfung vorgesehen. Dieser Fall ist an der Tideweser bisher nicht eingetreten.

Da die Unterhaltungsbaggermengen in den genannten Bereichen gering sind, ist durch die Entnahme des Baggergutes wahrscheinlich nur eine geringfügige Verbesserung der Belastungssituation möglich, vor allem hinsichtlich der Gehalte der PCBs, PAKs und der TBT-Verbindungen.

Theoretisch denkbar ist darüber hinaus eine „freiwillige“ vorsorgliche Landunterbringung von gebaggertem Sediment, dessen Belastung die RW2 nach HABAB/GÜBAK (bzw. zukünftig HABAG) nicht überschreitet. Neben den sehr hohen Kosten ist allerdings auch der ökologische Nutzen hierbei fraglich. Bei der Bewertung der Landunterbringung von schadstoffbelasteten Sedimenten ist zu bedenken, dass dem Gewässersystem Material entnommen wird (Störung der Sedimentbilanz), außerdem wird Landfläche für die Deponierung/Behandlung verbraucht (ggf. zusätzlich für die Kompensation der Anlage für Deponie oder Behandlung) und es entstehen u. U. belastete Abwässer, die gereinigt werden müssen. Dem muss als Rechtfertigung ein entsprechender Nutzen bzw. eine Gefährdung gegenüberstehen, was bei Sedimenten, deren Belastung die RW2 nach HABAB bzw. GÜBAK nicht überschreiten, zu bezweifeln ist. Gegenüber einem besonderen Umgang mit dem Baggergut wäre sicherlich eine Sanierung der Schadstoffquellen vorzuziehen (siehe hierzu Kapitel 5.4.2).

Grundsätzlich kann auch die Entnahme von belastetem Baggergut/Sediment aus dem Bereich der Binnenweser zu einer Entlastung der Schadstoffbelastung der Sedimente der Tideweser führen.

## **5.4 Weitere Handlungsfelder**

### **5.4.1 Unterhaltung von Nebenarmen**

Wie in Kapitel 2 beschrieben besteht für einen Teil der Schweiburg eine Bestickverpflichtung, d. h. hier muss die WSV zur Aufrechterhaltung einer festgelegten Tiefe unterhalten. Die anderen Nebenarme in der Unterweser (Rechter Nebenarm und Nebenarme im limnischen Bereich) werden - zumindest seitens der WSV - grundsätzlich nicht unterhalten<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Im Jahr 2013 fand abweichend von diesem Grundsatz eine kleinere Unterhaltungsmaßnahme der WSV im Bereich des Rechten Nebenarms statt.

Angesichts der fortschreitenden Verlandung der Nebenarme und dem damit einhergehenden Verlust von Flachwasserzonen und damit auch wichtigen ökologischen Funktionen (z. B. Rückzugsraum für Fische, Flächen mit positiver Sauerstoffbilanz), welche auch nicht wie in einem natürlichen Ästuar an anderer Stelle neu entstehen, erscheinen Maßnahmen wünschenswert, die dieser Entwicklung entgegenwirken. Zudem fungieren die Nebenarme als Sedimentfalle im Sedimenthaushalt der Unterweser; quantifizierbare Informationen diesbezüglich sind allerdings bisher nicht bekannt. Veränderungen der Situation (z. B. durch fortschreitende Verlandung) könnten sich im Schwebstoffhaushalt bemerkbar machen.

Sowohl im Fachbeitrag „Natura 2000“ zum IBP Weser (KÜFOG 2011) als auch in Planungen mit Bezug zur Wasserrahmenrichtlinie (z. B. Bioconsult 2012) wird mittlerweile davon ausgegangen, dass - ggf. begleitet von weiteren Maßnahmen - eine Ausbaggerung der Nebenarme in größeren Abständen sinnvoll wäre. In jedem Fall ist hierbei eine ökologische Abwägung erforderlich, da ökologisch sehr wertvolle Biotope (z. B. Gewässerbereiche, Watten, Röhrichte) gestört und teilweise z. B. in Flachwasserzonen umgewandelt werden.

In der Regel (konkret: sofern sie einen Gewässerausbau und keine Unterhaltungsmaßnahme darstellt) fällt eine ökologisch motivierte Reaktivierung von Nebenarmen in den Zuständigkeitsbereich der Länder. Aufgrund der genannten Zielkonflikte ist es auch sinnvoll, dass konkrete Planung von Maßnahmen zur Reaktivierung der Nebenarme von Naturschutz-/ Wasserwirtschaftsseite erfolgen. Dennoch ist es - insbesondere auch angesichts der erweiterten Aufgabe „wasserwirtschaftliche Unterhaltung“ (vgl. Kap. 5.3.5 und BMVBS 2010) - realistisch und wünschenswert, dass die WSV praktische Unterstützung bei der Reaktivierung von Nebenarmen leisten wird. Auch im bisherigen Prozess hat sich die WSV bereits beteiligt, so wurde beispielsweise im Auftrag des WSA Bremerhaven eine Studie zu Möglichkeiten der Reaktivierung der Schweiburg erstellt (BAW 2012a). Im Rahmen des Integrierten Strombaukonzepts wird die WSV Konzepte zur Revitalisierung der Nebenarme Schweiburg und Rechter Nebenarm erarbeiten (vgl. NLWKN & SUBV 2012, IBP-Maßnahme I-6).

Wie oben erwähnt hat eine Reaktivierung der Nebenarme neben den ökologisch/naturschutzfachlichen Aspekten auch eine (günstig zu bewertende) hydrologisch/sedimentologische Komponente, da wieder zusätzlicher Retentions- und Sedimentationsraum entstehen würde. Andererseits ist, wenn Nebenarme hydraulisch wirksam reaktiviert werden, tendenziell von einer Schwächung der Strömung im Hauptarm und damit möglicherweise zusätzlichem Baggerbedarf bei der Fahrrinnenunterhaltung auszugehen (könnte evtl. vorab mit HN-Modellierung abgeschätzt werden).

Vor Baggerungen in Nebenarmen müssen Schadstoffbelastungen und ökotoxikologische Wirkungen der zu baggernden Sedimente untersucht werden. In Sedimentkernen der Schweiburg wurden in größeren Tiefen z. B. deutlich erhöhte Schadstoffgehalte angetroffen.

#### **5.4.2 Einflussnahme zur Reduzierung von Schadstoffeinträgen**

Das Maßnahmenblatt I-8 des IBP Weser (siehe Anhang IX) nennt unter anderem die Verbesserung der Sedimentqualität durch Maßnahmen zur Reduzierung des Schadstoffeintrages von Oberstrom und aus lokalen Quellen als wesentlichen Punkt eines Sedimentmanagementkonzepts.

Eine Verbesserung der Sedimentqualität ist nur zu erreichen, wenn bestehende Schadstoffquellen, auch sekundäre Quellen wie Altablagerungen von Sedimenten, z. B. im Großraum Bremen und der Elsflether Werft (Hunte) sowie insbesondere im Binnenbereich der Weser, verringert werden. Dies erfordert zunächst eine Lokalisierung der Schadstoffquellen.

Konkrete Probleme für die Unterhaltung der WSV durch lokale Schadstoffquellen sind in der Tideweser im Einzelfall möglich und im Bereich der Hunte bereits aufgetreten. Baggergut aus einem kleinen Abschnitt der Hunte musste mit vergleichsweise hohen Kosten an Land entsorgt werden. Insofern liegen Abklärung von Schadstoffquellen im Ästuar sowie Einflussnahme zu deren Sanierung, ggf. auch Unterstützung hierbei, im unmittelbaren Interesse der WSV und sollten weiterhin verfolgt werden.

Bezüglich der Schadstoffquellen im Binnenbereich ist im Zusammenhang mit der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie eine Verbesserung zu erhoffen. Hier dürfte sich die Rolle der WSV - sofern kein Bezug zur Unterhaltung der Binnenweser als Bundeswasserstraße besteht - allerdings eher auf die Berücksichtigung entsprechender Aspekte beispielsweise in Stellungnahmen zu relevanten Planverfahren beschränken.

Der Einsatz TBT-haltiger Anstriche auf Schiffen ist in der EU seit 2003 (EG-Verordnung 782/2003) verboten und es ist bereits ein Rückgang der Belastung zu erkennen. Die Gehalte der TBT-Verbindungen werden aufgrund des am 17. September 2008 in Kraft getretenen internationalen Anwendungsverbotes (International Convention on the Control of Harmful Anti-fouling Systems on Ships 2001) und des langsamen Abbaus der Verbindungen künftig weiter zurückgehen.

#### **5.4.3 Einflussnahme auf organischen Eintrag, Nährstoff- und Salzeinträge aus der Mittelweser bzw. dem gesamten Einzugsgebiet**

Grundsätzlich liegt auch eine Reduzierung von organischen Einträgen sowie von Nährstoff- und Salzbelastung der Binnenweser im Eigeninteresse der WSV.

Diese Einträge bestimmen die trophische Situation der Unterweser und deren Sauerstoffhaushalt bzw. beeinflussen die Salinität. Positive Änderungen können den ökologischen Hintergrund für Unterhaltungsmaßnahmen verbessern (entsprechende Richtwerte für Sauerstoff werden immer eingehalten), negative Änderungen der Einträge führen zu schlechteren Randbedingungen für Aktivitäten der WSV.

Wie bezüglich der Schadstoffquellen im Binnenbereich gilt allerdings auch hier, dass Initiativen für eine Verbesserung im Normalfall in den Zuständigkeitsbereich der Länder

fallen dürften (Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie). Die Rolle der WSV ist somit auch hier normalerweise auf die Berücksichtigung entsprechender Aspekte beispielsweise in Stellungnahmen zu relevanten Planverfahren beschränkt.

## 6. Konzept/Empfehlungen für das Sedimentmanagement und Ausblick

Als Schlussfolgerungen der Diskussion von Handlungsoptionen im vorigen Kapitel werden im Folgenden Empfehlungen zum Sedimentmanagement der Tideweser formuliert. Hierbei sind nun Aspekte wie Umsetzbarkeit, Zumutbarkeit angesichts von Unsicherheiten und z.T. auch eine Abwägung sich widersprechender Zielsetzungen eingeflossen.

Im ersten Unterkapitel werden in Form von Steckbriefen für Teilabschnitte der Tideweser bzw. Hunte abschnittsbezogenen Empfehlungen formuliert. In den Steckbriefen sind zusätzlich wenige Stichpunkte zu bisherigen Unterhaltungsmengen, morphologischen Gegebenheiten und ökologischen Besonderheiten im Gewässerabschnitt enthalten. Im zweiten Unterkapitel sind allgemein für die gesamte Tideweser gültige Empfehlungen aufgeführt und im letzten schließlich Empfehlungen zu Monitoring und Untersuchungen zusammengefasst.

Insgesamt werden nur relativ wenige begrenzte Abweichungen von der bisherigen Unterhaltungspraxis empfohlen. Dies ist vermutlich dadurch bedingt, dass auch bisher schon morphologische und andere ökologisch-naturschutzfachliche Aspekte bei der Unterhaltung mitberücksichtigt wurden und dass die überwiegend ökonomisch motivierte Minimierung von Baggermengen und Transporten auch aus ökologischer Sicht meist sinnvoll ist.

### 6.1 Steckbriefe zu Teilabschnitten mit Empfehlungen für die Unterhaltung

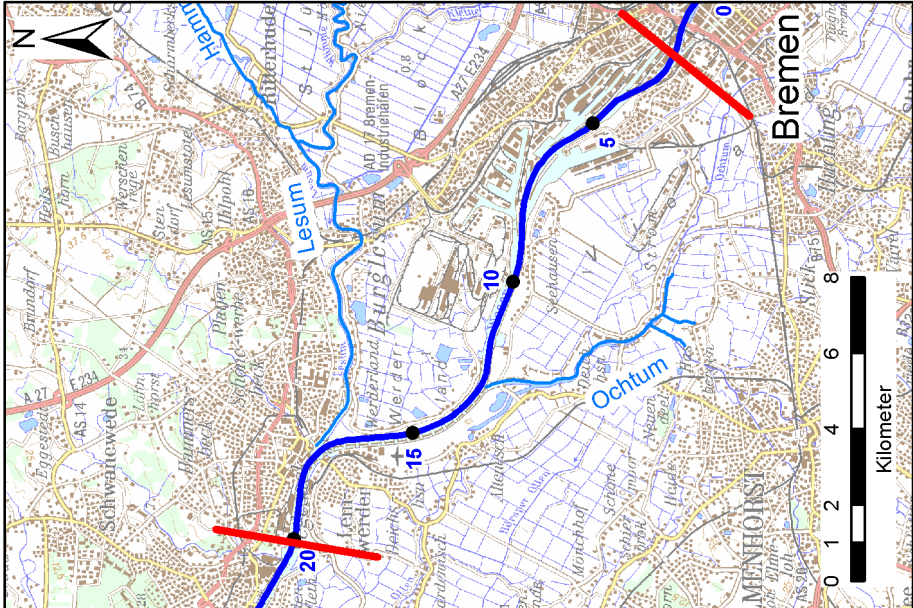
Die folgenden Steckbriefe enthalten wie bereits erwähnt neben Empfehlungen für die Unterhaltung einige zusammengefasste Informationen zum Gewässerabschnitt.

Wie bereits in Kapitel 2 wird hier unterteilt in:

1. Bereich zwischen Bremen und der Vegesacker Kurve (km 1,4 bis km 20)
2. Bereich der sogenannten Riffelstrecke (km 20 bis km 55)
3. Schlickstrecke Nordenham (km 55 bis km 58)
4. Bereich zwischen Nordenham und Bremerhaven, Blexer Bogen (km 58 bis km 65)
5. Innere Außenweser von Bremerhaven (km 65) bis etwa km 91 (inkl. Wendestelle Brhv)
6. Äußere Außenweser von km 91 bis zum Übergang in die Nordsee (km 130)
7. Hunte ab Oldenburg



## Abschnitt km 1,4 bis km 20: Bremen bis Vegesacker Kurve

<p><b>Morphologische Gegebenheiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Sohlsubstrat: überwiegend Mittel- und Grobsande, feinere Substrate bei km 6 - 8</li> </ul>	
<p><b>Baggerbedarf</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; geringe WSV-Baggermengen von 11.500 bis 55.000 m<sup>3</sup>/a (1999 - 2010), vorrangig im Bereich von Sohlversprünge</li> <li>&gt; zumeist nach Hochwässern (Herbst + Winter)</li> <li>&gt; zusätzlich im Gewässerabschnitt: Hafenerhaltung Bremen</li> </ul>	
<p><b>Ökologische Sensitivitäten/Besonderheiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Gefahr der Mobilisierung von Schadstoffen und sauerstoffzehrendem Material bei Baggerungen im Bereich km 6 - 8</li> <li>&gt; wichtiger Wanderkorridor für Fische und Neunaugen</li> </ul>	
<p><b>Empfehlungen zur Unterhaltung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Unterhaltung mit WI-Gerät (z. T. Hopperbagger) (wie bisher)</li> <li>&gt; Bereich km 6 - 8: feines Material, z. T. hohe Schadstoffbelastung             <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ vor jeder Baggermaßnahme (bzw. bei regelmäßiger Unterhaltung alle 5 Jahre):</li> <li>a) Schadstoffuntersuchung/Untersuchung ökotoxikologischer Wirkungen</li> <li>b) Prüfung bzgl. der Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt;</li> </ul> </li> <li>Einschränkungen der Unterhaltung - sofern bzgl. Schifffahrt vertretbar - zu erwarten in Sauerstoffmangel-Situationen (&lt; 6 mg O<sub>2</sub>/l an Messstelle Oslebshausen oder alternativ Hemelingen) bzw. bei Wassertemperaturen &gt; 10°C, d. h. in der Regel Herbst und Wintermonate günstig</li> <li>⇒ bei Überschreitung von Schadstoff-Richtwerten (HABAB zukünftig HABAG): ggf. Unterbringung an Land</li> </ul>	

## Abschnitt km 20 bis km 55: Riffelstrecke zwischen Vegesack und Nordenham

### Morphologische Gegebenheiten

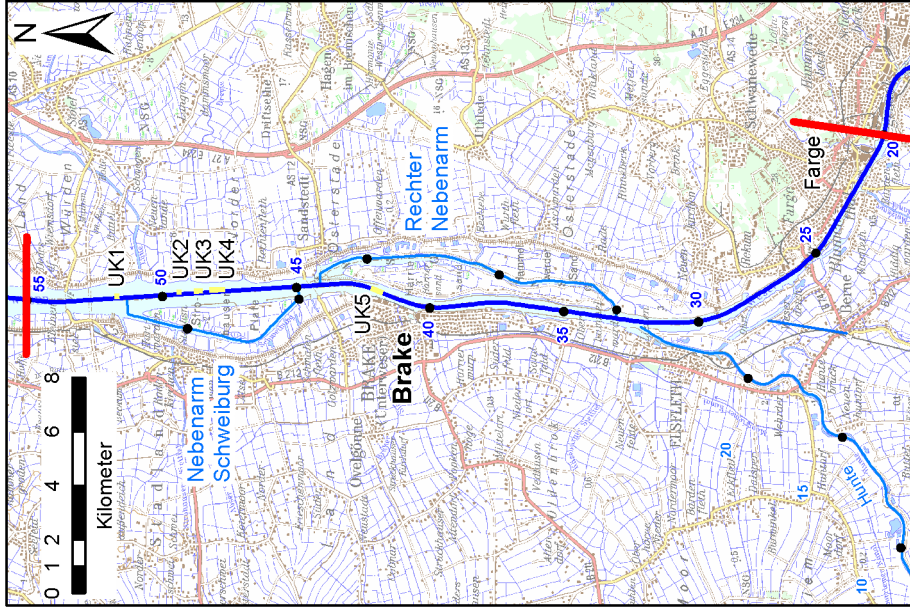
- > schnell aufwachsende sandige Riffel-/Dünenkuppen (überwiegend Mittelsande)
- > feinere Sedimente in Seitenbereichen, Nebenarmen und Häfen

### Baggerbedarf

- > Baggermengen von 0,16 bis 0,65 Mio. m<sup>3</sup>/a (1999 - 2010), große Variabilität
- > monatliche bis dreimonatige Baggerintervalle gleichmäßig über das Jahr verteilt
- > eher punktuelle Baggereingriffe an Dünenkuppen
- > zusätzlich im Gewässerabschnitt: Hafenerhaltung Brake

### Ökologische Sensitivitäten/Besonderheiten

- > Weser-Nebenarme mit wichtigen ökologischen Funktionen
- > Hauptlaichgebiet der Finte von km 20 bis km 35
- > wichtiger Wanderkorridor für Fische und Neunaugen
- > Brackwasserbereich und ästuarine Trübungszone stromab ca. km 40/45 (beides sehr variabel)
- > im Sommer Sauerstoffmangel-Situationen möglich
- > speziell bzgl. Unterhaltung:  
hohe Wertigkeit von durch Ufervorspülung entstandenen Stränden
- > Gefahr der Mobilisierung von Schadstoffen bei Baggerungen in strömungsberuhigten Bereichen mit feinkörnigem Sediment (Häfen, Nebenarme: z. T. hohe Belastungen mit organischen Schadstoffen bekannt)



### **Empfehlungen zur Unterhaltung**

- > Unterhaltung der Riffelkuppen in der Fahrrinne i. d. R. mit WI-Gerät (wie bisher), im Einzelfall auch mit Hopperbagger (insbes. für Sandvorspülungen, s. unten)
- > im Hauptlaichgebiet der Finte (km 20 bis 35) während der Laichzeit (15. April bis 15. Juni) möglichst geringe Unterhaltung
  - ⇒ vorgezogene Baggerkampagne kurz vor Beginn der Laichzeit, falls bereits Baggerbedarf während der Laichzeit absehbar
  - ⇒ Vorgaben zu Monitoring und Risikomanagement im Planfeststellungsbeschluss zur geplanten Weseranpassung
- > Abflussprognosen bei Planung von Baggerungen berücksichtigen, d.h. unter Umständen Baggerkampagne bei angekündigtem Hochwasser verschieben und nach Hochwasser zunächst erneut peilen
- > Unterhaltung von Schweiburg und Bauhäfen (feineres Material):
  - ⇒ vor jeder Baggermaßnahme (bzw. bei regelmäßiger Unterhaltung alle 5 Jahre): Schadstoffuntersuchung/Untersuchung ökotoxikologischer Wirkungen
  - ⇒ keine Unterhaltung in Sauerstoffmangel-Situationen ( $< 5 \text{ mg O}_2/\text{l}$  an nahegelegener Messstelle, z. B. Brake) bzw. bei Wassertemperaturen  $> 15 \text{ }^\circ\text{C}$ , d.h. in der Regel Herbst und Wintermonate günstig; bei häufigeren/umfangreicheren WI-Einsätzen ggf. Einzelfallprüfung erforderlich
- > bei Bedarf erneute Sandvorspülungen an den in dieser Weise gesicherten Uferbereichen, ggf. auch an weiteren Uferabschnitten (Information von und ggf. Abstimmung mit Naturschutzbehörden)

## Abschnitt km 55 bis km 58: Schlickstrecke Nordenham

### Morphologische Gegebenheiten

- > Entwicklung flächiger Mindertiefen, abhängig z. B. vom Oberwasserabfluss
- > Sohlsubstrat: überwiegend Feinsande und Schluff; geringer Anteil Mittel- und Grobsande

### Baggerbedarf

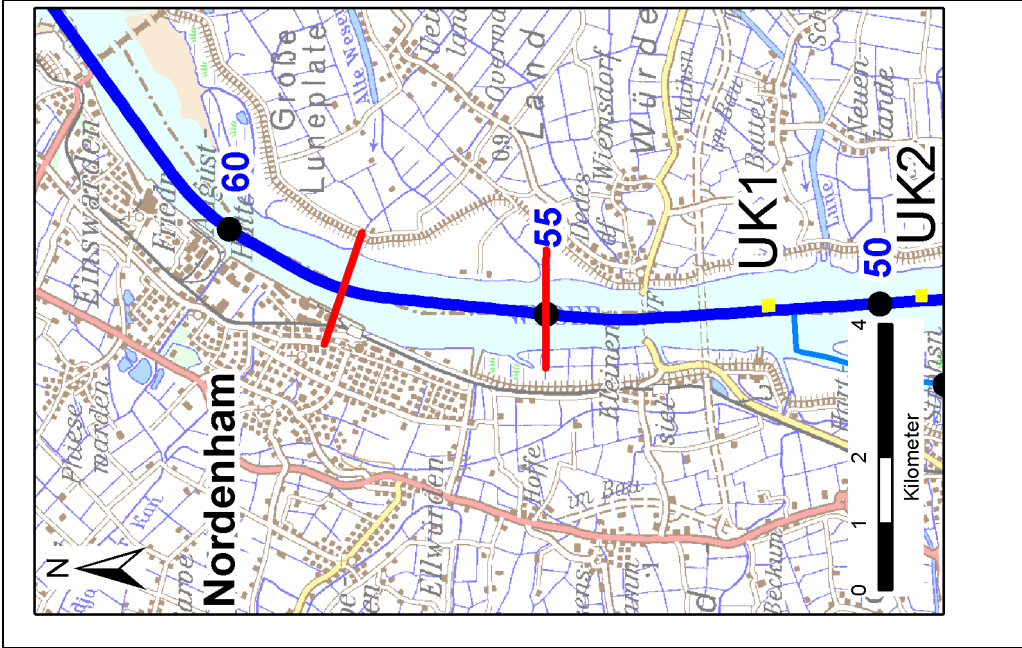
- > Unterhaltungsschwerpunkt in Unterweser, d. h. große Baggermengen: im Abschnitt km 51 - 58 von 0,47 bis 1,8 Mio. m<sup>3</sup>/a (1999 - 2010)
- > nahezu monatliche Baggerungen, tendenziell mehr Baggerungen in der zweiten Jahreshälfte
- > zusätzlich im Gewässerabschnitt: Hafenerhaltung Nordenham

### Ökologische Sensitivitäten/Besonderheiten

- > wichtiger Wanderkorridor für Fische und Neunaugen
- > Lage in Brackwasserbereich/ästuariner Trübungszone
- > im Sommer Sauerstoffmangel-Situationen möglich

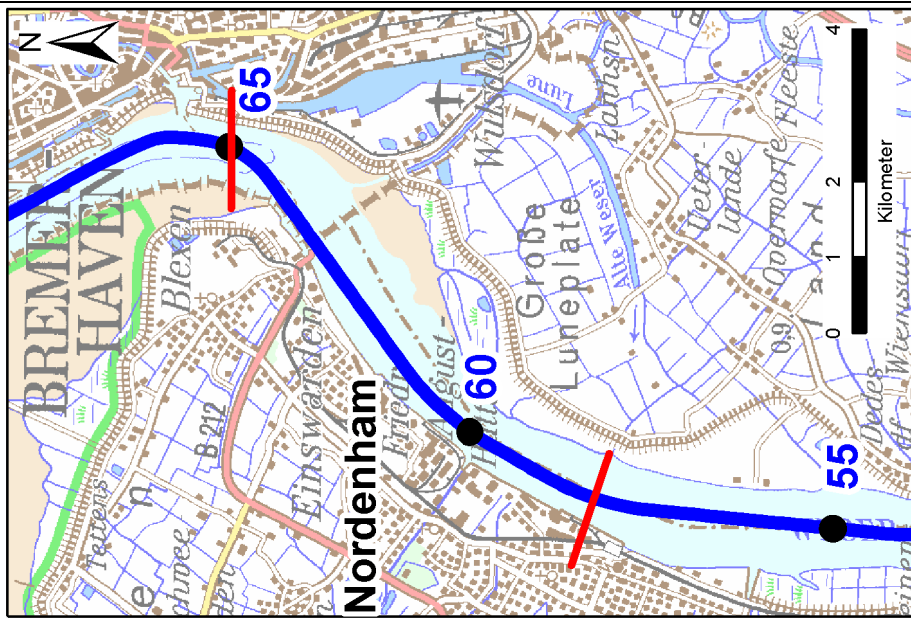
### Empfehlungen zur Unterhaltung

- > vorrangig Hopperbaggerung (wie bisher)
- > Unterbringung sandiges Material in der Unterweser, feinkörniges in der Außenweser (Unterbringungsstellen abhängig von der Tidephase) (wie bisher)
- > alle 5 Jahre Schadstoffuntersuchung/Untersuchung ökotoxikologischer Wirkungen von Baggergut mit Feinkornanteilen > 10 %
- > Abflussprognosen bei Planung von Baggerungen berücksichtigen, d. h. unter Umständen Baggerkampagne bei angekündigtem Hochwasser verschieben und nach Hochwasser zunächst erneut peilen





## Abschnitt km 58 bis km 65: Bereich zwischen Nordenham und Bremerhaven (Blexer Bogen)



### Morphologische Gegebenheiten

- > Entwicklung flächiger Mindertiefen, abhängig z.B. vom Oberwasserabfluss
- > Sohlsubstrat: überwiegend Feinsande und Schluff; geringer Anteil Mittel- und Grobsande

### Baggerbedarf

- > Unterhaltungsschwerpunkt in Unterweser, d.h. große Baggermengen: von 0,64 bis 1,6 Mio. m<sup>3</sup>/a (1999 - 2010)
- > nahezu monatliche Baggerungen, mehr Baggerungen in der ersten Jahreshälfte
- > zusätzlich im Gewässerabschnitt: Hafenerhaltung Nordenham

### Ökologische Sensitivitäten/Besonderheiten

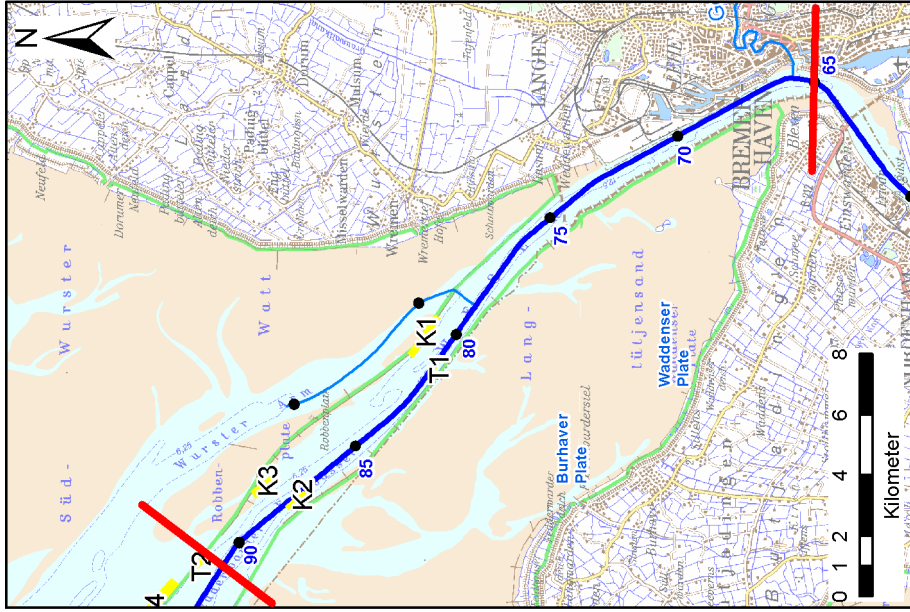
- > wichtiger Wanderkorridor für Fische und Neunaugen
- > Lage in Brackwasserbereich/ästuariner Trübungszone
- > im Sommer Sauerstoffmangel-Situationen möglich (aber wegen des zunehmenden marinen Einflusses eher unwahrscheinlich)

### Empfehlungen zur Unterhaltung

- > vorrangig Hopperbaggerung (wie bisher)
- > Unterbringung sandiges Material in der Unterweser, feinkörniges in der Außenweser (Unterbringungsstellen abhängig von der Tidephase) (wie bisher)
- > alle 5 Jahre Schadstoffuntersuchung/Untersuchung ökotoxikologischer Wirkungen von Baggergut mit Feinkornanteilen > 10 %
- > Abflussprognosen bei Planung von Baggerungen berücksichtigen, d.h. unter Umständen Baggerkampagne bei angekündigtem Hochwasser verschieben und nach Hochwasser zunächst erneut peilen

## Abschnitt km 65 bis km 91: Innere Außenweser von Bremerhaven bis etwa km 91

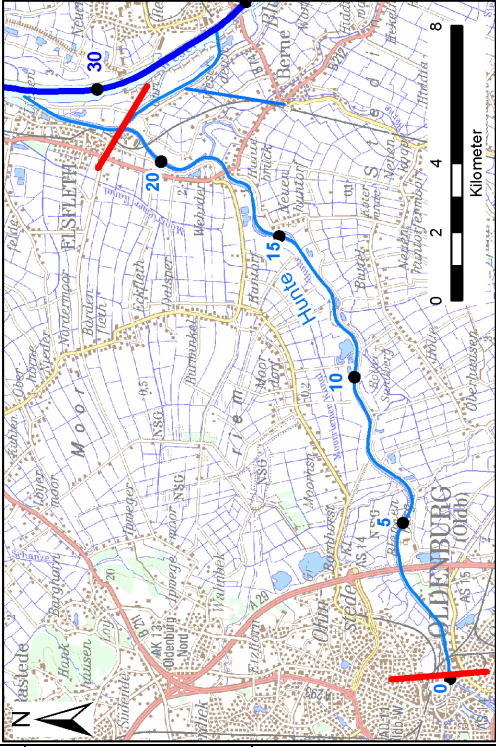
<p><b>Morphologische Gegebenheiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Sohlsubstrat: überwiegend Fein- bis Grobsand, seewärts gröber, tw. Beimengungen von Schluff und anderen Materialien (km 65 - 70) bzw. schmale Mergelbänke (km 77 - 77,6)</li> </ul>	<p><b>Baggerbedarf</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; in der Außenweser insgesamt größere Baggermengen als in der Unterweser, bis km 91 Baggermengen von 0,66 bis 5,7 Mio. m<sup>3</sup>/a (1999 - 2010; inkl. Wendestelle Bremerhaven), in mehreren Jahren zusätzlich Sandentnahmen Dritter in der Fahrrinne</li> <li>&gt; überwiegend monatliche Baggerungen (außer km 65 - 70,4)</li> <li>&gt; zusätzlich im Gewässerabschnitt: Hafenerhaltung Bremerhaven</li> </ul>	<p><b>Ökologische Sensitivitäten/Besonderheiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; sublitorale Bestände der Miesmuscheln mit Begleitfauna (bekannt u. a. von einem Kolk nahe T1, Funde auch auf K1)</li> <li>&gt; Seegrasbestände auf der Burhaver und Waddenser Plate</li> <li>&gt; wichtiger Wanderkorridor für Fische und Neunaugen</li> <li>&gt; Seehundliegeplätze, insbes. westlich der Fahrrinne</li> <li>&gt; Wattflächen wichtige Rast- und Mauseergebiete für Vögel</li> </ul>	<p><b>Empfehlungen zur Unterhaltung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; überwiegend Hopperbagger (wie bisher)</li> <li>&gt; Wahl der zu nutzenden Unterbringungsstelle in Abhängigkeit von Material (sandig-bindig), Entfernung und Tidephase (wie bisher)</li> <li>&gt; WI-Unterhaltung weiterhin soweit technisch möglich zur Beseitigung von Einzeluntiefen</li> <li>&gt; alle 5 Jahre Schadstoffuntersuchung/Untersuchung ökotoxikologischer Wirkungen von Baggergut mit Feinkornanteilen &gt; 10 %</li> </ul>
--	---	---	--



## Abschnitt km 91 bis km 130: Äußere Außenweser bis Übergang in die Nordsee

<p><b>Morphologische Gegebenheiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; küstenparalleler Transport</li> <li>&gt; Sohlsubstrat: überwiegend Fein- bis Grobsand, schmale Mergelbänke zwischen km 95,4 - 97,3</li> <li>&gt; Transportkörperstrecken km 96 - 100 und km 111 - 118</li> </ul>	
<p><b>Baggerbedarf</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; in der Außenweser insgesamt größere Baggermengen als in der Unterweser, ab km 91 Baggermengen von 0,26 bis 3,6 Mio. m<sup>3</sup>/a (1999 - 2010), in mehreren Jahren zusätzlich Sandentnahmen Dritter in der Fahrrinne</li> <li>&gt; überwiegend monatliche Baggerungen (außer km 110 - 130)</li> </ul>	
<p><b>Ökologische Sensitivitäten / Besonderheiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; sublitorale Bestände der Miesmuscheln mit Begleitfauna</li> <li>&gt; Seehundliegeplätze, u. a. auch im Umfeld von Unterbringungsstellen</li> <li>&gt; Wattflächen wichtige Rast- und Mauergebiete für Vögel</li> </ul>	
<p><b>Empfehlungen zur Unterhaltung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; überwiegend Hopperbagger (wie bisher)</li> <li>&gt; Wahl der zu nutzenden Unterbringungsstelle in Abhängigkeit von Entfernung und Tidephase (wie bisher)</li> <li>&gt; WI-Unterhaltung weiterhin soweit technisch möglich zur Beseitigung von Einzeluntiefen/Riffelkuppen</li> <li>&gt; alle 5 Jahre Schadstoffuntersuchung/Untersuchung ökotoxikologischer Wirkungen von Baggern mit Feinkornanteilen &gt; 10%</li> </ul>	

## Abschnitt Hunte ab Oldenburg bis zur Mündung

<p><b>Morphologische Gegebenheiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Sohlsubstrat: vorwiegend sandiges Material mit geringem Feinkornanteil, nur vereinzelt schluffige Sedimente</li> </ul>	<p><b>Baggerbedarf</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; nicht in jedem Jahr Unterhaltung erforderlich, sofern Unterhaltung stattfindet Baggermengen von 36.000 bis 143.000 m<sup>3</sup>/a (1980 - 2012)</li> </ul>	<p><b>Ökologische Sensitivitäten / Besonderheiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Gefahr der Mobilisierung von Schadstoffen und sauerstoffzehrendem Material bei Baggerungen in Bereichen mit feinkörnigem Sediment (hohe Belastungen mit organ. Schadstoffen bekannt im Übergangsbereich zum Eilsflether Werfthafen)</li> <li>&gt; Wanderkorridor für Fische und Neunaugen</li> </ul>	<p><b>Empfehlungen zur Unterhaltung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Unterhaltung mit WI-Gerät, insbes. wenn Schadstoff-Richtwerte oder Empfehlungen hinsichtlich Sauerstoffhaushalt nicht einhaltbar auch mit Schwimmgreifer</li> <li>&gt; Bereiche mit feinkörnigem Substrat, z. T. hohe Schadstoffbelastung:             <ul style="list-style-type: none"> <li>⇒ vor jeder Baggermaßnahme (bzw. bei regelmäßiger Unterhaltung alle 5 Jahre):</li> <li>a) Schadstoffuntersuchung/Untersuchung ökotoxikologischer Wirkungen</li> <li>b) Prüfung bzgl. der Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt</li> <li>⇒ allg. Empfehlungen bzgl. WI-Umlagerung bei feinkörnigem Substrat: Umlagerung nur bei Sauerstoffgehalt &gt; 6 mg O<sub>2</sub>/l, Gewässertemperatur &lt; 10 °C, Abfluss &gt; MQ = 14 m<sup>3</sup>/s, Ebbestrom, Baggermenge an 5 Tagen &lt; 10.000 m<sup>3</sup>;</li> <li>d. h. in der Regel Herbst und Wintermonate günstig</li> <li>⇒ bei Überschreitung von Schadstoff-Richtwerten (HABAB zukünftig HABAG): ggf. Unterbringung an Land</li> </ul> </li> </ul>
			



## 6.2 Allgemeine Empfehlungen

Die im vorliegenden Konzept empfohlenen Unterhaltungsstrategien gelten für die momentane Situation und müssen selbstverständlich zukünftig, beispielsweise bei Veränderungen der Baggermengen, aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse (z.B. durch Tests und Untersuchungen der zuständigen Wasser- und Schifffahrtsämter) oder in Folge neuer Zielsetzungen in Naturschutz-Fachplanungen, überprüft und ggf. angepasst werden.

In direktem Zusammenhang mit dem Sedimentmanagementkonzept stehen insbesondere folgende nach IBP Weser (NLWKN & SUBV 2012) vorgesehene Konzepte und Leitfäden:

- > Sedimentmanagementkonzept der Häfen
- > Integriertes Strombaukonzept für die Tideweser
- > Ufersicherungskonzept
- > Leitfaden Schonzeiten

Sobald diese Dokumente vorliegen, müssen deren Inhalte mit den Aussagen des vorliegenden Konzepts abgeglichen und ggf. die Empfehlungen angepasst werden. Eventuell könnte langfristig eine Zusammenführung, beispielsweise des WSV-Sedimentmanagementkonzepts und des Konzepts der Häfen sinnvoll sein (dies würde eine Gesamtschau auf unterhaltene Sedimentmengen im System ermöglichen, was aus inhaltlicher Sicht geboten wäre).

Beim Sedimentmanagement grundsätzlich zu beachten sind die Leitfäden der WSV zu Umweltthemen, insbesondere die Handlungsanweisungen für den Umgang mit Baggergut (HABAB-WSV, GÜBAK, zukünftig HABAG) und der aktuell noch in Abstimmung befindliche Leitfäden Umweltbelange (BMVBS 2012). Einige Anforderungen aus den genannten Dokumenten wurden im vorliegenden Konzept mit aufgenommen, allerdings sind dort auch weitergehende Angaben enthalten, z.B. Prüfschritte zur Sicherstellung naturschutzrechtlicher Vorgaben, die u. U. herangezogen werden müssen. Das vorliegende Sedimentmanagementkonzept basiert - auch wenn Natura-2000- und WRRL-Fachplanungen besonders berücksichtigt wurden - auf einer rein fachlichen Betrachtung, ohne spezielle Prüfung von Vorgaben des Naturschutzrechts oder des Wasserhaushaltsgesetzes. Insofern können sich z. B. aus der Abstimmung der Unterhaltung mit Naturschutz- und Wasserwirtschaftsbehörden bestimmte Themen ergeben, für die eine explizite rechtliche Betrachtung oder auch Ausnahme erforderlich erscheint (etwa hinsichtlich des besonderen Artenschutzes).

Bei Ausschreibungen von Baggerleistungen sollten - bei vergleichbarer Leistungsfähigkeit des Geräts - emissionsärmere Bagger bevorzugt werden (beispielsweise bzgl. Luft- und Unterwasserschall sowie Trübungsentwicklung). Bezüglich Hopperbaggerungen in bindigem Sediment sollte festgeschrieben werden, dass - wie jetzt schon meist der Fall - der Laderaum vor Baggerbeginn leer gepumpt und bei vollem Laderaum der Baggervorgang unmittelbar beendet wird.

Die derzeitige Nutzung der Unterbringungsstellen erscheint auf Basis der aktuellen Kenntnislage (Empfehlungen zu deren Verbesserung im nächsten Unterkapitel) grundsätzlich sinnvoll; einzelne Hinweise/Empfehlungen finden sich in der Übersichtstabelle zu den Unterbrin-

gungsstellen in Anhang VIII. Seitens NLWKN wird aufgrund neuerer noch unveröffentlichter Untersuchungen die ökologische Wertigkeit des Bereichs der Unterbringungsstelle T3 sehr hoch eingeschätzt (NLWKN mdl.), so dass hier, sobald eine aktuelle Bestandserfassung vorliegt, unter Einbeziehung des NLWKN geprüft werden sollte, ob Anpassungen der Nutzung der Unterbringungsstelle sinnvoll und möglich sind.

Da Sandentnahmen grundsätzlich einen Eingriff in die Sedimentbilanz darstellen, sollten sie möglichst vermieden werden. Sofern Dritte eine Sandentnahme aus der Fahrrinne wünschen, ist jeder Einzelfall kritisch zu prüfen.

Unabhängig von dem oben erwähnten Konzept zur Ufersicherung wird empfohlen, bereits jetzt, immer wenn fester Uferschutz erneuert werden muss, zu prüfen, ob alternative naturnähere Ufersicherungsmethoden wie Sandvorspülungen im betroffenen Abschnitt feste Ufersicherungen ersetzen können. Initiativen auf Ebene der Außenbezirke der WSÄ, Beschädigungen an Ufersicherungen u. ä. zunächst zu beobachten oder testweise alternative Sicherungen einzusetzen, sind weiterhin zu unterstützen. In den Außenbezirken sollte eine weitere Sensibilisierung dafür erfolgen, dass der Einsatz von Baggergut zur Förderung naturnaher Strukturen - auch wenn dies ggf. mit gewissem Mehraufwand verbunden ist - angestrebt wird, so dass evtl. aus diesem Kreis Vorschläge zu gewinnen sind, wo ein solcher Einsatz zusätzlich denkbar sein könnte (z.B. weitere Uferbereiche, die durch Sandvorspülungen gesichert werden könnten).

Auch wenn die Hauptzuständigkeit für Planungen zur Reaktivierung der Nebenarme bei den Naturschutz- und Wasserwirtschaftsbehörden von Niedersachsen und Bremen liegt, erscheint es - insbesondere auch angesichts der erweiterten Aufgabe „wasserwirtschaftliche Unterhaltung“ - realistisch und wünschenswert, dass die WSV hierbei praktische Unterstützung leistet. Aufgrund bekannter Belastungen in den Nebenarmen scheint eine Untersuchung von Schadstoffen/ökotoxikologischen Wirkungen nach GÜBAK/HABAB (bzw. zukünftig HABAG) vor einer etwaigen Reaktivierung angemessen, ggf. auch ein anschließendes Schadstoffmonitoring. Hinsichtlich ggf. erforderlicher weiterer Unterhaltungsmaßnahmen im Bereich des Rechten Nebenarms sollte eine Abstimmung mit Wasserwirtschafts- und Naturschutzbehörden erfolgen.

Insgesamt sollte der konstruktive Austausch der WSV mit Wasserwirtschafts- und Naturschutzbehörden, wie er beispielsweise in der „AG Naturschutz Bund/Land“ zur Weseranpassung oder auch im Rahmen des IBP-Prozesses praktiziert wird, unbedingt fortgesetzt und ggf. zu Einzelfragen weiter ausgebaut werden. Die Entwicklung der Unterhaltungsbaggermengen und Ergebnisse der im folgenden Kapitel empfohlenen Untersuchungen (inkl. Monitoring der Unterbringungsstellen) sollten den Landesbehörden in regelmäßigen Abständen, d. h. etwa alle zwei Jahre, vorgestellt und ggf. Änderungen der Unterhaltungsstrategie diskutiert werden. Für das II. Quartal 2015 ist eine Besprechung geplant, in der über Erfahrungen mit dem Sedimentmanagementkonzept berichtet werden soll und ggf. weitere Schritte initiiert werden können. Sofern konkrete, innerhalb der Naturschutz- und Wasserwirtschaftsbehörden abgestimmte Vorschläge zur Förderung von Strukturvielfalt mit Baggergut oder allgemein zu „weichem Strombau“ vorgebracht werden, sollten diese geprüft und nach Möglichkeit

zumindest versuchsweise umgesetzt werden. Auch ein intensiver Austausch mit den an der Tideweser aktiven Naturschutzverbänden erscheint hilfreich zur Entwicklung pragmatischer Optimierungsansätze. Eine Funktion des vorliegenden Sedimentmanagementkonzepts ist es auch, Hintergrundinformationen zugänglich zu machen und so die Diskussionsgrundlage in solchen Prozessen zu verbessern.

Einen weiteren Punkt der Zusammenarbeit mit Dritten betrifft die Sanierung von Schadstoffquellen im Bereich der Tideweser und der Hunte. Es ist wünschenswert und letztlich auch im eigenen Interesse, dass die WSV in Abstimmung und Zusammenarbeit mit weiteren Beteiligten die Initiative zur Abklärung solcher Schadstoffquellen weiter fortsetzt (z. B. im Großraum Bremen sowie bestimmten Abschnitten der Hunte) und ggf. nach Wegen einer Sanierung sucht. Grundsätzlich hat die WSV durchaus auch ein Eigeninteresse an einer Verminderung von Schadstoffeinträgen aus dem Binnenbereich sowie - da dies die Rahmenbedingungen für (Bagger-) Aktivitäten der WSV betrifft - an einer Reduzierung von Salz- und Nährstoffeinträgen aus dem Einzugsgebiet.

### **6.3 Empfehlungen zu Monitoring und Untersuchungen für das Sedimentmanagement**

Zentrales Element des Sedimentmanagements ist zunächst, die Baggermengenentwicklung weiterhin zu beobachten und kontinuierlich zu analysieren. Beispielsweise angesichts der geplanten Vertiefung und vor dem Hintergrund von Klimawandel/Meeresspiegelanstieg sind durchaus Veränderungen denkbar, die eine Anpassung von Unterhaltungsstrategien erfordern; daneben treten aber auch deutliche nicht ohne weiteres erklärbare Schwankungen der Baggermengen auf.

Für die Analyse der Auswirkungen von Unterhaltungsbaggerungen und weiterer Systemveränderungen sind verschiedene Dauermessungen oder regelmäßig durchgeführte Untersuchungen als Grundlage erforderlich.

Das in den HABAK-Untersuchungen für die Außenweser-Unterbringungsstellen (u. a. WSA Bremerhaven 2003b) bzw. grundsätzlich nach GÜBAK (2009; zukünftig HABAG) vorgesehene Überwachungsprogramm sollte konsequent durchgeführt und die Ergebnisse ausgewertet werden. Eventuell wäre die Aufstellung eines abgestimmten Untersuchungskonzepts für die Unterbringungsstellen sinnvoll. Insbesondere für die Unterbringungsstellen K1 und T1 wäre angesichts der Diskussion um Miesmuschelansiedlungen eine bessere Datenlage zum Makrozoobenthos wünschenswert, gleiches gilt für die Unterbringungsstelle T3, deren ökologische Wertigkeit das NLWKN sehr hoch einschätzt. Weiterhin sind u. a. in Bereichen mit mehr als 10 % Feinkornanteil Untersuchungen auf Schadstoffe und ökotoxikologische Wirkungen zu empfehlen. Hinsichtlich der Untersuchungsfrequenz sind die Vorgaben der GÜBAK (2009) und zukünftig der HABAG zu beachten: „In Fällen, in denen eine Ablagerung bereits seit einigen Jahren in Gang ist, werden Wiederholungsuntersuchungen im Abstand von drei bis fünf Jahren oder dann notwendig, wenn in der Ablagerung Änderungen eintreten (Menge und Art des Baggerguts, Art der Ablagerung usw.).“ (GÜBAK 2009). Hinweise zu Untersuchungen des Baggerguts entsprechend der Baggergutrichtlinien finden

sich in den Steckbriefen; grundsätzlich sollte die Korngrößenverteilung regelmäßig erfasst werden.

Auch weitere Untersuchungen und Modellierungen zu Verdriftungswegen der umgelagerten Sedimente auf und von den Unterbringungsstellen sollten durchgeführt werden (nach Auskunft der WSÄ Bremen und Bremerhaven sind entsprechende Untersuchungen in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Wasserbau bereits projektiert; dies sollte möglichst zeitnah vorangetrieben werden). Auf dieser Basis sollten abgesichertere Aussagen zu möglichen Auswirkungen auf umliegende Bereiche sowie zum Wiedereintritt in zu unterhaltende Fahrrinnenbereiche erfolgen. Aufschlussreich wären beispielsweise auch regelmäßige Beprobungen des Sohlsedimentes und in größeren Zeitabständen zusätzlich Bohrkern-Untersuchungen.

Bezüglich Trübung/Schwebstoffen und insbesondere Sauerstoffgehalten liegen vergleichsweise wenige Daten vor. Allerdings sind in den letzten Jahren einige Dauermessstellen eingerichtet worden. Sinnvoll wäre die Ergänzung der Trübungsmessstelle Nordenham um eine Sauerstoffsonde (wird 2013 erfolgen) sowie zusätzlich eine fortlaufende Sauerstoffmessung in der Außenweser etwa auf Höhe der Unterbringungsstellen. Die eingerichteten Trübungsmessstellen weisen teilweise längere Datenlücken auf und befinden sich zudem alle nahe der Wasserspiegeloberfläche. Sinnvoll wären - neben der schnellen Wiederinbetriebnahme nach Ausfällen - auch Trübungsmessungen in größeren Wassertiefen. Die Trübungsmessungen sollten regelmäßig mit Wasserproben kalibriert werden, um die Schwebstoffgehalte zu ermitteln. Für weitere längere und konsistente Schwebstoffdaten (auch in verschiedenen Tiefen) könnten zusätzliche Messungen der Schwebstoffgehalte, z. B. mit ADCP, erfolgen. Auch die Validierung, Weiterentwicklung und pilothafte Anwendung von Methoden der Fernerkundung sollten generell weiter verfolgt werden, um zukünftig die Datenlage zu optimieren.

Zur Verifizierung der Einschätzungen zur Hopperbaggerung in der Außenweser wären Messungen zur Trübungsentwicklung beim Baggervorgang sinnvoll.

Bezüglich der Finte sind im Planfeststellungsbeschluss zur geplanten Weseranpassung Monitoring und Risikomanagement vorgesehen, welche das Monitoring im Zusammenhang mit der Umsetzung der WRRL systematisch ergänzen.

Auch die Seegraswiesenentwicklung in der Außenweser wird durch das Land Niedersachsen im Zuge des WRRL-Monitorings regelmäßig im Abstand mehrerer Jahre beobachtet. Alle Daten zur Bestandsentwicklung sollten genutzt werden, um möglicherweise vorhandene Zusammenhänge zwischen Umlagerungsmengen, anderen Aktivitäten Dritter, extremen Witterungsphänomenen und den Bestandsentwicklungen des Seegrases aufzuzeigen. Zur besseren Beurteilung der Auswirkungen des Sedimentmanagements wäre neben den o. g. Untersuchungen zur Verdriftung von Unterbringungsstellen eine Abschätzung des natürlicherweise und durch andere anthropogene Aktivitäten im Ästuar bewegten Feinmaterials wichtig.

Eine durchaus aufwändigere Untersuchung im Sinne einer weitergehenden ökologischen Optimierung, welche auch die „aktive Erreichung ökologischer Zielstellungen“ (BMVBS 2010, Kapitel „Ausgangslage“) verfolgt, wäre die versuchsweise ökologische Gestaltung/ Teilräumung eines oder weniger Bühnenfelder begleitet von Untersuchungen insbesondere von Strömungsgeschehen/Morphologie, Makrozoobenthos und Fischen; hierbei könnten in geringerem Umfang zumindest temporär auch Flachwasserbereiche entstehen. Auch ggf. im Rahmen des Austauschs mit Wasserwirtschafts- und Naturschutzbehörden oder Naturschutzverbänden initiierte Naturversuche zur Förderung von Strukturvielfalt mit Baggergut oder allgemein zu „weichem Strombau“ sollten von einem abgestimmten ökologischen Monitoring begleitet werden.

Untersuchungen zur Verlandung der Nebenarme (inkl. deren Quantifizierung) sind nicht nur für ökologische/naturschutzfachliche Fragestellungen von Interesse, sondern auch zur Beurteilung der Rolle der Nebenarme als „Schwebstofffalle“ innerhalb des Sedimenthaushaltes.

Für die Weiterentwicklung des Sedimentmanagementkonzeptes ist die kontinuierliche Erweiterung der Kenntnisse des Sedimenthaushalts der Tideweser von wesentlicher/ grundsätzlicher Bedeutung. Hierzu gehören, neben der Berücksichtigung des Sedimentmanagements der Häfen, weitergehende Messungen und/oder Modellierungen, z. B. zur Ermittlung des Geschiebeeintrags über das Wehr Hemelingen.

## 7. Abkürzungen

AETV	Ästuarotypie-Verfahren
AW	Außenweser
BAW-DH	Bundesanstalt für Wasserbau - Dienststelle Hamburg
BBK	Baggerbüro Küste
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
DGM	Digitales Geländemodell
DOC	Dissolved organic carbon, gelöste organische Kohlenstoffverbindungen
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FGG Weser	Flussgebietsgemeinschaft Weser
HABAB	Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland
HABAG	Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut aus Bundeswasserstraßen
HABAK	Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich
HHQ	Höchster bekannter Wert der Abflüsse in einer Zeitspanne
HN	Hydrodynamisch-numerisch
HNF	Heterotrophe Nanoflagellaten
HSW	Höchster schiffbarer Wasserstand
IBP	Integrierter Bewirtschaftungsplan
LT	Leuchtturm
M-AMBI	Multimetric AZTI Marine Biotic Index
MHQ	Mittlerer höchster Wert der Abflüsse in einer Zeitspanne
MNQ	Mittlerer niedrigster Wert der Abflüsse in einer Zeitspanne
MQ	Mittlerer Wert der Abflüsse in einer Zeitspanne (durchschnittlicher Abfluss)
MThb	Arithmetischer Mittelwert der Tidehübe in einer Zeitspanne
MThw	Arithmetischer Mittelwert der Tidehochwasser in einer Zeitspanne
MTnw	Arithmetischer Mittelwert der Tideniedrigwasser in einer Zeitspanne

NNQ	Niedrigster bekannter Wert der Abflüsse in einer Zeitspanne
NTU	Nephelometric Turbidity Unit (Nephelometrischer Trübungswert)
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
POC	Purgeable organic carbon, ausblasbarer organischer Kohlenstoff
PSU	Practical Salinity Units
pT-Wert	potentia Toxicologiae = toxikologischer Exponent
RW	Richtwert
SKN	Seekartennull
SUBV	Senator für Umwelt, Bau und Verkehr der Hansestadt Bremen
TBT	Tributylzinn
Thb	Tidehub
Thw	Tidehochwasser
TOC	Total organic carbon, gesamter organischer Kohlenstoff
UBrSt	Unterbringungsstelle
UVU	Umweltverträglichkeitsuntersuchung
UW	Unterweser
WI	Wasserinjektion
WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt
WSD	Wasser- und Schifffahrtsdirektion
WSV	Wasser- und Schifffahrtsverwaltung

## 8. Literatur

- Ackermann, F.; Bergmann, H. & Schleichert, U. (1983): Monitoring of heavy metals in coastal and estuarine sediments - A question of grain size: < 20 µm versus < 60 µm. *Environmental Technology Letters* 4, S. 317 - 328.
- Ackermann, F.; Schubert, B. & Krebs, F. (2002): Bewertung der Schadstoffbelastung und ökotoxikologischen Wirkungen bei Baggergut-Umlagerungen im Rahmen von Neubau- und Ausbaumaßnahmen in Bundeswasserstraßen, BfG-Jahresbericht 2001/2002.
- 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: *Sediment Dynamics and Pollutant Mobility in Rivers*, Förstner, U. & Westrich, B. (Eds.), Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- Adolph, W. (2010): Praxistest Monitoring Küste 2008 Seegraskartierung - Gesamtbestands- erfassung der eulitoralen Seegrasbestände im Niedersächsischen Wattenmeer und Bewertung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie. *NLWKN Küstengewässer und Ästuare* 2/2010, 52 S.
- Adolph, W.; Jaklin, S.; Meemken, M. & Michaelis, H. (2003): Die Seegrasbestände der niedersächsischen Watten (2000 - 2002). *Niedersächsisches Landesamt für Ökologie* (Hrsg.) - Forschungsstelle Küste.
- AGL - Biologen und Ingenieure für Umwelt und Infrastruktur (2010): Elektrofischerei in der Hunte im Bereich der geplanten Wendestelle km 0 + 600 - km 0 + 870. Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremen, 16 S.
- Aqua Vision (2009): Suspended sediment measurements in the Weser. Im Auftrag der Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg. Bearbeiter: van Santen, P, 46 S.
- BAW (2006): Fahrrinnenanpassung der Unterweser - Fahrrinnenanpassung der Außenweser an die Entwicklung im Schiffsverkehr sowie Tiefenanpassung der hafenbezo- genen Wendestelle. Summationswirkung der Anpassungen von Unter- und Außenweser. Gutachten der Bundesanstalt für Wasserbau im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsämter Bremen und Bremerhaven und bremenports GmbH & Co. KG zur ausbaubedingten Änderung von Transportprozessen und Morphodynamik. 106 S.
- BAW (2012a): Öffnung der Nebenarme der Weser - Systemstudie Schweiburg. Gutachten der Bundesanstalt für Wasserbau im Auftrag des Wasser- und Schifffahrts- amtes Bremerhaven, 77 S.



- BAW (2012b): Validierung des Basismodells „Jade-Weser-Ästuar“ für das Verfahren UnTRIM2007-Sedimorph, Version 1, Bundesanstalt für Wasserbau, Hamburg, 108 S.
- Bezirksregierung Weser-Ems, Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft und Küstenschutz & Nds. Landesamt für Ökologie (2004): Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie - Bearbeitungsgebiet Hunte. Stand: 21.12.2004, 37 S.
- BfG (1998a): Faunistische Untersuchungen an einer Buhne der Außenweser (km 73,6). BfG-Bericht 1061, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 44 S.
- BfG (1998b): Dynamik der Schwermetallbelastung in feinkörnigen Sedimenten und Schwebstoffen im Tidebereich von Ems, Weser und Elbe. BfG-Bericht 1188, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (1999): Bagger- und Klappstellenuntersuchungen in der Außenweser. Band 1: Untersuchungen und Ergebnisse. BfG-Bericht 1146. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2001): Untersuchung und Beurteilung von Baggergut aus der Unterweser, km 56 bis 59. Gutachterliche Stellungnahme. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2002): Gutachten - Umweltrisikoeinschätzung für Projekte an Bundeswasserstraßen. Teilbeitrag Unterweser. W 0101- BfG-Bericht 1824. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2003): Untersuchung und Beurteilung der Sedimente an den Klappstellen der Außen- und Unterweser. Im Auftrag des WSA Bremerhaven. BfG-Bericht 1390. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 39 S.
- BfG (2004): Untersuchung und Beurteilung von Baggergut aus der Kleinensiel Plate, Weser-km 54,3 bis 55,25. BfG-Bericht 1413. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2005a): Untersuchung und Beurteilung von Baggergut aus der Unterweser, km 6 bis 8, BfG-Bericht 1466. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2005b): Abschätzung der ökologischen Auswirkungen der Verbringung von Baggergut aus der Hamburger Delegationsstrecke der Elbe auf die Umlagerungsstelle Tonne E3 nordwestlich von Scharhör. Im Auftrag von Hamburg Port Authority. BfG-Bericht 1472. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 157 S.

- BfG (2006a): Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenweser an die Entwicklungen im Schiffsverkehr: Untersuchungen und Beurteilung von Sedimenten der Unter- und Außenweser. BfG-1473. Bearbeiter: Schubert, Müller, Wahrendorf. Im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven. BfG-Bericht 1473. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 101 S.
- BfG (2006b): Untersuchung und Beurteilung von Baggergut aus der Hunte km 21 bis km 23,5. BfG-Bericht 1520. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2006c): Längsprofilmessung des Chlorophyllgehaltes und Ermittlung der Planktonzusammensetzung in der Unterweser im Mai und August des Jahres 2005. BfG-Bericht 1485. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 33 S.
- BfG (2007): Untersuchung und Beurteilung von Baggergut aus dem Werfthafen Elsfleth km 21,0 bis km 21,8. BfG-Bericht 1549. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2008): WSV-Sedimentmanagement Tideelbe - Strategien und Potenziale - eine Systemstudie. Ökologische Auswirkungen der Umlagerung von Wedeler Baggergut. Untersuchung im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Cuxhaven. BfG-Bericht 1584. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 387 S.
- BfG (2009a): Untersuchung und Beurteilung von Baggergut aus der Hunte (km 0 - 2) und dem Küstenkanal (km 0,75 - 8,0). Teilgutachten 1: Bewertung nach HABAB. BfG-Bericht 1601. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2009b): BfG-Merkblatt „Ökotoxikologische Baggergutuntersuchungen“ - Stand September 2009. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2010a): Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel an der Tideelbe. BfG-Bericht 1692 im Auftrag der Hamburg Port Authority. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 114 S.
- BfG (2010b): Monitoring zur Erfassung und Beurteilung der Umweltauswirkungen bei der Erprobung des Wasserinjektionsverfahrens im Unterwasser der Schleuse Herbrum an der Tideems. BfG-Bericht 1695 im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Meppen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 90 S.
- BfG (2011a): Ergebnisse von Schadstoffuntersuchungen an Dauermessstellen der BfG und in Sedimentkernen des Weserästuars; unveröffentlichte Daten. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

- BfG (2011b): Umweltauswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen. WSV-Workshop am 21./22. Juni 2010 in Bremerhaven. BfG-Veranstaltungen 2/2011. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- BfG (2011c): Verfahren zur Bewertung in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung an Bundeswasserstraßen. Anlage 4 des Leitfadens zur Umweltverträglichkeitsprüfung an Bundeswasserstraßen des BMVBS (2007). BfG-Bericht 1559, Version September 2011. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 139 S.
- BfG (2011d): Messungen der Luftschallimmissionen von Wasserinjektionsgerät und Laderaumsaugbagger an der Unterweser. BfG-Bericht 1733 im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 42 S.
- BfG (2011e): Messung und Begutachtung von hydroakustischen Schallimmissionen verursacht durch WI-Unterhaltungsbaggerungen und deren Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere - Finten und Neunaugen. Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremen. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, 16 S.
- BGBl (2011): Bundesgesetzblatt 2011 Teil I Nr. 37, S. 1429 vom 25. Juli 2011: Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV) vom 20. Juli 2011.
- Bio-Büro Kolbe (2006): Bewertungssystem nach WRRL für Makroalgen und Seegräser der Küsten- und Übergangsgewässer der FGE Weser und Küstengewässer der FGE Elbe. Bericht im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), 99 S.
- Bioconsult (2000): Makrozoobenthos-Untersuchungen zur HABAK 2000 in der Außenweser (Tiefwasserklappstellen). Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven, 147 S.
- Bioconsult (2002): Untersuchungen zum Makrozoobenthos im Bereich der WSV-Klappstellen in der Außenweser 2002. Unveröffentlichter Entwurf im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven.
- Bioconsult (2006a): Untersuchungen zum Makrozoobenthos in der Außenweser im Rahmen der HABAK 2005. Tiefwasserklappstellen (T1 - T3) im Bereich km 80 - 101. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven.
- Bioconsult (2006b): Beaufschlagung von Tiefwasserklappstellen in der Außenweser - Monitoring der Auswirkungen auf Seehunde. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven.

- Bioconsult (2007): Auswirkungsprognose zur Ufervorspülung Glameyer Stack in der Unterelbe unter Berücksichtigung von NATURA 2000-Belangen. Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Cuxhaven, 41 S.  
[http://www.kuestendaten.de/publikationen/Datencontainer/Einzeldokumente/glameyer\\_bioconsult\\_2007\\_08.pdf](http://www.kuestendaten.de/publikationen/Datencontainer/Einzeldokumente/glameyer_bioconsult_2007_08.pdf)
- Bioconsult (2008) Gutachten zur Maßnahmenplanung in den niedersächsischen Übergangs- und Küstengewässer im Zuge der Umsetzung der WRRL. Projektbericht im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Betriebsstelle Brake/Oldenburg, 85 S.
- Bioconsult (2011): Anpassung der Oststrecke des Nord-Ostsee-Kanals - Auswirkungen von Baggergutumlagerungen im Flemhuder See auf Makroalgen, Plankton und Benthos. Gutachten im Auftrag ARGE TGP, pu & leguan für die Planungsgruppe zum Ausbau des Nord- Ostsee-Kanals. 40 S.
- Bioconsult (2012): Ökologische Anforderungen an die Revitalisierung des Unterweser-Nebenarms Schweiburg. Machbarkeitsstudie im Rahmen des Interreg IV B Projekts TIDE im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Betriebsstelle Brake/Oldenburg. Entwurf Oktober 2012.
- Bioconsult & Universität Bremen (1998): Faunistische Erhebungen im Bereich der WSV-Klappstellen in der Außenweser. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, 172 S. + Anhang.
- BIOS (2003): Digitale Aufbereitung von Unterlagen zur Ausdehnung von Röhrichten an der Unter- und Außenweser seit ca. 1950. Teil I: Untersuchungen am Rechten Nebenarm der Weser. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven, 25 S.
- BIOS (2007): SKN -14m Ausbau der Außenweser - Vegetationskundliche Begleituntersuchung Kompensationsmaßnahme "Cappel-Süder-Neufeld" 2007. Bericht im Auftrag des WSA Bremerhaven, 30 S.
- BLABAK (2001): Konzept zur Handhabung von Tributylzinn (TBT)-belastetem Baggergut im Küstenbereich. Vereinbarung zwischen dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie den für Umwelt und Verkehr zuständigen Landesministerien der Länder Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein.
- BMVBS (2010): Rahmenkonzept Unterhaltung. Verkehrliche und wasserwirtschaftliche Unterhaltung der Bundeswasserstraßen. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, 60 S.

- BMVBS (2012): Gelbdruck - Leitfaden Umweltbelange bei der Unterhaltung von Bundeswasserstraßen. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, 108 S.
- Borja, A.; Josefsen, A. B.; Miles, A.; Muxika, I.; Olsgard, F.; Phillips, G.; Rodríguez, J. G. & Rygg, B. (2007): An approach to the intercalibration of benthic ecological status assessment in the North Atlantic ecoregion, according to the European Water Framework Directive Marine Pollution Bulletin, 55, S. 42 - 52.
- Borum, J.; Duarte, C. M.; Krause-Jensen, D. & Greve, T. M. (2004): European seagrasses: an introduction to monitoring and management. EU-project Monitoring and Managing of European Seagrasses (M & MS), EVK3-CT-2000-00044, 95 S.  
<http://www.seagrasses.org>
- Burkholder, J. M.; Tomasko, D. A. & Touchette, B. W. (2007): Seagrasses and eutrophication. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 350, S. 46 - 72.
- Burt, N. (2006): Sediment Management Strategien im Elbeästuar. Gutachten in deutscher Übersetzung, HR Wallingford/UK.  
[http://www.tideelbe.de/files/gutachten\\_d\\_schlussdokument\\_neville\\_burt.pdf](http://www.tideelbe.de/files/gutachten_d_schlussdokument_neville_burt.pdf)
- Buthmann, T. (2002): Untersuchung der Strömungs- und Schwebstoffverhältnisse an den Überlaufschwelen zur Flachwasserzone der Kleinensielener Plate (Unterweser km 55). Gewässerkundlicher Bericht 2001-1, Im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven, 33 S. + Anhang.
- CEDA - Central Dredging Association (2011): Underwater sound in relation to dredging. CEDA Positionspapier, 6 S.
- Claus, B. (1998): Länderübergreifendes Schutzkonzept für die Ästuarie Elbe, Weser und Ems. Studie von WWF Frankfurt und BUND Bremen, 237 S. + Anhänge.
- Davison, D. M. & Hughes, D. J., (1998): Zostera biotopes (volume I): An overview of dynamics and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs, Scottish Association for Marine Science, (UK Marine SACs Project), 95 S.
- Deprez, M. & Duhamel, S. (1993): Comparison of impact of gravel extraction on geomorphology, sediment and macrofauna in two areas: Klaverbank (NL) and Dieppe (F). ICES CM 1993/E:7, Anhang VII, S. 51 - 67.
- EAU (2012): Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen. Arbeitsausschuss „Ufereinfassungen“ der Hafentechnischen Gesellschaft e. V. (HTG) (Hrsg.).

- Elsebach, J.; Kaiser, R. & Niemeyer, H. D. (2006): Spatial Balance of Habitats in the Weser Estuary. HARBASINS Report. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz - Forschungsstelle Küste, 19 S.
- Engels, J. G. & Jensen, K. (2010): Role of biotic interactions and physical factors in determining the distribution of marsh species along an estuarine salinity gradient. *Oikos* 119, S. 679 - 685. doi 10.1111/j.1600-01706.2009.17940.x
- Essink, K. (1999): Ecological effects of dumping of dredged sediments, options for management. *Journal of Coastal Conservation* 5, S. 69 - 80. DOI: 10.1007/BF02802741.
- FGG Weser (2005): EG-Wasserrahmenrichtlinie - Bewirtschaftungsplan Flussgebietseinheit Weser 2005 - Bestandsaufnahme Teilraum Tideweser. Flussgebietsgemeinschaft Weser, Hildesheim.
- FGG Weser (2009a): EG-Wasserrahmenrichtlinie - Bewirtschaftungsplan 2009 für die Flussgebietseinheit Weser (nach § 36b WHG). Flussgebietsgemeinschaft Weser, Hildesheim.
- FGG Weser (2009b): EG-Wasserrahmenrichtlinie - Maßnahmenprogramm 2009 für die Flussgebietseinheit Weser (nach § 36 WHG). Flussgebietsgemeinschaft Weser, Hildesheim.
- Führböter, A. & Jensen, J. (1985): Säkularänderungen der mittleren Tidewasserstände in der Deutschen Bucht. *Die Küste*, Heft 42.
- GBA - Gesellschaft für Bioanalytik (Hamburg) (2010a): Unterhaltungsbaggerung Elsflether Werft, Fahrrinne, Hunte km 21,5 bis 21,8. WSV-ID: AF1\_WSV\_20091012172429\_189.
- GBA - Gesellschaft für Bioanalytik (Hamburg) (2010b): Baggervorhaben im Rahmen der Verlegung Warteplatz Buttelerhörne. WSV-ID: AF1\_WSV\_20100901150733\_247.
- GBA - Gesellschaft für Bioanalytik (Hamburg) (2011): Neubau Wendestelle Oldenburg. WSV-ID: AF1\_WSV\_20091023102542\_193.
- GBA - Gesellschaft für Bioanalytik (Hamburg) (2012a): Unterhaltungsbaggerung Hunte und Küstenkanal 2011/2012, WSV-ID: AF1\_WSV\_20110810082744\_317.
- GBA - Gesellschaft für Bioanalytik (Hamburg) (2012b): Abschlussbericht über die Entnahme von Sedimentproben mit einer Kurzbewertung der Analysenergebnisse - Vorhaben: Osthafen Oldenburg. Gutachten im Auftrag der Stadt Oldenburg.

- Gebhardt, R. (1991): Vegetationskundliche Untersuchung Untere Hunte. Bericht im Auftrag des Büros Prof. Nagel, 30 S:
- GfL, Bioconsult & KÜFOG (2006): Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenweser an die Entwicklungen im Schiffsverkehr mit Tiefenanpassung der hafenbezogenen Wendestelle. Umweltverträglichkeitsuntersuchung erstellt im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsämter Bremerhaven und Bremen, 505 S.
- Giesen, W. B. J. T.; van Katwijk, M. M. & den Hartog, C. (1990): Eelgras condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquatic Botany* 37. S. 71 - 85.
- Grabemann, I.; Uncles, R. J.; Krause, G. & Stephens J. A. (1997): Behaviour of Turbidity Maxima in the Tamar (UK) and Weser Estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 45. S. 235 - 246.
- Grabemann, H.-J.; Grabemann, I.; Herbers, D.; Loebel, P. & Müller, A. (1999): Hydrodynamik und Gewässergüte der Unterweser vor dem Hintergrund unterschiedlicher Nutzungen. In: Schirmer, M. & Schuchardt, B. (Hrsg.): Die Unterweserregion als Natur-, Lebens-, und Wirtschaftsraum. Eine querschnittsorientierte Zustandserfassung. Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung 35. S. 43 - 64.
- Greiser, N. (1988): Zur Dynamik von Schwebstoffen und ihren biologischen Komponenten in der Elbe bei Hamburg. *Hamburger Küstenforschung*, Heft 45.
- GÜBAK (2009): Gemeinsame Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern (GÜBAK) zwischen der Bundesrepublik Deutschland und den fünf Küstenländern, August 2009.
- HABAB-WSV (2000): Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland; erstellt von der Bundesanstalt für Gewässerkunde im Auftrag des BMVBW; BfG-Bericht 1251, Bonn/Koblenz.
- HABAG (in Vorbereitung): Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut aus Bundeswasserstraßen. Entwurf vom Oktober 2012, erstellt unter Federführung der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- HABAK-WSV (1999): Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich; erstellt von der Bundesanstalt für Gewässerkunde im Auftrag des BMVBW ; BfG-Bericht 1100, Koblenz.
- Haesloop, U. & Schuchardt, B. (1995): Plankton und Makrozoobenthon der gezeitenbeeinflussten Unterweser. In: Gerken, B. & Schirmer, M. (Hrsg.), *Die Weser. Limnologie aktuell*. G. Fischer Verlag, Jena, S. 159 - 173.

- Haesloop, U. (2004): Fischereibiologische Untersuchungen im Rahmen der HABAK/B Elbe. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg, 57 S. + Anhang.
- Hein, H.; Mai, S.; Barjenbruch, U. & Ganske, A. (2012): Tidekennwerte & Seegangsstatistik - eine Trendanalyse, KLIWAS - Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland, 2. Statuskonferenz am 25./26. 10.2011 im BMVBS, Berlin.
- Hennig, K. H. (2010): Variabilität der Sedimente im Bereich der Trübungszone der Weser. Bachelorarbeit Leuphana Universität Lüneburg, Fakultät III Umwelt und Technik, Studiengang Bauingenieurwesen, 121 S.
- Heuner, M. (2006): Erarbeitung von Habitateignungsmodellen für die Vegetation im gezeitenbeeinflussten Deichvorland mit Schwerpunkt auf Tideröhrichten. Diplomarbeit Universität Karlsruhe, 93 S. + Anhang.
- HPA & Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (2012): Übergangsregelung zum Handlungskonzept Umlagerung von Baggergut aus dem Hamburger Hafen in der Stromelbe. Stand 16.03.2012, 19 S.
- Institut für Wasserbau, Hochschule Bremen (2006): Gutachten über die morphologischen Veränderungen in der Unterweser seit dem 9-m-Ausbau. Im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes.
- Irion, G.; Wunderlich, F. & Schwedhelm, E. (1987): Transport of clay minerals and anthropogenic compounds into the German Bight and the provenance of fine-grained sediments SE of Helgoland. *Journal of the Geological Society, London*. Vol. 144/1, S. 153 - 160.
- Kösters, F. (2010): Die Trübungszone der Weser - Prozessverständnis und Überblick aktueller Untersuchungen. BAW-Kolloquium „Das Systemverhalten der Ästuar“ 7.10.2010, 28 S.
- Kösters, F. & Grabemann, I. (in Vorbereitung): River Discharge Related Changes of the Turbidity Maximum Sediment Inventory in the Weser Estuary.
- Kötter, F. (1961): Die Pflanzengesellschaften im Tidegebiet der Unterelbe. *Archiv für Hydrobiologie, Suppl.* 26/1, S. 106 - 184.
- Krebs, F. (2001): Ökotoxikologische Baggergutuntersuchung, Baggergutklassifizierung und Handhabungskategorien für Baggergutumlagerungen. In: W. Calmano (Hrsg.): *Untersuchung und Bewertung von Sedimenten - ökotoxikologische und chemische Testmethoden*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, S. 333 - 352.



Krieg, H.-J. (2005): Die Entwicklung eines modifizierten Potamon-Typie-Indexes (Qualitätskomponente benthische Wirbellosenfauna) zur Bewertung des ökologischen Zustands der Tideelbe von Geesthacht bis zur Seegrenze. Methodenbeschreibung AeTI (Aestuar-Typie-Index) und Anwendungsbeispiele. Projektbericht im Auftrag der ARGE Elbe/BSU - WG Elbe, 38 S.

Krieg, H.-J. (2006) Prüfung des erweiterten Aestuar-Typie-Indexes (AeTI) in der Tideelbe als geeignete Methode für die Bewertung der Qualitätskomponente benthische Wirbellosenfauna gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie im Rahmen eines vorläufigen Überwachungskonzeptes (Biomonitoring). Bericht im Auftrag der Wassergütestelle Elbe, 86 S.

Krieg, H.-J. (2007) Vorgezogene, überblicksweise Überwachung der Tideelbe - Durchführung der Untersuchung und Bewertung der Oberflächenwasserkörper des Tideelbestroms (QK benthische wirbellose Fauna) Verifikation und Praxistest des Ästuartypie-Verfahrens anhand aktueller Daten der benthischen Wirbellosenfauna im Untersuchungsraum Tideelbe (2006). Bericht im Auftrag der Wassergütestelle Elbe, 41 S.

Krieg, H.-J. (2008) Überblicksweise Überwachung der Tideelbe. Durchführung der Untersuchung und Bewertung der Oberflächenwasserkörper des Tideelbestroms (QK benthische wirbellose Fauna) Koordinierungsraum Tideelbe (2007). Bericht im Auftrag der Wassergütestelle Elbe, 51 S.

Krost, P. & Kock, M.; Coastal Research and Management (2010): Ökologische Auswirkungen der Verbringung von Baggergut aus dem NOK. Unveröffentlichter Bericht, Kiel, 16 S.

KÜFOG (2005): Digitale Aufarbeitung von Unterlagen zur Vegetationsentwicklung des Vorlandes an Unter- und Außenweser seit ca. 1950. Diverse Berichte im Auftrag des WSA Bremerhaven.

KÜFOG (2007): Vergleich makrozoobenthischer Besiedlung im Bereich der geplanten Wendestelle (Weser-km 71 - 73) mit älteren Zeitreihen zum SKN-14-m-Ausbau anhand ausgewählter Stationen (Entwurf).

KÜFOG (2011): Integrierter Bewirtschaftungsplan Weser (IBP Weser). Fachbeitrag 1: „Natura 2000“. Natura 2000-Gebiete der Tideweser in Niedersachsen und Bremen. Teil 1: Bestandsaufnahme, Teil 2: Ziele und Maßnahmenvorschläge, Teil 3: Materialband Bericht im Auftrag des NLWKN und des SUBV, 594 + 178 S.

KÜFOG & OSAE (2006): Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenweser an die Entwicklung im Schiffsverkehr - Seitensichtsonar-Untersuchungen in der Außenweser (u. a. Auswertung der BSH-Daten). Darstellung und Erläuterung der Rinnen-substrate unter besonderer Berücksichtigung des Makrozoobenthos.

Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes  
Bremerhaven.

- Lange, D. (2004): Dokumentation und Durchführung der im Planfeststellungsbeschluss für den Ausbau der Bundeswasserstraße Weser von km 65 bis km 130 zur Herstellung einer Mindesttiefe von 14 m unter Seekartennull. Angeordnete Beweissicherungsaufgaben und Bewertung der Ergebnisse. Wasser- und Schifffahrtsamt Bremerhaven.
- Lange, J. (2011): Wirkungskontrolle WI-Baggerungen Unterweser: Untersuchung zur Betroffenheit der Finte. BfG-Veranstaltungen 2/2011: Umweltauswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen. WSV-Workshop am 21./22. Juni 2010 in Bremerhaven, S. 65 - 71.
- Lange, D.; Müller, H.; Piechotta, F. & Schubert, R. (2008): The Weser Estuary. Die Küste 74, S. 275 - 287.
- Lange, Droste & Meyerdirks - Bietergemeinschaft freiberuflicher Biologen (2008): Limnologische Folgekontrolle der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme auf der Kleinensiel Plate. Bericht im Auftrag des WSA Bremerhaven.
- LAWA (1998): Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Gewässer - Band II: Ableitung und Erprobung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink. Stand 2. Juni 1997. Erarbeitet vom LAWA-Arbeitskreis „Zielvorgaben“. Hrsg. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser. ISBN 3-88961-216-4.
- Mai, S. (2011): Messungen zur Erfassung der Lärmimmissionen von Laderaumsaugbagger und Wasserinjektionsgerät, rechnerische Ermittlung der Lärmemissionen und Beurteilung der Ergebnisse zum Luftschall. Vortrag anlässlich eines Arbeitsgesprächs im WSA Bremen am 04.08.2011.
- Malcherek, A. (2010): Gezeiten und Wellen. Die Hydromechanik der Küstengewässer. Verlag Vieweg. ISBN: 978-3-8348-0787-8.
- Meyer-Nehls, R. (2000): Das Wasserinjektionsverfahren. Ergebnisse einer Literaturstudie sowie von Untersuchungen im Hamburger Hafen und in der Unterelbe. Freie und Hansestadt Hamburg. Wirtschaftsbehörde Strom- und Hafenausbau. ISSN 0177-1191, Heft 8, 117 S.
- Moore, K. A.; Wetzel, R. L. & Orth, R. J. (1997): Seasonal pulses of turbidity and their relations to eelgrass (*Zostera marina* L.) survival in an estuary. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 215. S. 115 - 134.

- Moore, K. A. & Wetzel, R. L. (2000): Seasonal variations in eelgrass (*Zostera marina* L.) responses to nutrient enrichment and reduced light availability in experimental ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 244. S. 1 - 28.
- Müller, D.; Pfitzner, S. & Wunderlich, M. (1998): Auswirkung von Baggergutumlagerungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt von Fließgewässern. *Wasser & Boden* 50/10, S. 26 - 32.
- Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg, Nationalpark-Verwaltung Hamburgisches Wattenmeer (online): Seehundzählung 2012. <http://www.nationalpark-wattenmeer.de/node/1910> (abgerufen im März 2013).
- Nature-Consult (2009a): Vergleichende Bilanzierung des Jahres 2008 zu früheren Kartierungen - Ausdehnung von Röhrichten an Unter- und Außenweser seit ca. 1950. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven, 173 S.
- Nature-Consult (2009b): Ausbreitung ausgewählter Röhrichtarten am Rechten Nebenarm der Unterweser und an der Schweiburg in 2008 im Vergleich zu 1986 und 2004. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven, 16 S.
- Nature-Consult (2009c): Vegetationskartierung der Deichvorländer an Unter- und Außenweser und im Gebiet Lesum/Hamme/Wümme auf Grundlage einer digitalen Luftbildbefliegung 2008 mittels semiautomatischer Klassifikation. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven. 61 S.
- Nichols, M.; Diaz, R. J. & Schaffner, L. C. (1990): Effects of hopper dredging and sediment dispersion, Chesapeake Bay. *Environmental Geology and Water Sciences* 15(1): S. 31 - 43.
- NLWKN (2010). Umsetzung der EG-WRRL - Bewertung des ökologischen Zustands der niedersächsischen Übergangs- und Küstengewässer (Stand: Bewirtschaftungsplan 2009). *Küstengewässer und Ästuar* 1/2010. 59 S.
- NLWKN & SUBV (2011): Integrierter Bewirtschaftungsplan Weser - Fachbeitrag 3: „Wasserrahmenrichtlinie“. Niedersachsen und Bremen, 60 S.
- NLWKN & SUBV (2012): Integrierter Bewirtschaftungsplan Weser für Niedersachsen und Bremen. Textband, 342 S. + Anhang.
- OSPAR Commission (2008): Literature Review on the Impacts of Dredged Sediment Disposal at Sea. Biodiversity Series, Publication Number 362/2008, 54 S.

- Papenmeier, S.; Schrottke, K.; Bartholomä, A. & Steege V. (2009): Wirkungskontrolle von Wasserinjektionsbaggerungen auf subaquatischen Dünenfeldern in der Unterweser auf der Basis von hydroakustischen, optischen und laseroptischen Messungen. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 2009 (Oldenburg), S. 71 - 76.
- Petermeier, A.; Schöll, F. & Tittizer, T. (1996): Die ökologische und biologische Entwicklung der deutschen Elbe. Ein Literaturbericht. *Lauterbornia* 24, S. 1 - 95.
- Piechotta, F. (2011): Gewässerkundliche Untersuchungen im Rahmen der WI-Wirkungskontrolle. BfG-Veranstaltungen 2/2011: Umweltauswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen. WSV-Workshop am 21./22. Juni 2010 in Bremerhaven, S. 18 - 31.
- Puls, W.; Heinrich, H. & Mayer, B. (1997): Suspended Particulate Matter Budget for the German Bight. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 34/6, S. 398 - 409.
- Raghi-Atri, F. & Bornkamm, R. (1980): Über Halmfestigkeit von Schilf (*Phragmites australis* [Cav.] Trin. ex Steudel) bei unterschiedlicher Nährstoffversorgung. *Archiv für Hydrobiologie* 90, S. 90 - 105.
- Rahlf, H. & Maushake, C. (2011): Messung von Schwebstoffkonzentrationen im Umfeld einer Wasserinjektionsbaggerung in der Unterweser. WSV-Workshop am 21./22. Juni 2010, BfG-Veranstaltungen 2/2011, S. 31 - 40.
- Reise, K. & Kohlus, J. (2008): Seagrass recovery in the Northern Wadden Sea? *Helgoland Marine Research* 62. S. 77 - 84. doi: 10.1007/s10152-007-0088-1.
- Relexans, J. C.; Meybeck, M.; Billen, G.; Brugeaille, M.; Etcheber, H. & Somville, M. (1988): Algal and microbial processes involved in particulate organic matter dynamics in the Loire Estuary. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, Vol. 27, S. 625 - 644.
- Riecken, U.; Finck, P.; Raths, U.; Schröder, E. & Ssymank, A. (2006): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 34, Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 318 S.
- Schirmer, M. (1995): Eindeichung, Trockenlegung, Korrektur, Anpassung: Die Abwicklung der Unterweser und ihrer Marsch. In: Gerken & Schirmer (Hrsg.): *Die Weser - Zur Situation von Strom und Landschaft und den Perspektiven ihrer Entwicklung*. *Limnologie aktuell*, Band 6. Fischer, Stuttgart, S. 35 - 54.
- Schirmer, M. & Lange, J. (2003): Limnologische Funktionskontrolle der Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme auf der Kleinensielener Plate. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven.

- Schirmer, M. & Lange, J. (2006): Biologische Untersuchungen zur ökologischen Bedeutung von Flachwassergebieten an der Unterweser - Abschlussbericht Februar 2006. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz. Universität Bremen, Aquatische Ökologie, 64 S.
- Schmitt, P.; Krumwiede, A. & Steege, V. (2011): Benthosökologische Untersuchungen zu den Auswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen in der Riffelstrecke der Unterweser. BfG-Veranstaltungen 2/2011: Umweltauswirkungen von Wasserinjektionsbaggerungen. WSV-Workshop am 21./22. Juni 2010 in Bremerhaven, S. 55 - 64.
- Schröder, U. (2005): Analysis of shift in reed habitats along the tidal river Elbe. In: Erasmi, S.; Cyffka, B. & Kappas, M. (Hrsg.): Remote Sensing & GIS for Environmental Studies: Applications in Geography, Göttinger Geographische Abhandlungen 113, S. 109 - 115.
- Schrottke, K.; Bartholomä, A. & Stegmann, S. (2005): Sedimentkartierung des Weserästuars auf Basis hydroakustischer Messungen. Schriftenreihe der Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (DVW) Band 47, S. 45 - 52.
- Schrottke, K.; Becker, M.; Bartholomä, A.; Flemming, B W. & Hebbeln, D. (2006): Fluid mud dynamics in the Weser estuary turbidity zone tracked by high resolution side-scan sonar und parametric sub-bottom profiler. Geo-Marine Letters, Springer Verlag. DOI 10.1007/s00367-006-0027-1.
- Schubert, B. (2005): Stellungnahme der BfG zur Vulkanwerft. BfG/G1/211/3607.
- Schubert, R. & Rahlf, H. (2003): Hydrodynamik des Weserästuars. Mitteilungen der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 86, S. 49 - 53.
- Schuchardt, B. (1990): Zur Bedeutung physikalischer Prozesse für die Dynamik organischer Seston-Komponenten im inneren Weser-Ästuar. Dissertation Universität Bremen, 110 S.
- Schuchardt, B. (2003): Die Wiederherstellung von tidebeeinflussten Lebensräumen: eine Übersicht. Bremer Beiträge für Naturkunde und Naturschutz 6, S. 7 - 17.
- Schuchardt, B. & Schirmer, M. (1991): Zur Sedimentationsdynamik in den tideoffenen Bremer Seehäfen. Die Küste 52, S. 145 - 170.
- Schuchardt, B.; Haesloop, U. & Schirmer, M. (1993): The tidal freshwater reach of the Weser estuary: riverine or estuarine? Netherlands Journal of Aquatic Ecology 27, S. 215 - 226.

- Schulze, S. (2005): Untersuchungen über den Laichfischbestand und die Reproduktion der Finte (*Alosa fallax fallax*, Lacépède, 1803) in der Unterweser. Diplomarbeit, Universität Bremen, 110 S.
- Stammerjohann, D. (2007): Ausbau und Erweiterung der Elsflether Werft. Gutachterliche Stellungnahme der BfG.
- Stammerjohann, D. (2011a): Baggervorhaben Warteplatz Buttelerhörne. Stellungnahme der BfG zur physikalisch/chemischen und ökotoxikologischen Beschaffenheit des Baggergutes.  
WSV-ID: AF1\_WSV\_20100901150733\_247
- Stammerjohann, D. (2011b): Baggervorhaben Wendestelle Oldenburg. Stellungnahme der BfG zur physikalisch/chemischen und ökotoxikologischen Beschaffenheit des Baggergutes.  
WSV-ID: AF1\_WSV\_20091023102542\_193
- Stammerjohann, D. (2012a): Baggervorhaben Weser-km 6 - 8. Stellungnahme der BfG.  
WSV-ID: AF1\_WSV\_20110810074442\_316
- Stammerjohann, D. (2012b): Baggervorhaben Hunte und Küstenkanal. Stellungnahme der BfG zur physikalisch/chemischen und ökotoxikologischen Beschaffenheit des Baggergutes.  
WSD-ID: AF1\_WSV\_20110810082744\_317
- Stengel, T. (2006): Wasserinjektionsbaggerungen in der Unterweser - eine ökologische und ökonomische Alternative zu Hopperbaggerungen. HANSA International Maritime Journal, 143. Jahrgang 2006, Nr. 10.
- TIDE (online): Weser Estuary Factsheet. Erarbeitet im Rahmen des EU-Projekts TIDE.  
[http://www.tide-project.eu/index.php5?cmd=download&subcmd=downloads/Weser\\_Estuary\\_Factsheet.pdf](http://www.tide-project.eu/index.php5?cmd=download&subcmd=downloads/Weser_Estuary_Factsheet.pdf) (abgerufen im März 2013)
- UBA (online): Webseite „Chemikalienpolitik und Schadstoffe, REACH; Dioxine“.  
<http://www.umweltbundesamt.de/chemikalien/dioxine.htm> (abgerufen im März 2013)
- Van der Heide, T.; van Nes, E.; Geerling, G.; Smolders, A.; Bouma, T. & van Katwijk, M. (2007): Positive Feedbacks in Seagrass Ecosystems: Implications for Success in Conservation and Restoration. *Ecosystems* 10, S. 1311 - 1322.
- Wahl, T.; Jensen, J. & Frank, T. (2010): On analyzing sea level rise in the German Bight since 1844. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 10, S. 171 - 179.

- Wahl, T.; Jensen, J.; Frank, T. & Haigh, I. D. (2011): Improved estimates of mean sea level changes in the German Bight over the last 166 years. *Ocean Dynamics* 2011/5, S. 701 - 715.
- Wienberg, C. (2003): The impact of dredge spoil dumping on coastal morphodynamics monitored by high-resolution acoustic measuring instruments (outer Weser Estuary, German Bight). Dissertation, Universität Bremen, 104 S.
- Wilken, R. D.; Christiansen, H.; Fanger, H. U.; Greiser, N.; Haar, S.; Puls, W.; Reinicke, H. & Vollmer, M. (1991): Fakten und Hypothesen zum Schwebstoff- und Schadstofftransport in der Elbe. *Vom Wasser* 76, S. 168 - 189.
- Witt, J. (2004): Analysing brackish benthic communities of the Weser estuary: Spatial distribution, variability and sensitivity of estuarine invertebrates. Dissertation Universität Bremen, Fachbereich Biologie/Chemie, 183 S.
- WSA Bremen (2010): Wirkungskontrolle Wasserinjektionsbaggerung in der Unterweser - Begleitende gewässerkundliche Untersuchungen. Teilbericht Hydrologische Randbedingungen und Auswertung der Trübungsmessungen an den temporären Dauermessstationen. Bearbeiterin: F. Piechotta.
- WSA Bremen (2012): Untersuchungen zur Optimierung der Unterhaltungsstrategie im Hauptfintelaichgebiet der Unterweser, Teil 1. Auswertung der Testbaggerung im April 2010 zwischen km-28,0 und km-31,0. Gewässerkundlicher Bericht vom 25. Oktober 2012. Bearbeiterin: F. Piechotta.
- WSA Bremen (2013): Aktuelles Sedimentmanagement in der Tideweser und der Tidehunte. Gewässerkundlicher Bericht vom 05. April 2013. Bearbeiterin: F. Piechotta.
- WSA Bremerhaven (1996): Einfluss des SKN-14m-Ausbaus der Außenweser auf morphodynamische Prozesse. Versuch einer Analyse unter Berücksichtigung des Ist-Zustandes. Gewässerkundlicher Bericht.
- WSA Bremerhaven (1999): Riffelbaggerungen in der Neuen Weser - Analyse der Riffelkennwerte und Leistungsvergleich zwischen einem Laderaumsaugbagger und einem Wasserinjektionsbagger. Gewässerkundlicher Bericht 1999-2.
- WSA Bremerhaven (2000a): Neue Tiefwasserklappstellen in der Außenweser - Untersuchungen zur Hydrodynamik. Gewässerkundlicher Bericht 2000-2, unveröffentlicht. Bearbeiter: H. Müller.
- WSA Bremerhaven (2000b): Neue Tiefwasserklappstellen in der Außenweser - Untersuchungen zur Morphodynamik. Gewässerkundlicher Bericht 2000-3, unveröffentlicht. Bearbeiter: H. Müller.

- WSA Bremerhaven (2001a): Neue Tiefwasserklappstellen in der Außenweser - Untersuchungen zur Morpho- und Hydrodynamik-. Kurzfassung zur Erarbeitung der Auswirkungsprognose gemäß HABAK-WSV. Gewässerkundlicher Bericht 2002, unveröffentlicht. Bearbeiter: H. Müller.
- WSA Bremerhaven (2001b): Ausweisung von Tiefwasserklappstellen in der Außenweser - Auswirkungen auf Seehunde. Unveröffentlichter Bericht. Bearbeiter: V. Steege.
- WSA Bremerhaven (2003a): Anpassung der Unter- und Außenweser - Fakten zur „Rampe Blexer Bogen“. Gewässerkundlicher Bericht 2003-3. Bearbeiter: H. Müller.
- WSA Bremerhaven (2003b): Ausweisung von Tiefwasserklappstellen in der Außenweser. Auswirkungsprognose und Überwachungsprogramm gemäß HABAK-WSV. Sachstandsbericht Januar 2003. Bearbeiter: V. Steege.
- WSA Bremerhaven (2003c): Gewässerkundlicher Bericht 2003-2: Vergleich von Strömungs-, Trübungs- und Salzgehaltsmessungen in der inneren Außen- und Unterweser bei hohen und niedrigen Oberwasserabflüssen im Januar und September 2003. Bearbeiter: T. Buthmann.
- WSA Bremerhaven (2007a): Klappstellen in der Außenweser - Morphologische Veränderungen nach dem 14-m-Ausbau. WAP-Studie 2007-5. Bearbeiter: H. Müller.
- WSA Bremerhaven (2007b): Trübungsmessungen im Wremer Loch Priel während der Verbringung von Baggeregut auf die Klappstelle T1. Bearbeiter: T. Buthmann.
- WSA Bremerhaven (2009): Wirkungskontrolle WI-Baggereinsatz - Begleitende gewässerkundliche Untersuchungen. Gewässerkundlicher Bericht 2008-2, Konzept 03.09.2009. Bearbeiter: H. Müller.
- WSA Bremerhaven (2010): Dokumentation und Durchführung der im Planfeststellungsbeschluss für den Ausbau der Bundeswasserstraße Weser von km 65 bis km 130 zur Herstellung einer Mindesttiefe von 14 m unter Seekartennull angeordneten Beweissicherungsaufgaben und Bewertung der Ergebnisse - Abschlussbericht. Bearbeiter: Dr. D. Lange.
- WSA Bremerhaven (2012): Beweissicherung zur Weseranpassung, Ergänzung Nr. 2012-01, Salzgehalt. Berechnung der Brackwassergrenze aus den kontinuierlichen Aufzeichnungen an den Pegeln und ihre zeitliche Entwicklung. Version 1.0 vom 10.04.2012. Bearbeiter: Dr. D. Lange.
- WSA Bremerhaven & BfG (2008): Unterweser - Unterhaltungsplan für den Abschnitt km 44,0 bis km 52,0 - Berücksichtigung ökologischer Belange bei der Unterhaltung. BfG-Bericht 1588.



WSA Bremerhaven & WSA Bremen (2006): Teil B Unterweser (UW) - Erläuterungsbericht zum Plan für die Anpassung der Bundeswasserstraße Unterweser von Weserkilometer 8 bis Weserkilometer 65. Projektgruppe Weseranpassung.

WWK (2007): Unterhaltungsplan zur Bundeswasserstraße Unterweser von km 44,0 bis km 52,0. Erläuterungsbericht zur Biotoptypenkartierung (Langfassung). Bericht im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde, 173 S.