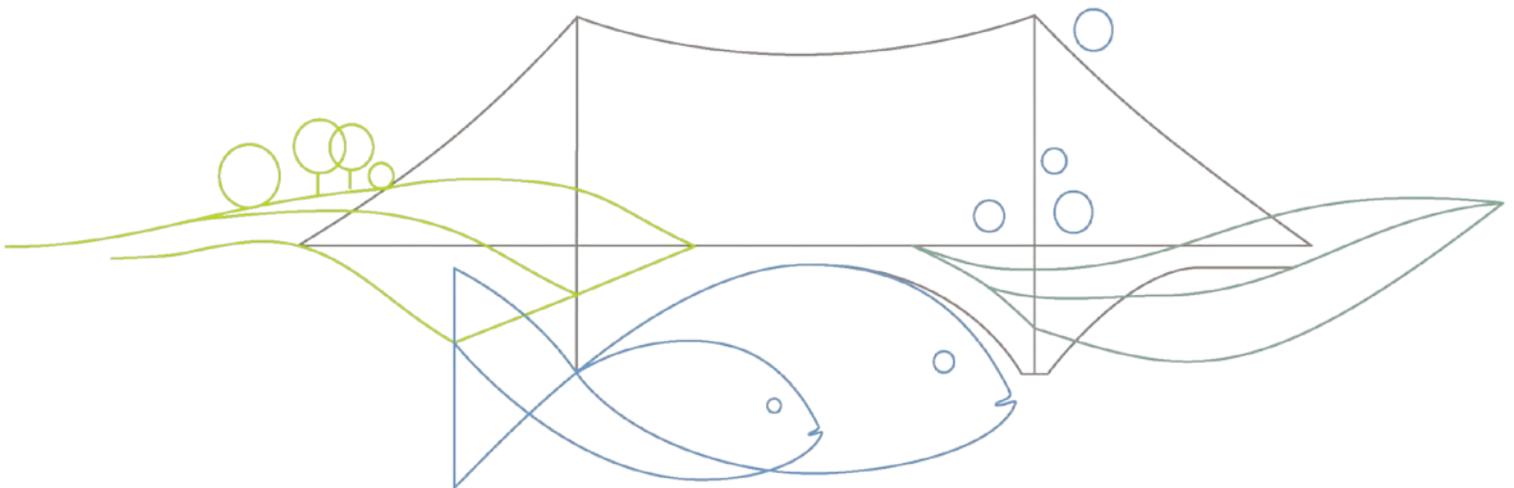


# Bericht

## Sedimentmanagementkonzept Tideems





BfG-1944

# Bericht

## Sedimentmanagementkonzept Tideems

Dezember 2017

Auftraggeber: Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Emden

BfG-JAP-Nr.: M39630104029

Anzahl der Seiten: 210 + Anhang



## **Bearbeiterinnen und Bearbeiter in der BfG**

### **Federführung**

Mailin Eberle  
Melanie Schlimbach

### **Fachliche Bearbeitung**

Hydrologie

Christoph Blasi

Hydromorphologie/Sedimenthaushalt

Dr. Axel Winterscheid

Christine Borgsmüller

Dr. Frauke König

Dr. Ina Quick

Sauerstoff, Nährstoffe und Phytoplankton

Andreas Schöl

Schadstoffe in Feststoffen

Dr. Dirk Löffler

Ökotoxikologie

Dr. Ute Feiler

Fauna (Makrozoobenthos, Meeressäuger, Avifauna)

Dr. Markus Wetzel

Fauna (Fische)

Christian von Landwüst

Wilko Heimann

Vegetation

Dr. Andreas Sundermeier

Katja Behrendt

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

Friedhelm Roeloffzen

Markus Jänen

Dr. Martin Krebs

Dr. Uwe Walter

## **Fachliche Begleitung im WSA Meppen**

Thorsten Seiwald

Jens Mäueler

Norbert Gebken

Zitiervorschlag: BfG (2017): Sedimentmanagementkonzept Tideems. Gutachten im Auftrag des WSA Emden. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-Bericht 1944

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>9</b>
<b>Summary .....</b>	<b>12</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Anlass und Zielsetzung .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 Übersicht über den Betrachtungsraum.....</b>	<b>17</b>
<b>2 Aktuelles Sedimentmanagementkonzept .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Einführung.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Unterhaltungszuständigkeiten .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 Unterhaltungstechniken.....</b>	<b>24</b>
2.3.1 Hopperbagger.....	24
2.3.2 Schlickegge .....	25
2.3.3 Wasserinjektionsverfahren (WI) .....	26
<b>2.4 Feststellung des Baggerbedarfs und zeitlicher Rahmen bis zur Baggerung....</b>	<b>27</b>
<b>2.5 Unterhaltung der Außenems (einschließlich Emders Fahrwasser).....</b>	<b>29</b>
2.5.1 Beschreibung der Unterhaltungsbaggerungen/Unterhaltungsstrategie .....	29
2.5.2 Baggermengen und Unterhaltungsintensitäten.....	30
2.5.3 Baggergutbeschaffenheit .....	37
2.5.4 Unterbringung von Baggergut.....	38
<b>2.6 Unterhaltung der Unterems .....</b>	<b>40</b>
2.6.1 Beschreibung der Unterhaltungsbaggerungen/Unterhaltungsstrategie .....	40
2.6.2 Baggermengen und Unterhaltungsintensitäten.....	42
2.6.3 Baggergutbeschaffenheit .....	46
2.6.4 Unterbringung von Baggergut.....	47
<b>2.7 Unterhaltung des tidebeeinflussten DEK.....</b>	<b>50</b>
2.7.1 Beschreibung der Unterhaltungsbaggerungen/Unterhaltungsstrategie .....	50
2.7.2 Baggermengen und Unterhaltungsintensitäten.....	50
2.7.3 Sediment- und Schwebstoffbeschaffenheit .....	52
2.7.4 Unterbringungsorte und anderweitige Verwendungen von Baggergut .....	52
<b>2.8 Unterhaltungsaktivitäten Dritter.....</b>	<b>53</b>
2.8.1 Niederländische Aktivitäten (Häfen Delfzijl und Eemshaven sowie deren Zufahrten).....	53
2.8.2 Sedimentkonditionierung im Hafen Emden .....	53
2.8.3 Fluidanlagen in Leer und Papenburg: .....	54
2.8.4 Unterhaltung der Sielausläufe mittels Räumboot.....	55
<b>3 Kurzcharakteristik und Defizitanalyse des ökologischen Systems.....</b>	<b>56</b>
<b>3.1 Ökologisches Leitbild und Ziele für das Ems-Ästuar .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2 Hydrologie.....</b>	<b>58</b>
3.2.1 Charakterisierung des derzeitigen Zustands.....	58
3.2.2 Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen.....	68
<b>3.3 Hydromorphologie/Sedimenthaushalt .....</b>	<b>68</b>
3.3.1 Charakterisierung des derzeitigen Zustands.....	68
3.3.2 Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen.....	78

<b>3.4</b>	<b>Wasserbeschaffenheit und Phytoplankton.....</b>	<b>79</b>
3.4.1	Charakterisierung des derzeitigen Zustands.....	79
3.4.2	Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen.....	91
<b>3.5</b>	<b>Schadstoffe in Sediment und Schwebstoffen/Ökotoxikologie .....</b>	<b>92</b>
3.5.1	Charakterisierung des derzeitigen Zustands.....	92
3.5.2	Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen.....	102
<b>3.6</b>	<b>Fauna.....</b>	<b>103</b>
3.6.1	Charakterisierung des derzeitigen Zustands.....	103
3.6.2	Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen.....	109
<b>3.7</b>	<b>Vegetation .....</b>	<b>112</b>
3.7.1	Charakterisierung des derzeitigen Zustands.....	112
3.7.2	Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen.....	116
<b>3.8</b>	<b>Diskussion der wichtigsten Defizite und Bezug zum Sedimentmanagement. 117</b>	
<b>4</b>	<b>Auswirkungen von Unterhaltungsbaggerung und</b>	
	<b>Baggergutunterbringung auf das ökologische System der Tideems.....</b>	<b>122</b>
<b>4.1</b>	<b>Hydrologie/Hydrodynamik .....</b>	<b>122</b>
<b>4.2</b>	<b>Hydromorphologie/Sedimenthaushalt .....</b>	<b>122</b>
4.2.1	Auswirkungen der Unterhaltungstätigkeiten (Baggerung und Baggergutunterbringung) .....	123
4.2.2	Summarische Auswirkungen.....	135
<b>4.3</b>	<b>Wasserbeschaffenheit (Sauerstoff, Nährstoffe) und Phytoplankton .....</b>	<b>136</b>
<b>4.4</b>	<b>Schadstoffbelastungen und ökotoxikologische Wirkungen.....</b>	<b>141</b>
<b>4.5</b>	<b>Makrozoobenthos.....</b>	<b>142</b>
<b>4.6</b>	<b>Fischfauna.....</b>	<b>144</b>
<b>4.7</b>	<b>Meeressäuger .....</b>	<b>146</b>
<b>4.8</b>	<b>Avifauna.....</b>	<b>146</b>
<b>4.9</b>	<b>Vegetation .....</b>	<b>147</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion der Handlungsoptionen .....</b>	<b>149</b>
<b>5.1</b>	<b>Rahmenbedingungen .....</b>	<b>149</b>
<b>5.2</b>	<b>Diskussion der grundsätzlichen Unterhaltungsstrategie</b>	
	<b>(Unterbringung im Gewässersystem oder außerhalb).....</b>	<b>150</b>
<b>5.3</b>	<b>Minimierung von Unterhaltungsbaggerungen bzw. Optimierung von</b>	
	<b>Unterhaltungsmengen und -zeiten.....</b>	<b>151</b>
5.3.1	Möglichkeiten zur bedarfsorientierten Unterhaltung .....	151
5.3.2	Optimierung des Peilverfahrens .....	153
5.3.3	Optimierung des Vorratsmaßes .....	153
5.3.4	Minimierung von Unterhaltungsbaggerungen in sensiblen Zeiten .....	154
5.3.5	Weitergehende Ansätze zur Minimierung des Unterhaltungsbedarfs (Sperrwerksteuerung, Strombau u. ä.) .....	158
<b>5.4</b>	<b>Minimierung der Auswirkungen des Baggervorgangs .....</b>	<b>159</b>
<b>5.5</b>	<b>Optimierung der Unterbringung von Baggergut .....</b>	<b>164</b>
5.5.1	Diskussion der vorhandenen Unterbringungsstellen und denkbarer weiterer Unterbringungsstellen im Umfeld.....	164
5.5.2	Ökologische Vor- und Nachteile der Unterbringung von Baggergut an Land bzw. in Gewässern binnendeichs.....	166

5.5.3	Unterbringung von Baggergut in der Nordsee .....	168
5.5.4	Unterbringung von Baggergut mit dem Ziel nachhaltiger Sedimentation ....	169
5.5.5	Möglichkeiten zur Sicherung/Förderung von Strukturvielfalt durch Nutzung von Baggergut.....	170
5.5.6	Nutzung von Baggergut als Baustoff .....	171
<b>5.6</b>	<b>Weitere Handlungsfelder.....</b>	<b>172</b>
5.6.1	Unterhaltung von Seitenbereichen .....	172
<b>6</b>	<b>Konzept/Empfehlungen für das Sedimentmanagement und Ausblick .....</b>	<b>175</b>
<b>6.1</b>	<b>Steckbriefe zu Teilabschnitten mit Empfehlungen für die Unterhaltung .....</b>	<b>176</b>
<b>6.2</b>	<b>Allgemeine Empfehlungen.....</b>	<b>183</b>
<b>6.3</b>	<b>Empfehlungen zu Monitoring und Untersuchungen für das Sedimentmanagement.....</b>	<b>186</b>
6.3.1	Monitoring/Untersuchungen zur Abschätzung von Auswirkungen laufender Unterhaltungstätigkeiten .....	186
6.3.2	Monitoring/Untersuchungen zur Verbesserung des Systemverständnisses als Basis für die Einordnung unterhaltungsbedingter Effekte und denkbarer Handlungsoptionen.....	187
6.3.3	Untersuchung zur Abklärung konkreter Handlungsoptionen.....	189
<b>7</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>192</b>
<b>8</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>194</b>

## **Anhang**

## Abbildungsverzeichnis

BfG-1944

Abbildung 1.2-1: Übersicht über den Betrachtungsraum.....	19
Abbildung 2.2-1: Zuständigkeiten (Quelle: WSA Emden).....	22
Abbildung 2.2-2: Siele mit Außentiefs (Quelle: Generalplan Küstenschutz Niedersachsen) .....	23
Abbildung 2.3-1: Hopperbagger (Quelle: www.wsa-bremerhaven.de) .....	25
Abbildung 2.3-2: Schlickegge (Foto: WSA Meppen).....	26
Abbildung 2.3-3: Wasserinjektionsgerät (Foto: WSA Hamburg).....	26
Abbildung 2.4-1: Fahrrinnenbreiten und -tiefen Ems von Ems-km 0 bis 114 (Quelle: WSA Emden) .....	27
Abbildung 2.4-2: Ausschnitt aus dem Peilplan für einen Baggerauftrag (Quelle: WSA Emden) .....	28
Abbildung 2.5-1: Jährliche Mengen (Mio. m <sup>3</sup> ) aus der Unterhaltungsbaggerung in der Außenems (Ems-km 40,7 bis 112,5) im Zeitraum 1982 bis 2013 (Datenquelle: WSA Emden) .....	31
Abbildung 2.5-2: Monatliche Baggermengen (Mio. m <sup>3</sup> ) aus der Fahrrinnenunterhaltung der Jahre 2010 (links) und 2011 (rechts) sowie minimale und maximale Baggermengen der vergangenen 5 Jahre (Quelle: Baggerbüro Küste) .....	33
Abbildung 2.5-3: Monatliche Baggermengen (Mio. m <sup>3</sup> ) aus der Fahrrinnenunterhaltung der Jahre 2012 (links) und 2013 (rechts) sowie minimale und maximale Baggermengen der vergangenen 5 Jahre (Quelle: Baggerbüro Küste) .....	33
Abbildung 2.5-4: Sandentnahmen in der Fahrrinne (Ems-km 55 - 67) von 2008 bis 2013 (Quelle: WSA Emden) .....	34
Abbildung 2.5-5: Langjährige mittlere jährliche Mengen (Mio. m <sup>3</sup> ) aus der Unterhaltungsbaggerung in der Außenems (Ems-km 40,7 bis 112,5) (Quelle: WSA Emden) .....	35
Abbildung 2.5-6: Querschnitt bei Ems-km 52, Vor und nach Baggerung, Detail 1:5 überhöht (Quelle: WSA Emden) .....	36
Abbildung 2.5-7: Sedimentzusammensetzung in der Fahrrinne (Ems-km 40 - 113; Daten 2004 bis 2011) (Quelle: WSA Emden).....	38
Abbildung 2.5-8: Jährliche Beaufschlagung (Mio. m <sup>3</sup> ) der einzelnen Unterbringungsstellen mit den von deutscher Seite von 1995 bis 2014 anfallenden Baggermengen (Quelle: WSA Emden).....	40
Abbildung 2.6-1: Langjährige mittlere jährliche Mengen (Mio. m <sup>3</sup> ) aus Unterhaltungsverfahren an der Unterems, Leda und DEK (Quelle: WSA Emden) .....	44
Abbildung 2.6-2: Jahresbaggermengen (in Mio. m <sup>3</sup> ) Unterems im Zeitraum 1998 - 2013 (Quelle: WSA Emden) .....	45
Abbildung 2.6-3: Kampagnenbaggermengen (in Mio. m <sup>3</sup> ) Unterems im Zeitraum 1995 – 2016 für große Tiefgänge (größer 7 m)(Quelle: WSA Emden) .....	46
Abbildung 2.6-4: Sedimentzusammensetzung in der Fahrrinne (Ems-km 0 - 45; Daten 2004 bis 2011) (Quelle: WSA Emden) .....	47

Abbildung 2.6-5: Lageplan Unterems mit Baggerbereichen (rot = Baggerschwerpunkte) und ortsnahe Unterbringungsorte (violett = vorhanden, blau = geplant) (Quelle: WSA Emden) .....	48
Abbildung 2.6-6: Lageplan Sanddepot Coldemüntje (Quelle: WSA Emden) .....	49
Abbildung 2.7-1: Schema Schleuse Herbrum (Quelle: WSA Meppen).....	50
Abbildung 2.7-2: Jährliche Mengen (m <sup>3</sup> ) aus der Unternehmerbaggerung im unteren Vorhafen der Schleuse Herbrum(DEK-km 212,7 bis 213,6) im Zeitraum 2009 bis 2015 (Datenquelle: WSA Meppen) .....	52
Abbildung 3.2-1: Mittlerer Jahresgang des Oberwassers am Pegel Versen- Wehrdurchstich [rot] sowie höchste und niedrigste Tageswerte [blau] für den Zeitabschnitt 1941 bis 2012 .....	59
Abbildung 3.2-2: Jährliche Serie der Hochwasserabflüsse [schwarz] sowie mittleren Jahresabflüsse [blau] für die Zeitspanne 1942 - 2012 am Pegel Versen- Wehrdurchstich (Datengrundlage: WSA Meppen) .....	60
Abbildung 3.2-3: Tageswerte der Abflüsse [blau] für die Zeitspanne 1942 - 2012 am Pegel Versen-Wehrdurchstich, sowie die mit gleitendem Mittelwert gefilterte Zeitreihe (Datengrundlage: WSA Meppen) .....	60
Abbildung 3.2-4: Abflüsse: Tageswerte (blau) und Monatsmittelwerte (rot) für die Zeitspanne vom 1. November 1991 bis 31. Oktober 2012 am Pegel Versen- Wehrdurchstich (Datengrundlage WSA Meppen) .....	61
Abbildung 3.2-5: Dauerlinie der Abflüsse am Pegel Versen-Wehrdurchstich im Abflussjahr 2012 sowie der Jahresreihe 1942/2012 mit den dazugehörigen Hüllkurven und dem höchsten und mittleren Hochwasserabfluss. (Datengrundlage: WSA Meppen).....	62
Abbildung 3.2-6: Hydrologischer Längsschnitt des Tidebereichs der Ems. (Datengrundlage: WSÄ Emden und Meppen) .....	64
Abbildung 3.2-7: Entwicklung des Tidehubs an den Pegeln Borkum Fischerbalje, Emshörn, Knock, Emden Neue Seeschleuse und Papenburg von 1950 bis 2012. (Daten: WSA Emden) .....	65
Abbildung 3.2-8: Verlauf der Tidekurve vom Pegel Borkum Fischerbalje bis zum Pegel Papenburg am Beispiel der Tide vom 21.05.2012 (WSA Emden).....	66
Abbildung 3.3-1: Steinschüttungen am DEK (Quelle: BfG) .....	69
Abbildung 3.3-2: Ausbautiefen (Bedarfstiefen) der Fahrrinne zwischen Papenburg und Emden (Quelle: BAW (2010), verändert. Datengrundlage: WSA Emden) .....	70
Abbildung 3.3-3: Sedimentationen (rot) und Erosionen (blau) in der Außenems zwischen 1985 und 2007/2008. (Quelle: Deltares (2012)).....	72
Abbildung 3.3-4: Darstellung der tidegemittelten Schwebstoffgehalte entlang der Tideems in Abhängigkeit des Oberwasserabflusses für das Jahr 2013 (Datengrundlage: Dauermessstellen des NLWKN) .....	74
Abbildung 3.3-5: Veränderung Zustand des Gewässerbodens durch Vergleich der Anteile Ton und Schluff (< 63 µm) in Sedimentproben. Ausgangszustand 1989 erfasst durch eine Probennahmekampagne, Vergleichszustand Zeitraum 2004 - 2011, erfasst in 25 Kampagnen dabei Entnahme von Sedimentproben in Fahrinnenmitte an jedem Flusskilometer. (Verändert nach Quick & Schriever (2014), Datengrundlage: WSA Emden) .....	76

Abbildung 3.4-1: Entwicklung der Sauerstoffgehaltsklassen (10-Perzentilwerte) im Zeitraum 1992 - 2001 (Daten: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)).....	81
Abbildung 3.4-2: Häufigkeit des Auftretens von klassierten Sauerstoffsättigungswerten an der Station Terborg (Ems-km 25) im Zeitraum 1994 bis 2008 (nicht dargestellt: Tage mit > 60 % Sättigung).....	82
Abbildung 3.4-3: Zeitliche und räumliche Verteilung der Sauerstoffgehalte in der Unterems in den Jahren 2000 bis 2007. Daten auf Basis der Dauermessstation von NLWKN und BfG (Abbildung erstellt im Projekt HARBASINS und zitiert aus Scholle et al. 2007).....	83
Abbildung 3.4-4: Sauerstofflängsprofil in der Unterems im August 2006 .....	84
Abbildung 3.4-5: Sauerstoffsättigung, gesamter organischer Kohlenstoffgehalt (TOC-Gehalt) und gelöster organischer Kohlenstoffgehalt (DOC-Gehalt) bei Leerort (Ems-km 14,7) in den Jahren 1987 - 2010 (Daten: NLWK, Betriebsstelle Aurich). Für die Jahre 1987 - 1992 sind die TOC-Gehalte aus CSB-Messwerten ( $CSB/2,5 = TOC$ ) berechnet.....	85
Abbildung 3.4-6: Isoplethendarstellung der Sauerstoffminima ( $O_2$ min in mg/l) in Abhängigkeit des mittleren Schwebstoffgehaltes (CsM in g/l) und der mittleren Wassertemperatur ( $T_w$ in °C) für jede Ebbphase im Zeitraum September 2001 bis Dezember 2006 (Abbildung Andreas Engels, NLWKN Aurich) .....	86
Abbildung 3.4-7: Zeitliche Entwicklung (um den Ebbkenterpunkt) der Vertikalprofile des Sauerstoffgehaltes (unten) und des Schwebstoffgehaltes (Mitte) bei Ems-km 11,1 am 01.08.2006 mit Angabe der Beprobungszeiten (P1 bis P9) und des Wasserstandes (oben).....	87
Abbildung 3.4-8: Anteil des Glühverlustes der Schwebstoffe gegenüber dem Gehalt der Schwebstoffe in unterschiedlichen Proben aus der Unterems.....	88
Abbildung 3.4-9: Abbaubarkeit des Schwebstoffs aus unterschiedlichen Proben aus der Unterems (grüne Balken = Proben nahe Herbrum sowie seewärts von Emden, braune Balken = oberflächennahe Proben aus der Unterems, orange Balken = sohlennahe Proben bei Ems-km 11).....	89
Abbildung 3.4-10: Sauerstoffzehrungsraten verschiedener Proben aus der Unterems (grüne Balken = Proben nahe Herbrum sowie seewärts von Emden, braune Balken = oberflächennahe Proben aus der Unterems, orange Balken = sohlennahe Proben bei Ems-km 11).....	89
Abbildung 3.4-11: Verteilung des Chlorophylls in der Tideems ermittelt mittels HPLC-Analytik (HighPressureLiquidChromatographie) im Mai 2007. Weiterhin sind Schwebstoffwerte und die hieraus ermittelte Lichteindringtiefe (= euphotische Tiefe) dargestellt. ....	91
Abbildung 4.2-1: Sedimentmengenentwicklung im unteren Vorhafen der Schleuse Herbrum (Quelle: WSA Meppen) .....	126
Abbildung 5.3-1: Wanderzeiten der Fisch- und Neunaugenarten der FFH-Richtlinie, Hauptauftreten des Schweinswals sowie Paarungszeit des Seehunds im Planungsraum (Quelle: KÜFOG 2014).....	156

## Tabellenverzeichnis

BfG-1944

Tabelle 1.2-1: Abgrenzung der Salinitätszonen im Planungsraum des IBP (in Anlehnung an das VENICE-System) (KÜFOG 2014).....	18
Tabelle 2.5-1: Jährliche Baggermengen (Mio. m <sup>3</sup> ) in der Außenems von 1982 - 2013 (Quelle: WSA Emden) .....	32
Tabelle 2.6-1: Zusammenstellung der Ausbautiefen und der Vertiefungsmaße zwischen Papenburg und Emden (*neue Tiefen, gem. Plangenehmigung vom 29.02.2012).....	41
Tabelle 2.6-2: Verhältnis unterhaltene Fahrrinnenfläche zu Gesamtfläche Ems .....	43
Tabelle 3.4-1: Minima der Sauerstoffsättigung (bzw. 10-Perzentile) sowie mittlere Schwebstoffgehalte und TOC an der Station Leerort.....	85
Tabelle 3.4-2: Nährstoffgehalte (90-Perzentile) im Ems-Ästuar im Zeitraum 2000 - 2011 (aus IBL & IMS 2012) .....	90
Tabelle 3.5-1: Jahresmittelwerte der Schadstoffkonzentrationen im Schwebstoff der Dauermessstation Knock.....	94
Tabelle 3.5-2: Untersuchungsergebnisse zu Sedimenten der Klappstellen 5 - 7 und des Emdener Fahrwassers.....	95
Tabelle 3.5-3: Untersuchungsergebnisse zu Sedimenten der Klappstelle K2 und Sedimentbohrkernen aus dem Dollart .....	96
Tabelle 3.5-4: Schadstoffkonzentrationen in Sedimenten von Unterems und Leda 2009 - 2013.....	97
Tabelle 3.5-5: Mittlere Schadstoffkonzentrationen in Sedimenten und Schwebstoffen der Dauermessstationen Herbrum, Terborg und Knock.....	99
Tabelle 3.5-6: Ökotoxikologische Klassifizierung der Ems-Sedimente 1999 (BfG 2001a), 2002 (BfG 2002), 2007 (Leuchs et al. 2008, 2009 (Löffler 2010a, GBA 2009), 2012 (BfG 2013a) .....	101

# Zusammenfassung

Das hier vorliegende Sedimentmanagementkonzept Tideems betrachtet Handlungsoptionen für die weitere, insbesondere ökologische Optimierung von Unterhaltungsbaggerungen und Baggergutunterbringung der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) im Bereich der Außenems, der Unterems und des tidebeeinflussten Dortmund-Ems-Kanals (DEK). Es wurde von der BfG im Auftrag bzw. in Abstimmung mit den Wasserstraßen- und Schifffahrtsämtern Emden und Meppen erstellt und ist ein Beitrag der WSV für die WRRL- und Natura-2000-Bewirtschaftungsplanung. Damit dient es zugleich der Umsetzung der erweiterten WSV- Aufgabe „Wasserwirtschaftliche Unterhaltung“. Eine Funktion des vorliegenden Sedimentmanagementkonzepts ist es auch, Hintergrundinformationen insbesondere zur Unterhaltungspraxis allgemein zugänglich zu machen und so die Diskussionsgrundlage im Austausch der WSV mit Landesbehörden und Umweltverbänden zu verbessern.

Im Sedimentmanagementkonzept Tideems wird zunächst die derzeitige Unterhaltungstätigkeit der WSV detailliert beschrieben (vgl. Kap. 2). Dabei werden die Verhältnisse in der Tideems, getrennt für Außenems und Unterems sowie im tidebeeinflussten DEK betrachtet. In der Außenems finden Unterhaltungsbaggerungen durchgängig im ganzen Jahr statt. Die mittlere Baggermenge der WSV-Unterhaltung liegt hier bei ca. 6,4 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr (1996 - 2013), wobei feinkörniges Material aus dem Emdener Fahrwasser den größten Anteil hat. In der Unterems wird in so genannten Baggerkampagnen unterhalten, die hergestellte Tiefe (Bedarfstiefe) dient der Überführung von Werftschiffen und stellt dabei gleichzeitig eine Vorratsbaggerung für die ganzjährig zu unterhaltende Basistiefe dar. Die langjährige durchschnittliche Baggermenge liegt hier bei ca. 1,9 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr. Baggergut stromab Ems-km 30 wird überwiegend auf Unterbringungsstellen in der Außenems untergebracht, Baggergut aus der Unterems an Land. Die Unterhaltung im tidebeeinflussten DEK konzentriert sich auf den Vorhafen der Schleuse Herbrum.

Weiterhin wird im Sedimentmanagementkonzept Tideems das ökologische System der Tideems zusammenfassend beschrieben (vgl. Kap. 3) sowie Auswirkungen der Unterhaltung analysiert (vgl. Kap. 4). Auf dieser Basis werden Optimierungsvorschläge und Handlungsoptionen diskutiert (vgl. Kap. 5); dies umfasst auch eine Auseinandersetzung mit der gegenwärtigen Unterhaltungsstrategie. Wie bereits in anderen Publikationen beschrieben (z. B. BAW 2014), werden in der Tideems große Mengen feinkörniger Sedimente von See her stromauf transportiert bzw. importiert. Die zentralen ökologischen Defizite der Tideems sind die hieraus resultierenden extrem hohen Schwebstoffgehalte in der Unterems und das Auftreten von Fluid-Mud-Schichten großer Mächtigkeit, welche extrem schlechte Sauerstoffverhältnisse bewirken. Vor allem die sohlennahen Fluid-Mud-Schichten sind im Sommer über lange Zeiträume sauerstofffrei und haben damit negative Auswirkungen auf die Gewässergüte und die Lebensgemeinschaften der Ems. Aus diesem Grund ist der häufig formulierte Grundsatz, Sedimente (möglichst ortsnahe) im System zu belassen, für Fein-

material in der Tideems nicht zielführend. Vor dem Hintergrund der extrem hohen Schwebstoffgehalte in der Unterems ist es aus Sicht der BfG - im Hinblick auf eine Verbesserung der Feinsedimentbilanz - sinnvoll, dem System Feinmaterial zu entnehmen. In diesem Sinne stellt die derzeit praktizierte Landunterbringung von Baggergut aus der Unterems tendenziell eine Entlastung des Systems dar. Wie Modellierungen der BAW zeigen (BAW 2014), wird ein großer Teil des auf den Unterbringungsstellen in der Außenems untergebrachten Baggerguts anschließend wieder stromauf transportiert, nur ein sehr kleiner Anteil der im Ems-Dollart Ästuar umgelagerten Sedimente wird dauerhaft mit der Ebberströmung aus dem Ästuar entfernt und damit dem Feinsedimenthaushalt entnommen. Somit ist der Beitrag der derzeitigen Unterhaltung in der Außenems/Emder Fahrwasser zur Erreichung einer ausgeglichenen Feinsedimentbilanz gering. Es ist davon auszugehen, dass das von den Unterbringungsstellen stromauf transportierte Material eine gewisse Erhöhung von Sediment-/Schwebstofffrachten bewirkt, welche messtechnisch allerdings bislang nicht nachgewiesen werden konnte. Da die Tideems insgesamt ein Importsystem ist, stehen hier allerdings kaum für die Unterbringung besser geeignete Bereiche zur Verfügung (vgl. BAW 2014); nach Modellierungen der BAW wird beispielsweise von der WSV-seitig angestrebten Klappstelle K2 im Dollartmund etwas weniger Material stromauf transportiert. Aufgrund der zeitweise kritischen Sauerstoffverhältnisse in der Unterems sollte unbedingt angestrebt werden, weitere Belastungen des Sauerstoffhaushalts durch Unterhaltungsmaßnahmen in solchen Zeiten zu minimieren, auch wenn solche zusätzlichen Belastungen zu Zeiten ungünstiger Sauerstoffverhältnisse nicht messbar und die Spielräume bei der zeitlichen Gestaltung der Unterhaltung u.a. aufgrund der Überführungstermine gering sind. Da die Sedimente aus der Fahrrinne der Tideems nur eine geringe Schadstoffbelastung aufweisen, ist dieser Aspekt für die Optimierung der WSV-Unterhaltung kaum relevant.

Die Empfehlungen des Sedimentmanagementkonzepts Tideems sind in Form von sechs Steckbriefen für Teilabschnitte der Tideems zusammengefasst (vgl. Kap. 6). Weiterhin werden einige allgemeine Empfehlungen, etwa zur Anwendung von Baggergutrichtlinien oder zur Zusammenarbeit mit Landesbehörden, gegeben. Außerdem wird dargestellt, welche weiteren Untersuchungen/Monitoring für das Sedimentmanagement und eine weitere Optimierung sinnvoll bzw. erforderlich sind.

Insgesamt werden im Sedimentmanagementkonzept Tideems nur wenige direkt umsetzbare Abweichungen von der bisherigen Unterhaltungspraxis empfohlen. Allerdings gibt es Ansätze, die zukünftig das Potenzial haben könnten, Auswirkungen der Unterhaltung weiter zu reduzieren bzw. sogar gewisse positive Effekte zu bewirken. Dies betrifft insbesondere eine mögliche Nutzung von Baggergut, z. B. für den Deichbau, sowie eine denkbare Unterbringung von Baggergut in der Nordsee. Vor allem zu letzterem sind aber noch einige Fragen offen, die geklärt bzw. weiter untersucht werden müssen. Durch eine ökologische Optimierung der Unterhaltung allein kann nach unserer Einschätzung keine Trendumkehr bei der Entwicklung der Schwebstoffkonzentrationen und bei der Akkumulation von Feinsedimenten, insbesondere in der Unterems, erreicht werden.

Zu beachten sind diesbezüglich die inhaltlichen Grenzen des Sedimentmanagementkonzepts Tideems. Der Ausbauzustand der Tideems, bzw. die regelmäßig herzustellende Bedarfstiefe

für die Überführung großer Schiffe stellt für das Sedimentmanagementkonzept Tideems eine feste Randbedingung dar. Strombauliche Maßnahmen der WSV werden nicht betrachtet, da sie später in einem eigenen Konzept behandelt werden sollen. Weiterhin fokussiert das Sedimentmanagementkonzept Tideems auf Unterhaltungsaktivitäten der WSV und kann daher nur ein erster Schritt zu dem fachlich gebotenen und nach Integriertem Bewirtschaftungsplan Emsästuar (IBP Ems) angestrebten deutsch-niederländischen Gesamt-Sedimentmanagementkonzept sein, welches neben der WSV-Unterhaltung auch Aktivitäten Dritter, z. B. der Häfen, beinhalten soll.

Selbstverständlich muss die Unterhaltungsstrategie regelmäßig überprüft und ggf. angepasst werden, beispielsweise bei Veränderungen der Baggermengen oder aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse. Im Ems-Ästuar sind zudem verschiedene Aktivitäten geplant, welche die Rahmenbedingungen für die Unterhaltung entscheidend verändern können (z. B. Masterplan Ems 2050, Vertiefung Zufahrt Eemshaven) und somit möglicherweise eine grundlegende Anpassung des Sedimentmanagements und damit auch des vorliegenden Konzepts erforderlich machen.

# Summary

The sediment management concept for the tidal Ems River ("SMK Tideems") investigates options for further optimization of maintenance dredging and placement of dredged material by the Waterways and Shipping Administration (WSV) in the area of the Outer Ems, the Lower Ems and the tide-influenced Dortmund-Ems-Canal (DEK) - especially with respect to ecological aspects. It was prepared by the BfG in cooperation with the Waterways and Shipping Boards Emden and Meppen and it is a contribution of the WSV for the WFD and Natura 2000 management planning process. At the same time it serves to implement the WSV task "wasserwirtschaftliche Unterhaltung" (maintenance related to water management including WFD aspects). One purpose of the SMK Tideems is also to provide background information, in particular on maintenance practices, and thus to improve the basis for discussions with state authorities and environmental NGOs.

The SMK Tideems first describes in detail the current maintenance activities of the WSV (cf. Chap. 2). The situation is characterized separately for Outer Ems and Lower Ems as well as for the tide-influenced DEK. In the Outer Ems, maintenance dredging takes place continuously throughout the year. The average volume of dredged material related to WSV maintenance activities in the Outer Ems is approximately 6.4 million m<sup>3</sup> per year (1996 - 2013); fine-grained material from the Emden fairway accounting for the largest share. In the Lower Ems, dredging operations are carried out in so-called dredging campaigns. The depth established ("Bedarfstiefe"/depth of demand) serves for river conveyances of ships from the Meyer shipyard and, at the same time, represents a storage dredging operation for the basic depth ("Basistiefe") which has to be maintained throughout the year. The long-term average dredging volume is approximately 1.9 million m<sup>3</sup> per year. Dredged material downstream Ems-km 30 is mainly shipped to deposit sites in the Outer Ems, dredged material from the Lower Ems is placed on land. Maintenance activities in the tide-influenced DEK focus on the Herbrum lock.

Furthermore, the ecological system of the tidal Ems River, i.e. the Ems estuary, is described in the SMK Tideems (cf. Chapter 3) and the effects of maintenance activities are analyzed (cf. Chapter 4). Based on this options for improvement and further action are discussed (cf. Chap. 5); this also includes an examination of the current maintenance strategy. As already described (e. g. BAW 2014), large quantities of fine-grained sediments are transported upstream / imported from the sea into the tidal Ems River. The main ecological deficits of the Ems estuary are the resulting extremely high contents of suspended matter in the Lower Ems and the occurrence of fluid mud layers of huge thickness, which cause extremely low oxygen concentrations. Especially the near-bottom fluid-mud layers are oxygen-free for long periods of time in summer and thus have a negative impact on the water quality and the biocoenoses of the Ems River. For this reason, the general principle of keeping sediments in the system (as close as possible to their original location) is not appropriate for fine material in the tidal Ems River. Taking into consideration the extremely high suspended matter contents in the

Lower Ems, we prefer to remove fine material from the system - aiming at improving the fine sediment balance. In this sense, the current practice of placing dredged material from the Lower Ems on land tends to relieve the system. As BAW models show (BAW 2014), large amounts of the dredged material placed at the deposit sites in the Outer Ems are subsequently transported upstream again, only a very small proportion of the sediments deposited in the Ems-Dollar estuary is permanently removed from the estuary by the ebb flow and thus removed from the fine sediment balance. Thus, the contribution of the current maintenance activities in the Outer Ems/Emden fairway to achieve a balanced fine sediment budget is small. It can be assumed that the material transported upstream from the deposit sites causes a certain increase in sedimentary and suspended matter loads, which however has not yet been proven by measurements. Since the Ems estuary is an importing system as a whole, there is hardly any area that is more suitable for placement (cf. BAW 2014). According to modelling by the BAW slightly less material is transported upstream from the deposit site K2, which WSV would like to establish, than from other sites. Due to the occasionally critical oxygen conditions in the Lower Ems, it is imperative to aim at minimizing further burdens on the oxygen balance due to maintenance activities during such periods, even though such additional burdens are not measurable at times of unfavorable oxygen conditions. However, the flexibility regarding scheduling maintenance activities is small due to, among other things, the dates of river conveyances. As the contamination of sediments from the fairway of the tidal Ems River is low, this aspect is hardly relevant for the optimization of the WSV maintenance.

The recommendations of the SMK Tideems are summarized in six factsheets (so-called "Steckbriefe") for sections of the tidal Ems River (cf. Chap. 6). In addition, some general recommendations are given, for example on the application of dredging directives or cooperation with state authorities. Furthermore, additional investigations/monitoring for the sediment management and for further optimization are described.

In the end, only a few directly applicable modifications of the current maintenance practice are recommended in the SMK Tideems. However, there are some approaches that could have the potential to reduce the impact of maintenance in the future, or even to have some positive effects. This applies in particular to the possible use of dredged material, e. g. for dike construction, as well as to the possible placement of dredged material in the North Sea. There are still a number of questions to be clarified and investigated though, especially on the latter. According to our judgement, an ecological optimization of maintenance alone will not lead to a trend reversal of increasing suspended matter concentrations and the accumulation of fine sediments, especially in the Lower Ems.

In this respect, the preconditions of the SMK Tideems have to be taken into account. The state of development of the tidal Ems River, or the regular need to establish the so-called "Bedarfstiefe" for river conveyances of large ships, is a fixed boundary condition for the SMK Tideems. River engineering measures by the WSV are not considered, as they will be dealt with later in a separate concept. Furthermore, the SMK Tideems focuses on WSV's maintenance activities and can therefore only be a first step towards the required overall Dutch-German sediment management concept, which, according to the Integrated

Management Plan (IBP) Ems, is intended to include not only WSV maintenance but also third-party activities such as those of the ports.

Naturally, the maintenance strategy must be reviewed regularly and, if necessary, adapted, for example in case of changes of dredging volumes or due to new scientific findings. In addition, various activities are planned in the Ems estuary, which can decisively change the frame conditions for maintenance (e. g. Masterplan Ems 2050, deepening of the fairway to Eemshaven) and thus possibly necessitate a fundamental adaptation of the sediment management and thus also of the SMK Tideems.

# 1 Einleitung

## 1.1 Anlass und Zielsetzung

Die Tideems ist national wie regional von großer verkehrlicher und wirtschaftlicher Bedeutung. Aufgabe der Wasserstraßen- 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 Tideems 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 Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) ergebenden Anforderungen werden in dem Bewirtschaftungsplan und Maßnahmenprogramm für die Flussgebietseinheit Ems festgelegt (siehe FGG Ems 2009, 2015a und 2015b sowie Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz 2015) bzw. ergeben sich aus dem Integrierten Bewirtschaftungsplan Emsästuar (IBP Ems) (NLWKN, Rijksoverheid & Provincie Groningen 2016). 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 2009 in dem Bewirtschaftungsplan nach WRRL als Maßnahme aufgenommen und wird auch im IBP Ems thematisiert. Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Emden hat aus diesem Grunde die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) beauftragt, ein diesen Ansprüchen genügendes Sedimentmanagementkonzept zu entwickeln, welches sich auf den Zuständigkeitsbereich der WSV konzentriert.

Der IBP Ems sieht als Maßnahme M 3 die Erstellung und Anwendung eines deutsch-niederländischen Gesamt-Sedimentmanagementkonzepts vor, welches neben der WSV-Unterhaltung auch Aktivitäten Dritter, z. B. der Häfen, beinhalten soll. Insofern ist das vorliegende WSV-Sedimentmanagementkonzept nur ein erster Schritt. Außerdem muss beachtet werden, dass verschiedene Aktivitäten im Ems-Ästuar geplant sind, welche die Rahmenbedingungen für die Unterhaltung entscheidend verändern können (z. B. Masterplan Ems 2050, Vertiefung Zufahrt Eemshaven) und somit möglicherweise eine Anpassung des vorliegenden Sedimentmanagementkonzepts erforderlich machen.

Das hier vorliegende Sedimentmanagementkonzept zeigt Handlungsoptionen für die Berücksichtigung ökologischer und verkehrswirtschaftlicher Gesichtspunkte bei Unterhaltungs-

baggermaßnahmen 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. Hierzu zählen Maßnahmen, denen der direkte Umgang mit dem Sediment eigen ist, wie Baggerung und Baggergutunterbringung. 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 des oben genannten Bewirtschaftungsplans zur WRRL im Hinblick auf ihre grundsätzliche Eignung beurteilt und, soweit als erfolgversprechend erkannt, in jenen Bewirtschaftungsplan gesondert aufgenommen. Da das WSA Emden die so festgelegten Maßnahmen, insofern es dafür zuständig ist, gesondert ebenfalls verfolgt, konzentriert sich das hier vorgelegte Konzept auf das Sedimentmanagement in einem engeren Sinne, d. h. auf die Baggerungen und Umlagerungen im System. Die Ablagerung von Baggergut an Land wird zwar grundsätzlich betrachtet, eine Optimierung der landseitigen Unterbringung ist jedoch nicht Bestandteil des Sedimentmanagementkonzepts. Umlagerungen von Sediment als alternative Form der Ufersicherung („weicher Strombau“) werden mit einbezogen. Der Ausbauzustand der Tideems, bzw. die regelmäßig herzustellende Bedarfstiefe für die Überführung großer Schiffe stellt eine feste Randbedingung für das Sedimentmanagementkonzept Tideems dar.

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, spielen aber aufgrund der geringen Belastung unterhaltungsrelevanter rezenter Sedimente in der Tideems eher eine untergeordnete Rolle. Anders als in den derzeit gültigen Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern (GÜBAK), 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 Ems-Ästuar zum Erreichen übergeordneter verkehrswasserbaulicher, gewässerökologischer und naturschutzfachlicher Ziele angepasst werden können. Es soll - nach fachlicher Einbindung der zuständigen Behörden Niedersachsens - in dem Auftrag gebenden Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt die Grundlage für das konkrete Baggergutmanagement der jeweils anstehenden Baggermaßnahmen bilden.

Behandelt werden alle Unterhaltungsbaggerungen/Umlagerungen der WSV im Zuständigkeitsbereich der WSÄ Emden und Meppen, soweit dort Tideeinfluss besteht, d. h. insbesondere diejenigen in der Unter- und Außenems von Herbrum bis zur Seegrenze (Höhe Eemshaven), grundsätzlich jedoch auch im Gebiet über Borkum hinaus (Unterbringungsstellen der WSV mit geringer Beaufschlagung). Neben der Unterhaltung durch die WSV werden in der Tideems auch Häfen und Sielmuhden unterhalten. Diese Unterhaltungsaktivitäten Dritter werden in den nachfolgenden Kapiteln zwar kurz beschrieben, eine weitergehende Betrachtung ist jedoch nicht Bestandteil des WSV-Sedimentmanagementkonzepts.

## 1.2 Übersicht über den Betrachtungsraum

Der Betrachtungsraum umfasst die Tideems von Herbrum bis etwa Ems-km 112,5. Er lässt sich in folgende Teilbereiche gliedern:

- > Tidebeeinflusster Bereich des Dortmund-Ems-Kanals (Herbrum bis Papenburg; DEK-km 213,6 bis DEK-km 225,8 = Ems-km 0,0)  
[Bezüglich der Unterhaltungstätigkeit wird auch der obere und untere Vorhafen der Schleuse Herbrum (DEK-km 211,8 bis 213,6) dem DEK zugeordnet.]
- > Unterems<sup>1</sup> (Papenburg bis Pogum; Ems-km 0,0 bis 36,0)  
[Bezüglich der Unterhaltungstätigkeit wird auch die Fahrrinne von Ems-km 36,0 bis 40,7<sup>2</sup> dem Revier Unterems zugeordnet. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird mit dem Begriff Unterems häufig auch der tidebeeinflusste Bereich des DEK mit umfasst.]
- > Leda bis zum Sperrwerk (Leda-km 22,9 bis 24,8)
- > Emders Fahrwasser (Emden bis etwa Knock; Ems-km 40,7 bis 50,0)
- > Dollart
- > Außenems (Ems-km 50,0 bis 112,5)  
[Bezüglich der Unterhaltungstätigkeit wird auch das Emders Fahrwasser (Ems-km 40,7 - 50,0) dem Revier Außenems zugeordnet, entsprechend wird der Begriff „Außenems“ im Folgenden teilweise auch in diesem Sinn benutzt.]

Die seitliche Grenze des Betrachtungsraumes (Querausdehnung) orientiert sich an der mittleren Tidehochwasserlinie (MThw). Sofern fachlich geboten, werden jedoch auch oberhalb liegende Bereiche berücksichtigt.

Eine Übersichtskarte des Betrachtungsraumes ist der Abbildung 1.2-1 zu entnehmen. Eine detaillierte Karte mit in den nachfolgenden Kapiteln genannten Ortsbezeichnungen befindet sich im Anhang (Karte 1).

---

<sup>1</sup> Gemäß der VV-WSV 1103 – Teil 3 12/2007 (BMVBS 2007) reicht die Unterems von Ems-km 0,00 (= DEK-km 225,82) bis 67,76 (seewärtige Begrenzung zur Nordsee lt. WaStrG). In dem vorliegenden Bericht wird von dieser Festlegung abgewichen, um nicht Begriffe wie „untere Unterems, äußere Unterems“ nutzen zu müssen.

<sup>2</sup> Da die Unterems bis Ems-km 40,5 ausgebaut wurde und die Unterhaltung bis dort stattfindet, wird teilweise auch bei Ems-km 40,5 die Grenze gezogen.

Der Betrachtungsraum liegt innerhalb der Flussgebietseinheit Ems und umfasst vier der gemäß Anhang II WRRL charakteristischen Gewässertypen (vgl. FGG Ems 2014a) (Abbildung 1.2-1). Demnach ist die Ems vom Herbrum bis Leer dem Gewässertyp 22.2 „Flüsse der Marschen“ zugeordnet. Im weiteren Verlauf, über die Einmündung der Ems in den Dollart hinaus bis zu einer gedachten Linie Eemshaven/Pilsum (ca. Ems-km 71,0) zählt die Ems zum Gewässertyp T1 „Übergangsgewässer Ems“. Von dort aus bis zu einer gedachten Ost-West-Linie südlich von Rottumeroog und Borkum (ca. Ems-km 85,0) ist die Ems als Typ N3 „polyhalines offenes Küstengewässer“ charakterisiert. Weiter seewärts handelt es sich um den Typ N0 „Küstenmeer jenseits der 1 SM Grenze“.

Gemäß den Vorgaben nach Art. 4 Abs. 3 a WRRL werden die den Gewässertypen 22.2 und T1 zugeordneten Gewässerabschnitte als erheblich verändert (HMWB) eingestuft. Bei den anderen beiden aufgeführten Gewässertypen (N3 und N0) handelt es sich im Bereich des Betrachtungsraumes gemäß dem Internationalen Bewirtschaftungsplan Ems um natürliche Gewässerabschnitte (FGG Ems 2014a).

Der Bereich seewärts des Übergangsgewässers nach WRRL fällt auch in den Geltungsbereich der Europäischen Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL).

Im Rahmen der Errichtung des europäischen Schutzgebietsnetzes Natura 2000 wurden weite Teile des Betrachtungsraumes als FFH-Gebiet und/oder EU-Vogelschutzgebiet ausgewiesen. Die für das Sedimentmanagementkonzept relevanten Natura 2000-Gebiete sind der Karte 2 des Anhangs zu entnehmen. Detaillierte Informationen zu den entsprechenden Lebensraumtypen und Arten enthält der Natura 2000-Beitrag zum IBP Ems (siehe KÜFOG 2014).

Im Rahmen der Aufstellung des IBPs für die Tideems wurden durch den NLWKN vier ökologische Funktionsräume (Tabelle 1.2-1) festgelegt. Die Abgrenzung der Funktionsräume voneinander ist aufgrund der fließenden und in ihrer Lage variablen Übergänge der Zonen mit unterschiedlichen abiotischen Charakteristika (u. a. Salinität, Nährstoffe, Tideparameter, Sedimenteigenschaften) nicht als statisches „Korsett“, sondern als fließende Zonierung zu betrachten (KÜFOG 2014).

**Tabelle 1.2-1: Abgrenzung der Salinitätszonen im Planungsraum des IBP Ems (in Anlehnung an das VENICE-System) (Quelle: KÜFOG 2014)**

Funktionsraum (FR)	Lage	Salzgehalt [‰]
FR 4 - Limnische Zone (Süßwasser)	Herbrum (DEK-km 212) bis Leer (Ems-km 13,0)	0 - 0,5
FR 3 - Oligohaline Zone (Brackwasser)	Leer (Ems-km 13,0) bis Pogum (Ems-km 36,0)	0,5 - 5
FR 2 - Mesohaline Zone	Pogum (Ems-km 36,0) bis Knock (Ems-km 52,0), einschl. Dollart	5 - 18
FR 1 - Polyhaline Zone	Knock (Ems-km 52,0) bis Ems-km 68,0	18 - 30

Im Betrachtungsraum des Sedimentmanagementkonzepts reicht die polyhaline Zone ungefähr bis Borkum, seewärts schließt sich die euhaline Zone an (dort Salzgehalt > 30 ‰).

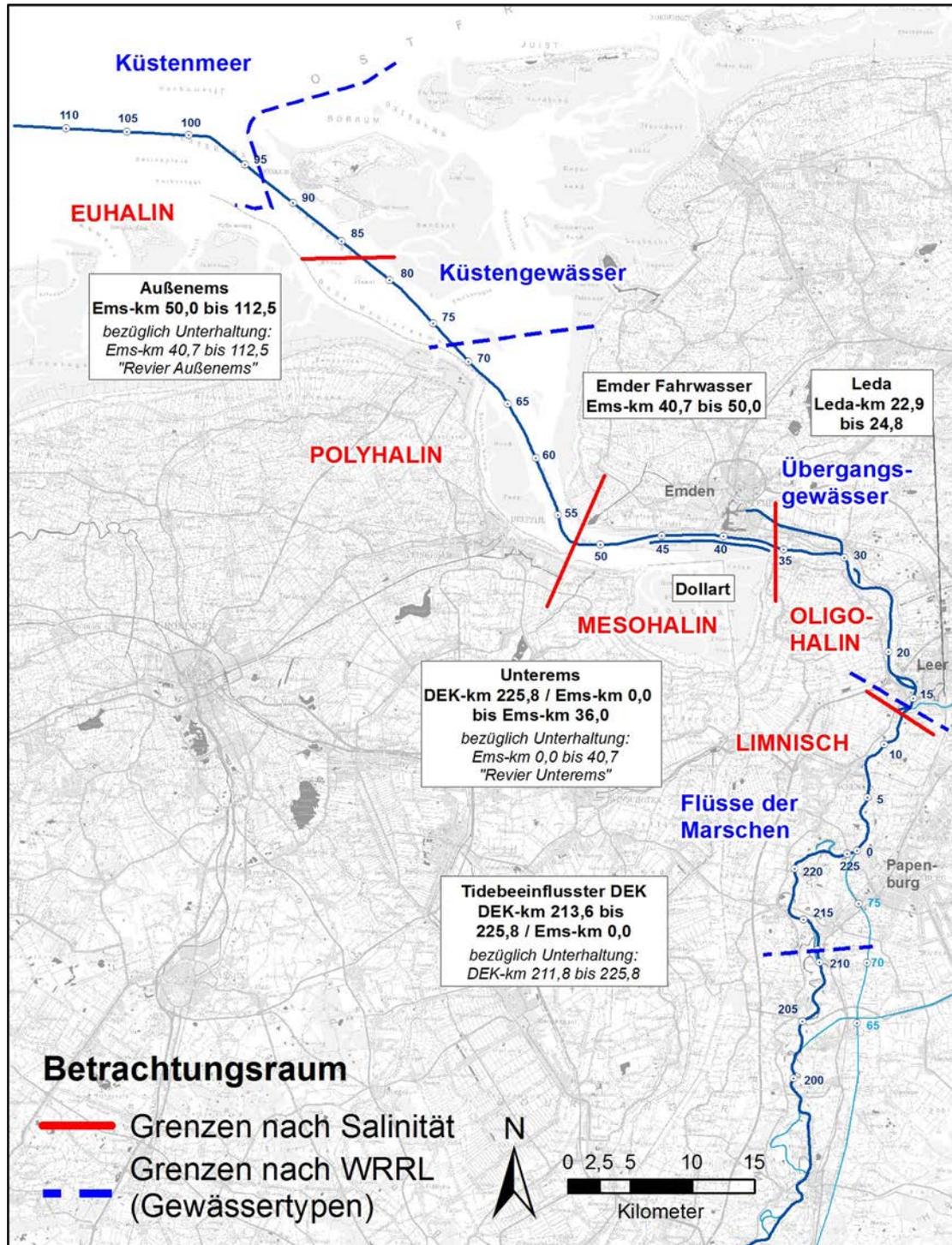


Abbildung 1.2-1: Übersicht über den Betrachtungsraum

## 2 Aktuelles Sedimentmanagementkonzept

### 2.1 Einführung

Die Tideems verbindet als Transportweg für die Schifffahrt die Häfen Emden, Leer und Papenburg mit der Nordsee.

Die entsprechend ausgebaute Wasserstraße muss aufgrund von Sedimentablagerungen in der Fahrrinne regelmäßig unterhalten werden (zu Hydromorphologie/Sedimenthaushalt vgl. Kap. 3.3). Einen besonderen Schwerpunkt hierbei bildet das Emders Fahrwasser. Aber auch im Bereich sandigen Grundes weiter seewärts kommt es durch Bodenverlagerung zu Mindertiefen. Ohne Unterhaltungsaktivitäten würden die Zufahrten zu den o. g. Häfen in kürzester Zeit verschlickten.

Die Unterhaltungsbaggerungen in der Unter- und Außenems dienen der Gewährleistung der erforderlichen Wassertiefen für die Schifffahrt (inkl. Überführungen im Bereich der Unterems) auf Grundlage der gültigen Planfeststellungsbeschlüsse. Jährlich fallen rund 9 bis 10 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus der Ems zwischen Papenburg und Borkum an. Zur Erhaltung der erforderlichen Tiefen sind Unternehmerbagger im Auftrag des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Emden im Einsatz.

Das Revier Tideems in Zuständigkeit des WSA Emden lässt sich grob in die 2 Reviere Außenems und Unterems einteilen; sie sind in ihrer Unterhaltungssystematik sehr unterschiedlich. Das tidebeeinflusste Unteremsrevier ergänzt sich außerdem um den Bereich des Dortmund-Ems-Kanals (Zuständigkeit WSA Meppen) von Papenburg bis zur Tidegrenze bei Herbrum.

Die Art und der Umfang der Unterhaltungsbaggerungen in der Tideems stützt sich auf langjährige Erfahrungen der WSÄ Emden und Meppen, die bisher bei Ausbaumaßnahmen und bei der regelmäßigen Unterhaltung gewonnen werden konnten. Insbesondere bilden Faktoren wie die Transportwege der Geräte, erzielbare Baggerleistungen, die Absetzzeit des Baggergutes etc. wesentliche Grundlagen für einen kontinuierlichen Entwicklungsprozess zur Optimierung der Unterhaltungsaufgabe.

#### Revier Außenems

Unterhaltungsbaggerungen finden in der Außenems prinzipiell durchgängig im ganzen Jahr statt (vgl. Kap. 2.5.1). In regelmäßigen Intervallen von minimal zwei Wochen und maximal vier Wochen werden aktuelle Sohliefen festgestellt und per Hopperbaggerinsatz (vgl. Kap. 2.3.1) akute Mindertiefen beseitigt.

### Revier Unterems

In der Unterems werden in der Regel mehrfach jährlich große Werftschiffe von Papenburg zur See überführt. Die Baggerungen für die dazu erforderliche Wassertiefe (Bedarfstiefe) finden in so genannten Baggerkampagnen statt, die je nach Baggertiefe und Baggermengen-anfall in der Regel ca. 3 - 4 Monate dauern. Mit dieser Unterhaltungspraxis wird auch die ganzjährig zu unterhaltende Mindesttiefe (Basistiefe) für die regelmäßig verkehrenden See- und Binnenschiffe zwischen Emden und Papenburg und zur Seehafenstadt Leer an der Leda gewährleistet. Die erforderliche Tiefe wird per Hopperbaggereinsatz (vgl. Kap. 2.3.1) hergestellt.

### Tidebeeinflusster DEK / Schleuse Herbrum

Im Bereich Herbrum setzt sich der Schlick vornehmlich im Unteren Vorhafen und im Wehrraum ab. Durch Schleusungen und das Wehr überströmende Tiden gelangen die Sedimente auch in den Oberen Vorhafen. Die Verschlickung behindert die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt. Im Bereich der Schleuse Herbrum werden hydrodynamische Verfahren eingesetzt, um die Konsolidierung der Sedimente zu verhindern (vgl. Kap. 2.3.2 und 2.3.3).

## **2.2 Unterhaltungszuständigkeiten**

Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Emden (WSA) ist für Ausbau und Unterhaltung sowie für die Ordnung und Sicherheit des Schiffsverkehrs auf der Seeschiffahrtsstraße Ems, der Leda von der Grenze der Landkreise Leer und Cloppenburg bis zur Ems, auf den Bundeswasserstraßen im Bereich der Küstenverkehrszone und des Wattenmeers der Ostfriesischen Inseln bis Wangerooge zwischen Emden, Papenburg und den Inseln Borkum bis Spiekeroog sowie im Bereich der Hohen See zuständig.

Der tidebeeinflusste Teil des DEK von Herbrum (DEK-km 213,6) bis Papenburg (DEK-km 225,8 bzw. Ems-Km 0) liegt im Zuständigkeitsbereich des WSA Meppen.

Die Unterhaltung der Hafenzufahrten zu Anlegern, Umschlagstellen sowie die Unterhaltung der Häfen selbst ist keine Aufgabe der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Für diese Anlagen und dem damit verbundenem Aufwand zur Unterhaltung der Zufahrten sind die Gemeinden Rhede und Jemgum, die Städte Papenburg, Weener, die Stadtwerke Leer und Niedersachsen Ports in Emden zuständig.

Die Häfen Eemshaven und Delfzijl zählen zu den wichtigsten niederländischen Häfen an der Ems. Organisatorisch obliegt die Unterhaltung der Häfen und der Zufahrt (Hafenschlauch) Delfzijl dem Hafenbetrieb Groningen Seaports. Die Zufahrt von der Fahrrinne der Ems zum Eemshaven liegt bei Rijkswaterstaat.

Die Unterhaltung der Siel- und Schöpfwerksausläufe, der sog. Außentiefs (vgl. Abbildung 2.2-2), obliegt dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN). Er hat gem. § 61 NWG für einen ordnungsgemäßen Wasserabfluss zu sorgen.

Weitere Ausführungen zu den Unterhaltungsaktivitäten Dritter finden sich in Kap. 2.8.

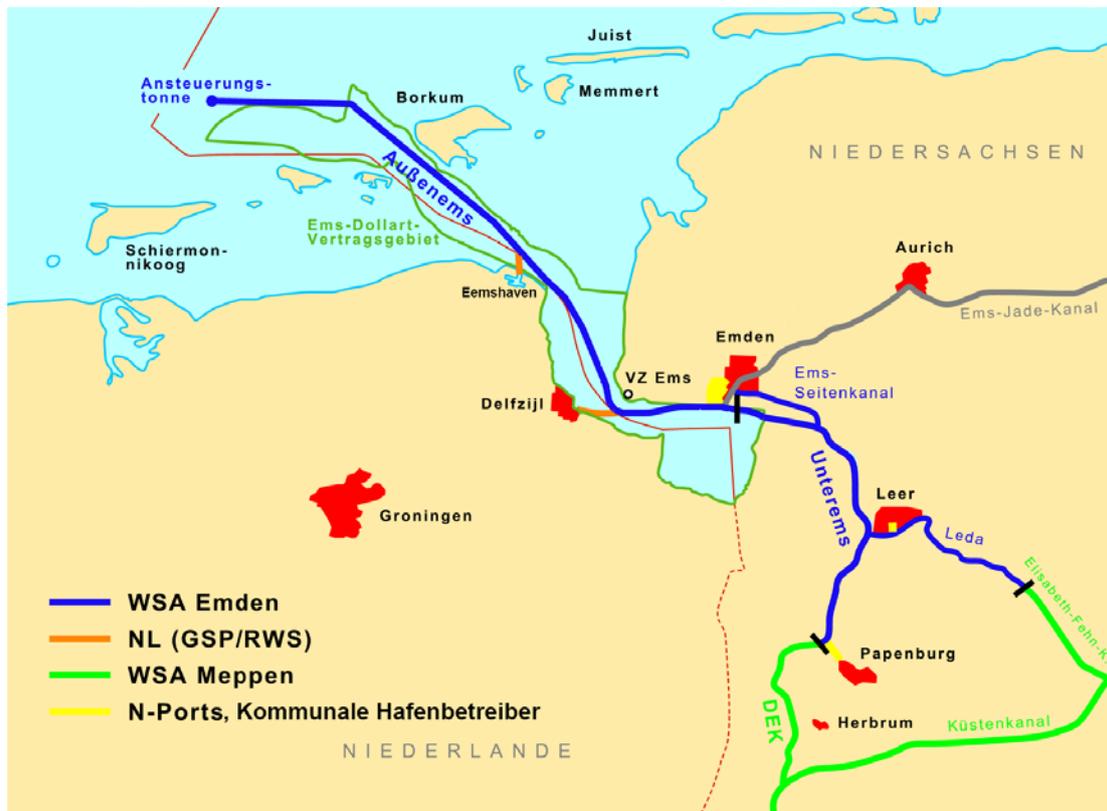
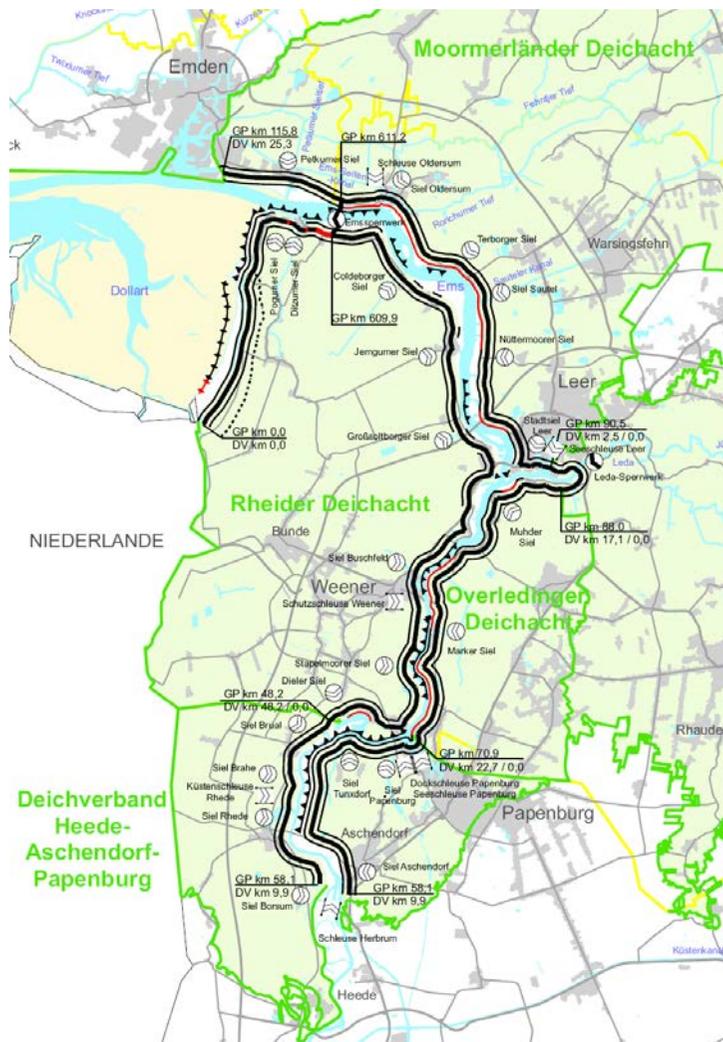


Abbildung 2.2-1: Zuständigkeiten (Quelle: WSA Emden)



### Legende

- bereits erhöhte Deichlinie
  - noch auszubauende Deichlinie
  - vorhandener Treibselabfuhr-/Deichverteidigungsweg
  - erforderlicher oder auszubauender Treibselabfuhr-/Deichverteidigungsweg
  - II. Deichlinie
  - vorhandenes Deckwerk
  - - - - - erforderliches oder zu verstärkendes Deckwerk
  - vorhandene Lahnungen/Buhnen/Vorlanddeckwerke
  - - - - - auszubauende Lahnungen/Buhnen/Vorlanddeckwerke
  - vorhandenes Siel
  - zu erneuerndes oder geplantes Siel
  - vorhandenes Schöpfwerk
  - zu erneuerndes oder geplantes Schöpfwerk
  - vorhandenes Sperrwerk
  - zu erneuerndes oder geplantes Sperrwerk
  - vorhandene Schleuse
  - zu erneuernde oder geplante Schleuse
  - Gebiet der Deichverbände (geschütztes Gebiet)
  - Kreisgrenze
- |                                                                         |                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>GP km 166,5<br/>DV km 50,7 / 0,0</p> <p>GP km 58,8<br/>DV km 2,6</p> | <p>Generalplankilometer<br/>Deichverbandskilometer Ende / Anfang</p> <p>Deichkilometrierung</p> <p>Generalplankilometer Land Bremen<br/>Deichverbandskilometer Land Bremen Ende / Anfang</p> |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Abbildung 2.2-2: Siele mit Außentiefs (Quelle: Generalplan Küstenschutz Niedersachsen)

## 2.3 Unterhaltungstechniken

Bei den an der Ems technisch einsetzbaren Unterhaltungstechniken werden prinzipiell mechanische und hydrodynamische Verfahren unterschieden. Zu den mechanischen Verfahren gehören z. B. Baggerungen mit dem Hopperbagger (Erläuterungen siehe Kap. 2.3.1). Zu den hydrodynamischen Verfahren zählen der Einsatz eines Wasserinjektionsgerätes (WI-Gerät) und einer Schlickegge (Erläuterungen siehe Kap. 2.3.2 und 2.3.3)

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 Tideems kommen im Rahmen der WSV-Unterhaltung derzeit überwiegend Hopperbagger zum Einsatz. Im Bereich der Schleuse Herbrum werden Wasserinjektion und Schlickegge eingesetzt.

In den Häfen und Sielbereichen werden weitere Unterhaltungstechniken, z. B. Sedimentkonditionierung, angewandt (vgl. Kap. 2.8).

Im Folgenden werden die Unterhaltungstechniken, die seitens der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung in der Tideems eingesetzt werden, kurz vorgestellt.

### 2.3.1 Hopperbagger

Hopperbagger sind selbst fahrende Laderaumsaugbaggerschiffe, mit denen das Baggergut durch Schleppköpfe von der Gewässersohle gelöst und durch ein Saugrohr in den Laderaum im Schiff gepumpt wird. Hopperbagger arbeiten mit Hilfe einer oder mehrerer Kreisel-pumpen. 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. In der Tideems wird lediglich bei gezielten Sandentnahmen (vgl. Kap. 2.5.2) Überlaufbaggerung<sup>3</sup> praktiziert.

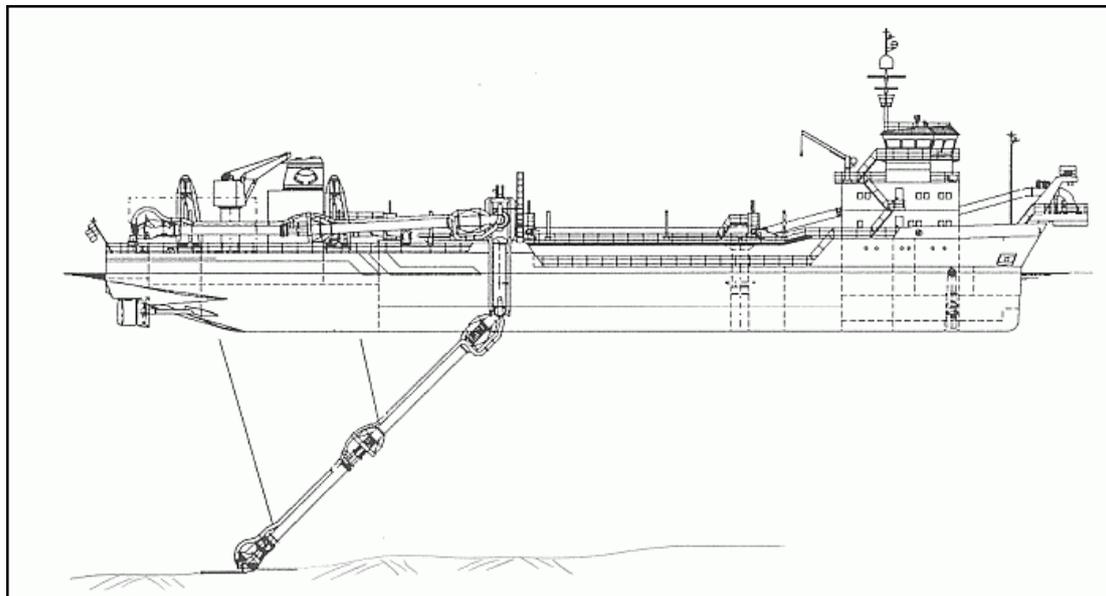
Nach Beendigung des Baggervorgangs wird das Baggergut zu Unterbringungsstellen transportiert und dort umgelagert oder zu einer Übergabeeinrichtung (Spülstation) transportiert und in die Spülfelder verspült.

Die Genauigkeit, mit der ein Hopperbagger die Sedimentablagerungen bis zu der geforderten Tiefe abarbeiten kann, hängt von den Sedimenteigenschaften, den revierspezifischen

---

<sup>3</sup> Die sog. Überlaufbaggerung erfolgt, nachdem der Laderaum mit Boden-Wassergemisch beladen ist und das Wasser im Laderaum durch weiteres Absetzen von Sediment verdrängt wird. Das Wasser wird dabei über ein Überlaufwehr wieder ins Gewässer gespült.

Gegebenheiten und dem Gerät selbst ab. Mögliche Abweichungen bei der Baggerung der Solltiefe liegen im Dezimeterbereich (vgl. z.B. EAU 2012).



**Abbildung 2.3-1: Hopperbagger (Quelle: [www.wsa-bremerhaven.de](http://www.wsa-bremerhaven.de))**

Ein Baggereinsatz setzt sich aus Einzelereignissen innerhalb eines Umlaufs zusammen. Ein Umlauf besteht aus folgenden, sich wiederholenden Schritten:

- > Fahrt von der Unterbringungsstelle bzw. Einspülstation zum Baggerbereich
- > Durchführung von Baggararbeiten
- > Fahrt vom Baggerbereich zur Unterbringungsstelle bzw. Einspülstation
- > Verklappung des Materials bzw. Verspülen des Materiales auf Spülfeld/in Spülsee

Die Dauer eines Umlaufs ist abhängig von dem zu baggernden Material sowie der Entfernung zur Unterbringungsstelle bzw. Einspülstation und dem Tidefenster (vgl. Kap. 2.5.1).

### **2.3.2 Schlickegge**

Beim Einsatz einer Schlickegge wird das an der Gewässersohle abgelagerte Sediment nicht gebaggert, sondern an Ort und Stelle durch mechanisches Aufharken aufgewirbelt. Das Sediment wird in Resuspension mit dem ablaufenden Wasser gebracht und durch die Strömung des Gewässers abtransportiert.



**Abbildung 2.3-2: Schlickegge (Foto: WSA Meppen)**

### **2.3.3 Wasserinjektionsverfahren (WI)**

Das Prinzip des Wasserinjektionsverfahrens beruht auf einer Resuspendierung von Sedimenten durch Wasserstrahlen. Bei den im Bereich der Schleuse Herbrum eingesetzten Bagger-schiffen befindet sich u. a. am Bug des Schiffes (Systeme sind firmenabhängig unterschiedlich) ein Rahmenbalken (Jetrohr) mit einer Vielzahl von Wasserstrahldüsen, die das Bagger-sediment verflüssigen. Durch diese Wasserstrahldüsen wird eine möglichst große Wassermenge in die Gewässersohle mit geringem Druck eingetragen und es entsteht ein Wasser-Sediment-Gemisch. Unter Zuhilfenahme der Spülwirkung der neuen Schleuse Herbrum wird ein Ebbstrom erzeugt, der das Gemisch in Richtung Unterwasser abtransportiert.

([www.wsa-meppen.de](http://www.wsa-meppen.de))

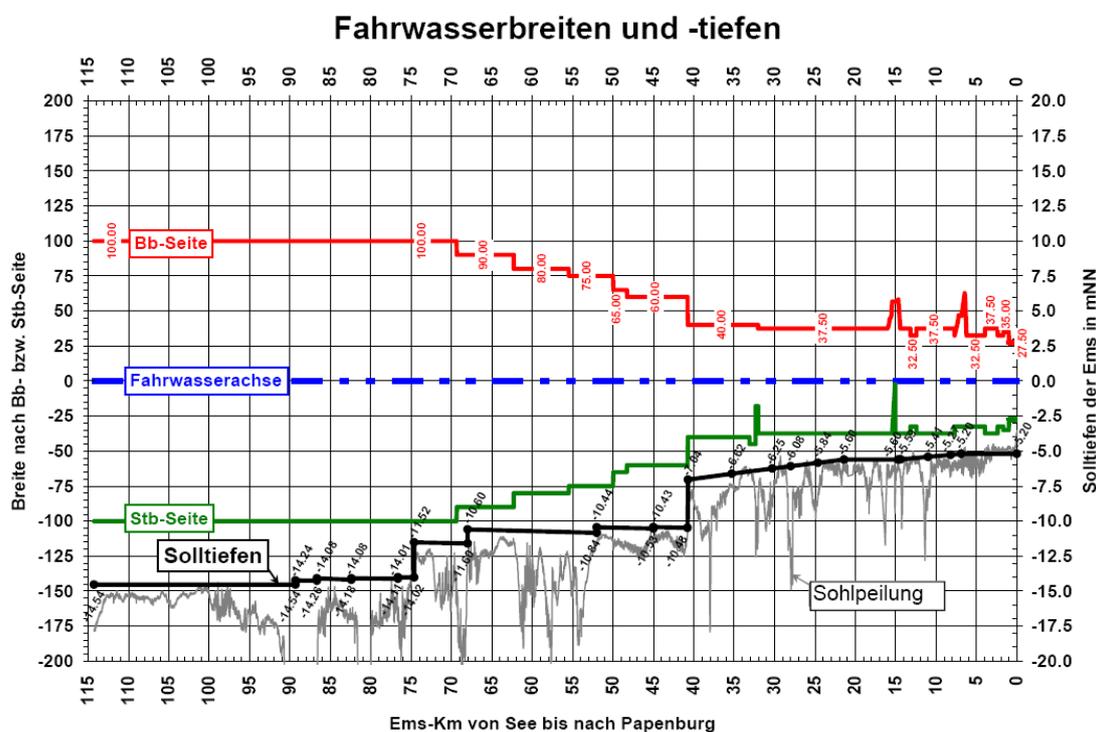


**Abbildung 2.3-3: Wasserinjektionsgerät (Foto: WSA Hamburg)**

## 2.4 Feststellung des Baggerbedarfs und zeitlicher Rahmen bis zur Baggerung

Zur routinemäßigen Überwachung der Gewässersohlhöhen erfolgen sogenannte Verkehrs-sicherungspeilungen. Die Peilungen erfolgen im Rahmen eines abgestimmten Peilkonzeptes. Für die Durchführung der Gewässerpeilungen stehen WSV-eigene Peilschiffe zur Verfügung. Die Vermessung der Gewässersohle erfolgt durch Linienpeilungen. Aufbereitet zu Peilplänen bilden die flächenhaften Darstellungen der Gewässersohle die Grundlage für die Nautik und das Baggerbüro zur Festlegung der Baggerstellen und zur Vergabe des Baggerauftrags an den Unternehmer.

Die Ausweisung von Baggerstellen erfolgt durch den jeweiligen Bearbeiter im Baggerbüro. Der Festlegung von Baggerstellen liegen revierspezifische Besonderheiten, Erfahrungswissen bei der Befahrbarkeit des Reviers sowie Abschätzungen über die höhen- und flächenmäßige Entwicklung von Mindertiefen zu Grunde. Außerhalb der Fahrrinne werden keine Baggerungen durchgeführt.



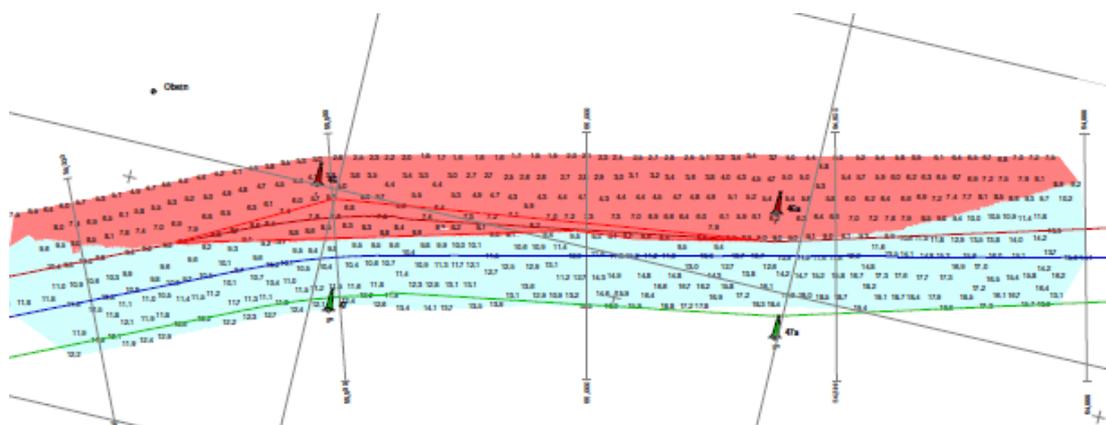
**Abbildung 2.4-1: Fahrinnenbreiten und -tiefen Ems von Ems-km 0 bis 114**  
(Quelle: WSA Emden)

Für die Beseitigung der Mindertiefen gelten zwischen der Peilung und der Beseitigung der Mindertiefen in der Fahrrinne folgende zeitliche Vorgaben:

Gemäß dem Qualitätsmanagement aQua hat das Peilbüro nach Durchführung der Verkehrs-sicherungspeilungen zwei Arbeitstage Zeit die Messwerte zu plausibilisieren, mit der Nautik abzustimmen, 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 einen Arbeitstag, um den Baggerbedarf auf Grundlage der Peilpläne festzulegen und den Auftrag zur Beseitigung der Mindertiefen zu erteilen.<sup>4</sup>

Während die Peilungen und die Aufbereitung der Peilpläne seitens der WSV durchgeführt werden, sind die Baggerarbeiten über jährliche bzw. kampagnenorientiert abzuschließende Unterhaltungsverträge an Dritte vergeben. Mit Erteilung des Baggerauftrags durch das WSA Emden werden dem Unternehmer die Peilpläne mit Kennzeichnung der zu baggernden Bereiche (rote Umrandungspolygone vgl. Abbildung 2.4-2), 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 2.4-2: Ausschnitt aus dem Peilplan für einen Baggerauftrag (Quelle: WSA Emden)**

Sofern aus nautischer Sicht erforderlich, werden ergänzend zur Verkehrssicherungspeilung Sonderpeilungen zur Beobachtung und Bewertung der Sohlentiefe durchgeführt und durch entsprechend frühzeitige telefonische Abstimmung ist zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auch der kurzfristige Einsatz eines Baggers möglich.

### Revier Außenems

Zur routinemäßigen Überwachung der Gewässersohlhöhen erfolgen die Verkehrssicherungspeilungen in der Fahrrinne der Außenems seitens des WSA Emden alle 2 bis 4 Wochen in den Hauptbaggergebieten, sonst im viertel- bzw. halbjährigen Abstand. Liegt keine besondere Dringlichkeit vor, kann nach Durchführung der Verkehrssicherungspeilung ein Zeitraum von bis zu 6 Tagen vergehen, bis mit der Beseitigung der Mindertiefen im Revier begonnen werden kann. Die Festlegung, wo die Baggerarbeiten begonnen werden, erfolgt unter Berücksichtigung der vorrangig zu bearbeitenden Bereiche. Bei besonderer Dringlichkeit kann durch rechtzeitige Anmeldung des Baggerbedarfs die im Regelfall geltende 72-Stunden-Regelung auch verkürzt werden und der Bagger kann nach vorheriger Abstimmung auch schon früher

<sup>4</sup> Bei der Interpretation der zeitlichen Abläufe ist zu berücksichtigen, dass die oben angegebenen Zeitangaben den äußeren Anforderungen entsprechend in der Praxis deutlich flexibler sind als beschrieben.

mit der Abarbeitung der prioritär zu beseitigenden Mindertiefen beginnen. Je nach Höhe, Lage und Beschaffenheit der Mindertiefen liegt die Dauer des Baggereinsatzes zur Beseitigung aller beauftragten Baggerstellen in der Regel bei 1 bis 2 Wochen.

Die Abrechnung erfolgt nicht wie an der Unterems anhand von Peilerggebnissen, sondern es wird nach gefahrenen km, Stunden Baggerzeit und Stück Verklappungen abgerechnet.

Das Baggergeschehen in der Außenems 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 Witterungsbedingungen angepasst werden.

#### Revier Unterems

Zur routinemäßigen Überwachung der Gewässersohlhöhen und als Basis für die Baggerung führt das WSA Emden regelmäßige Peilungen in einem turnusmäßigen Intervall, das sich zwischen minimal 2 Wochen und maximal 4 Wochen bewegt, durch. Da die Sohltiefe der Unterems in Abhängigkeit der jeweiligen Überführungen von Werftschiffen bedarfsgerecht in sog. Baggerkampagnen hergestellt wird, sind im Zuge dieser Kampagnen zusätzliche Kontrollpeilungen des WSA Emden erforderlich. Dazu wird zeitnah vor Beginn der Arbeiten in dem jeweiligen Baggerabschnitt eine Vorpeilung und spätestens 4 Tage nach Fertigstellung der Solltiefe in dem jeweiligen Abschnitt eine Nachpeilung durchgeführt. Anhand der Peilungen werden die abrechenbaren Baggermengen ermittelt. Die Vermessung erfolgt ebenfalls durch Linienpeilungen, die zu Peilplänen aufbereitet werden.

#### Tidebeeinflusster DEK / Schleuse Herbrum

Die Peilungen erfolgen im Schleusenbereich in je nach Jahreszeit unterschiedlichen Abständen oder nach besonderen Meldungen aus der Schifffahrt. Die Peilung wird, sofern technisch möglich, mit dem Echolot durchgeführt. Überwiegend ist jedoch ein Tellerlot im Einsatz, da der Sedimentanteil so hoch ist, dass eine Peilung mittels Echolot nicht möglich ist.

## **2.5 Unterhaltung der Außenems (einschließlich Emders Fahrwasser)**

### **2.5.1 Beschreibung der Unterhaltungsbaggerungen/Unterhaltungsstrategie**

Die Unterhaltungsbaggerungen in der Außenems und dem Emders Fahrwasser dienen der Gewährleistung der planfestgestellten erforderlichen Wassertiefen für die Schifffahrt. Aufgrund des angestrebten, tideunabhängigen Verkehrs ist die Schifffahrt zwingend auf eine möglichst kontinuierliche Unterhaltung der Fahrrinne angewiesen. Im Rahmen der natürlichen tideabhängigen Sedimenttransportprozesse setzt das Aufwachsen der Sohlformen direkt im Anschluss an die Sohlbaggerung wieder ein. Das bedeutet einen ganzjährigen Baggereinsatz, wobei festzustellen ist, dass wiederholt in den Wintermonaten die Unterhaltungsbaggerungen zum Teil mit verringerter Intensität, zum Teil gar nicht stattfinden, da die vorhandenen Sohlformen ohne anthropogene Einwirkungen vorhanden sind. Es sind regelmäßig 1 - 2 Hopperbagger im Einsatz.

Im Regelfall stellt ein Hopperbagger (Laderaumvolumen 5.000 m<sup>3</sup>), in einem Baggerabschnitt die Tiefe her und wechselt dann nach Erreichen der Solltiefen in den nächsten Abschnitt, so dass zumeist einige Tage am Stück im gleichen Abschnitt gebaggert wird. Gründe für das kurzfristige Wechseln in andere Baggerabschnitte sind zumeist Umriorisierungen zur Beseitigung akuter Mindertiefen oder Umläufe in Verbindung mit Personalwechsel oder Versorgungsfahrten. Als Basis für die Priorisierung dienen regelmäßige Peilungen des WSA (siehe Kap. 2.4). Als Unterhaltungsstrecke gilt die Längsachse der Fahrrinne. Seitenbereiche, Nebenrinnen und der Dollart werden nicht unterhalten.

In der Regel erfolgt der Baggereinsatz über 24 h. Für schlickiges, unkonsolidiertes Material dauert der reine Baggerprozess etwa 30 Minuten; kürzere Eingriffszeiten von 15 Minuten pro Umlauf sind jedoch in der Außenems nicht untypisch. Für sandiges Material ist eine Baggerzeit von etwa 45 Minuten zu veranschlagen. Die Verklappung ist innerhalb weniger Minuten abgeschlossen. Die Fahrtzeit zwischen Unterbringungsstelle und Baggerbereich lässt sich aus der Entfernung und einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 12 Knoten berechnen. Bei einer mittleren Entfernung von rd. 20 km zwischen dem Emden Fahrwasser und den Klappstellen 5 und 7 entfallen auf die Fahrtzeit in etwa 3 h (Hin- und Rückfahrt) während eines Umlaufs.

Ein Bagger mit einem Laderaumvolumen von 5.000 m<sup>3</sup> transportiert pro Umlauf ca. 4.000 m<sup>3</sup> an schlickigem Material. Diese Annahme ist bereits als worst-case-Abschätzung anzusehen, da erfahrungsgemäß beim Transport von schlickigem Material in den vergangenen Jahren ein Volumen von etwa 4.100 m<sup>3</sup> transportiert wurde. Für das schwerere sandige Material beträgt das durchschnittliche Transportvolumen etwa 3.200 m<sup>3</sup>.

## **2.5.2 Baggermengen und Unterhaltungsintensitäten**

### **Jährliche Mengen**

In Abbildung 2.5-1 sind die von Ems-km 40,7 bis 112,5 jährlich anfallenden Sedimentmengen aus der Unterhaltungsbaggerung für den Zeitraum 1982 bis 2012 dargestellt. Tabelle 2.5-1 zeigt ergänzend die jährlichen Mengen für diesen Zeitraum unterteilt in drei Baggerabschnitte.

Von 1982 bis 1993 bewegten sich die jährlichen Baggermengen zwischen 5,2 und 8,3 Mio. m<sup>3</sup>, das Mittel betrug 6,9 Mio. m<sup>3</sup> (Tabelle 2.5-1). 1994 und 1995 wurde mit 10,6 bzw. 9,1 Mio. m<sup>3</sup> vergleichsweise viel gebaggert. Im Folgejahr 1996 war die gebaggerte Menge mit knapp 4,0 Mio. m<sup>3</sup> unterdurchschnittlich, stieg dann aber bis 1999 wieder auf 6,9 Mio. m<sup>3</sup> an. Zwischen 1999 und 2012 variierte die jährliche Baggermenge zwischen minimal 5,1 (2006) und maximal 8,1 (2008) Mio. m<sup>3</sup>.

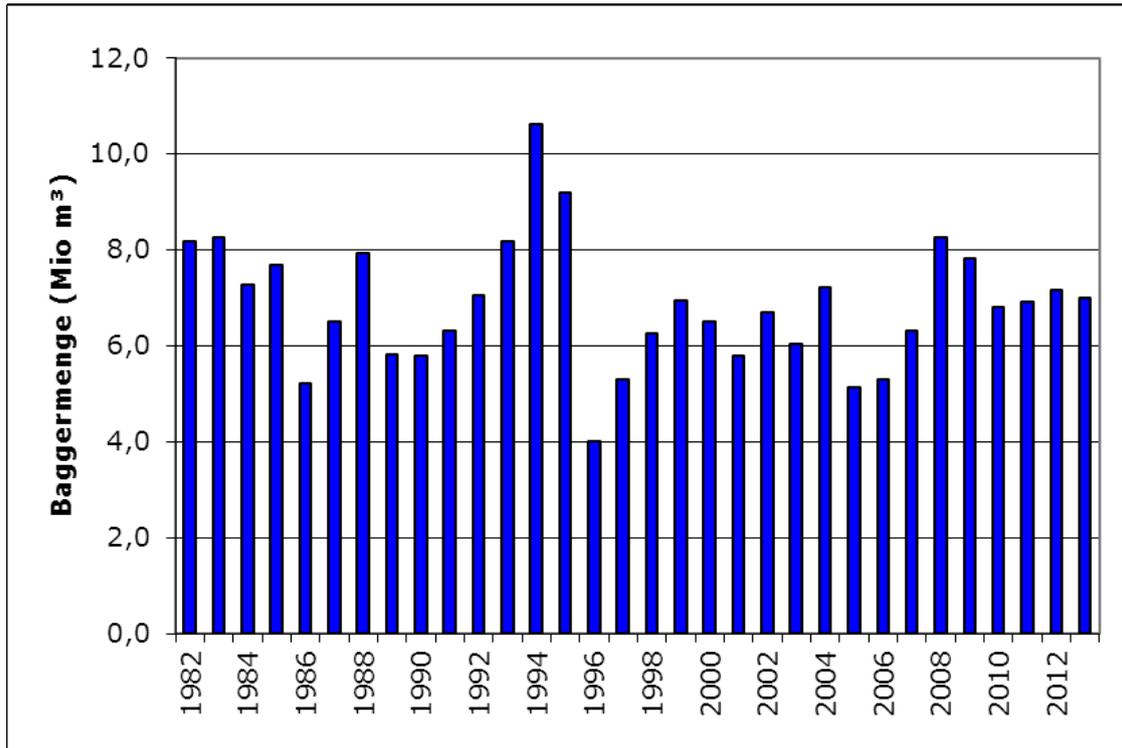


Abbildung 2.5-1: Jährliche Mengen (Mio. m<sup>3</sup>) aus der Unterhaltungsbaggerung in der Außenems (Ems-km 40,7 bis 112,5) im Zeitraum 1982 bis 2013 (Datenquelle: WSA Emden)

**Tabelle 2.5-1: Jährliche Baggermengen (Mio. m<sup>3</sup>) in der Außenems von 1982 - 2013 (Quelle:  
WSA Emden)**

<b>Abschnitt</b>	<b>Emders Fahrwasser</b>	<b>Gatjebogen</b>	<b>seewärts Gatjebogen</b>	<b>Außenems gesamt</b>
<b>Ems-km</b>	<b>40,7 - 50,0</b>	<b>50,0 - 53,0</b>	<b>53,0 - 112,5</b>	<b>40,7 -112,5</b>
1982	5,9	0,5	1,8	8,2
1983	6,3	0,7	1,3	8,3
1984	4,4	0,7	2,2	7,3
1985	5,7	0,8	1,2	7,7
1986	3,8	0,6	0,9	5,2
1987	4,1	0,6	1,8	6,5
1988	4,2	0,7	3,1	7,9
1989	3,2	0,6	2,0	5,8
1990	3,5	0,9	1,4	5,8
1991	4,1	1,0	1,2	6,3
1992	4,8	1,4	0,9	7,1
1993	5,7	1,3	1,1	8,2
1994	7,8	2,0	0,8	10,6
1995	5,9	1,9	1,5	9,2
1996	1,7	1,1	1,1	4,0
1997	3,3	1,5	0,6	5,3
1998	3,7	1,9	0,7	6,3
1999	4,4	2,0	0,5	6,9
2000	3,8	1,9	0,8	6,5
2001	3,1	2,1	0,6	5,8
2002	3,8	2,2	0,7	6,7
2003	3,4	2,0	0,7	6,0
2004	4,2	2,1	0,9	7,2
2005	2,8	1,5	0,9	5,1
2006	3,0	1,3	0,9	5,3
2007	3,7	1,5	0,6	6,3
2008	4,1	2,9	1,2	8,3
2009	4,2	2,4	1,3	7,8
2010	2,8	2,3	1,6	6,8
2011	4,2	1,9	0,8	6,9
2012	4,0	2,1	1,1	7,2
2013	3,8	1,8	1,4	7,0

### Monatliche Mengen

Der saisonale Schwerpunkt der Unterhaltungsbaggerei in der Außenems lag bis 2010 meist in den Sommermonaten Juli und August (Abbildung 2.5-2). 2011 entfiel zwar auf den Zeitraum März bis August immer noch ca. 70 % der jährlichen Baggermenge (Abbildung 2.5-2), seit 2012 ist jedoch kein Schwerpunkt der Baggermengen im Sommerhalbjahr mehr zu erkennen (Abbildung 2.5-3).

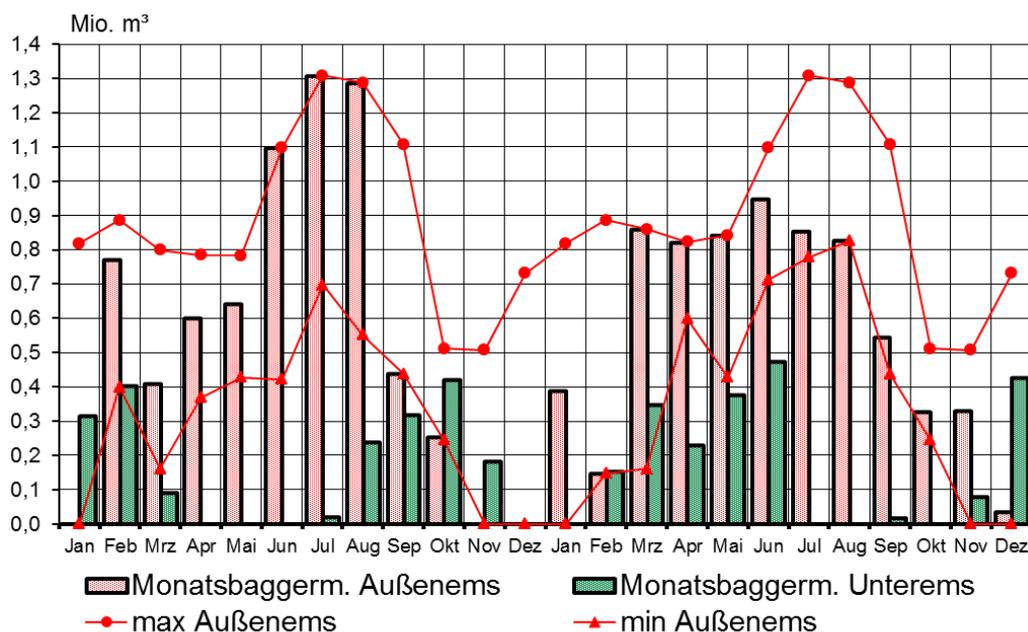


Abbildung 2.5-2: Monatliche Baggermengen (Mio. m<sup>3</sup>) aus der Fahrinnenunterhaltung der Jahre 2010 (links) und 2011 (rechts) sowie minimale und maximale Baggermengen der vergangenen 5 Jahre (Quelle: Baggerbüro Küste)

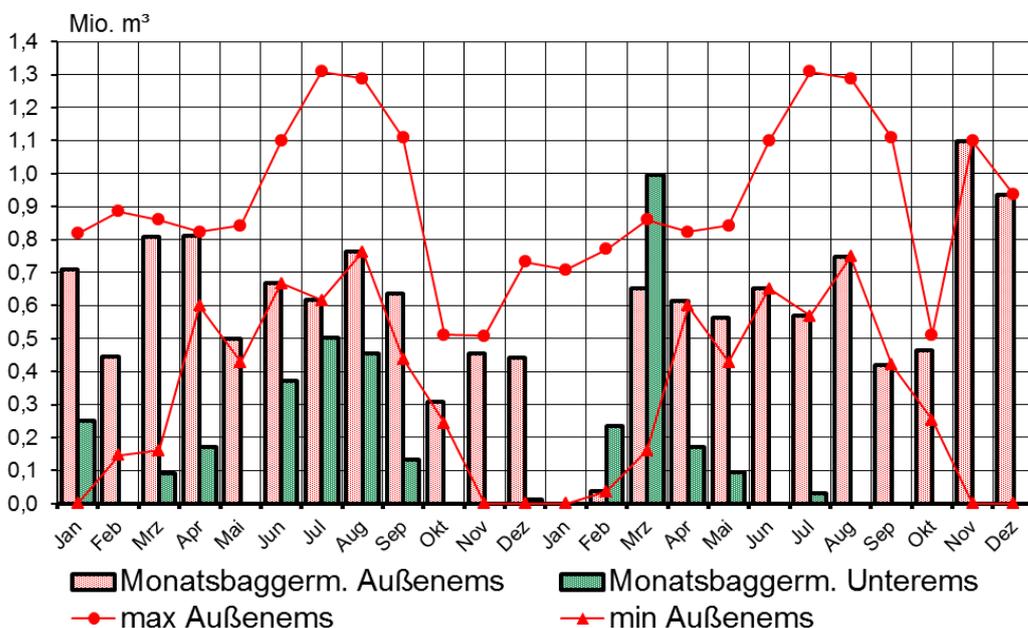
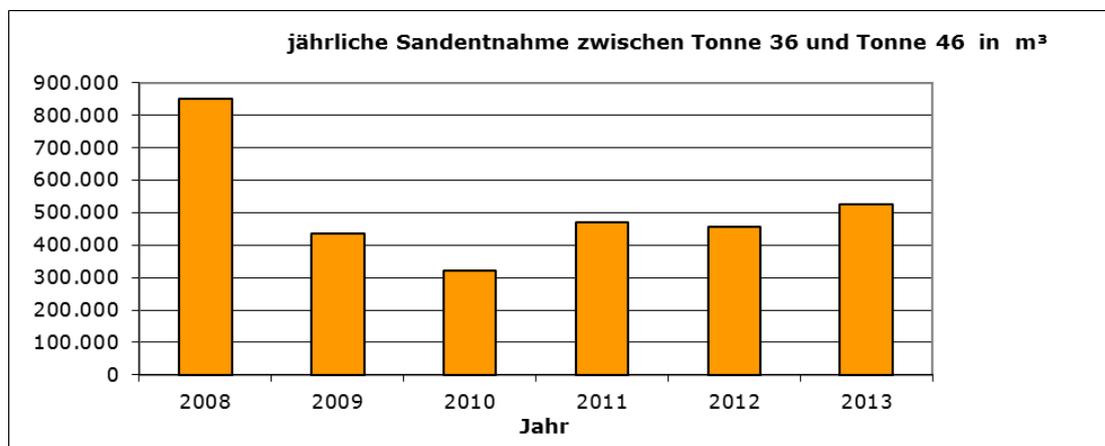


Abbildung 2.5-3: Monatliche Baggermengen (Mio. m<sup>3</sup>) aus der Fahrinnenunterhaltung der Jahre 2012 (links) und 2013 (rechts) sowie minimale und maximale Baggermengen der vergangenen 5 Jahre (Quelle: Baggerbüro Küste)

### Sandentnahmen

Zusätzlich zu den Unterhaltungsbaggerungen finden in der Außenems regelmäßige Sandentnahmen statt. Im Bereich des Ostfriesischen Gatje (ca. Ems-km 55 bis 67) werden zurzeit jährlich durchschnittlich 500.000 m<sup>3</sup> Sand durch Dritte entnommen (in der Regel für Baumaßnahmen), d.h. 1/3 der maximal zulässigen Menge von 1,5 Mio. m<sup>3</sup>. Dies geschieht in der

Regel in Bereichen, in denen die Fahrrinne sowieso durch die WSV unterhalten werden muss. Die Genehmigungen für die Sandentnahmen werden jeweils für einen Zeitraum von maximal einem Jahr erteilt.



**Abbildung 2.5-4: Sandentnahmen in der Fahrrinne (Ems-km 55 - 67) von 2008 bis 2013**  
(Quelle: WSA Emden)

#### **Baggermengen in den 12 Baggerabschnitten**

Abbildung 2.5-5 gibt einen Überblick über die in den 12 Baggerabschnitten anfallenden langjährigen Gesamtbaggermengen inkl. der Sandentnahmen. In der Außenems entfiel ein Großteil der Gesamtbaggermenge auf die beiden Abschnitte im Emder Fahrwasser (Ems-km 40,7 - 50,0) und den Abschnitt im Gatjebogen (Ems-km 50,0 - 53,0). Die räumliche Verteilung der Baggermengen, die auf der Gesamtmenge eines 15-jährigen Zeitraums basiert, ist auch für einzelne Jahre repräsentativ, da sich die Baggerschwerpunkte interannuell nicht unterscheiden.

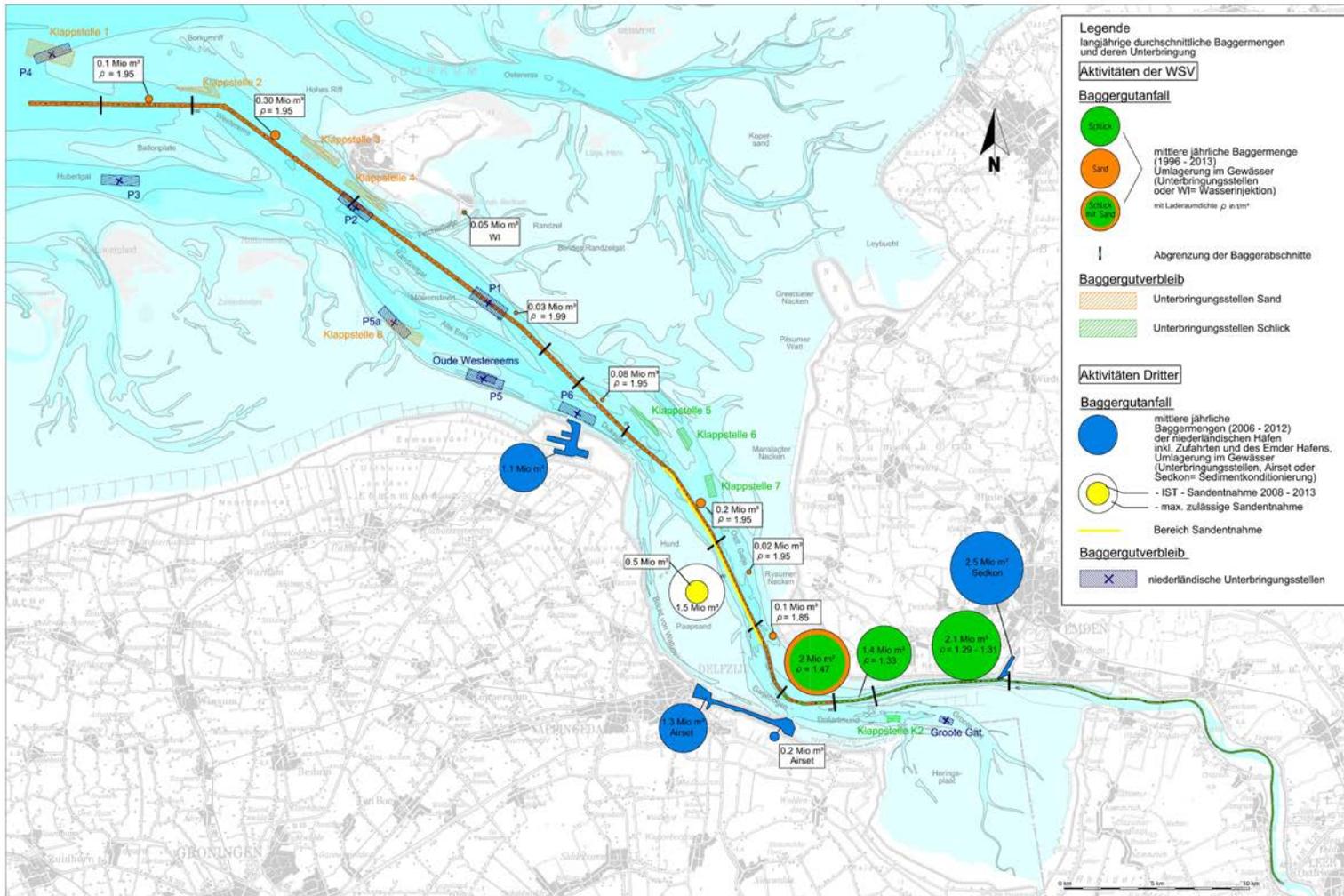


Abbildung 2.5-5: Langjährige mittlere jährliche Mengen (Mio. m<sup>3</sup>) aus der Unterhaltungsbaggerung in der Außenems (Ems-km 40,7 bis 112,5) (Quelle: WSA Emden)

### Unterhaltene Fläche

In Abbildung 2.5-6 ist beispielhaft der Querschnitt von Ufer zu Ufer bei Ems-km 52 vor und nach einer Unterhaltungsbaggerung dargestellt.

Im Emdener Fahrwasser nimmt der Flächenanteil der Fahrrinne, der unterhalten wird, an der Gesamtquerschnittsfläche bei mittlerem Tideniedrigwasser einen Anteil zwischen 21 und 35 % ein. In Richtung See nimmt dabei der Anteil der Wasserfläche außerhalb der Fahrrinne stetig zu.

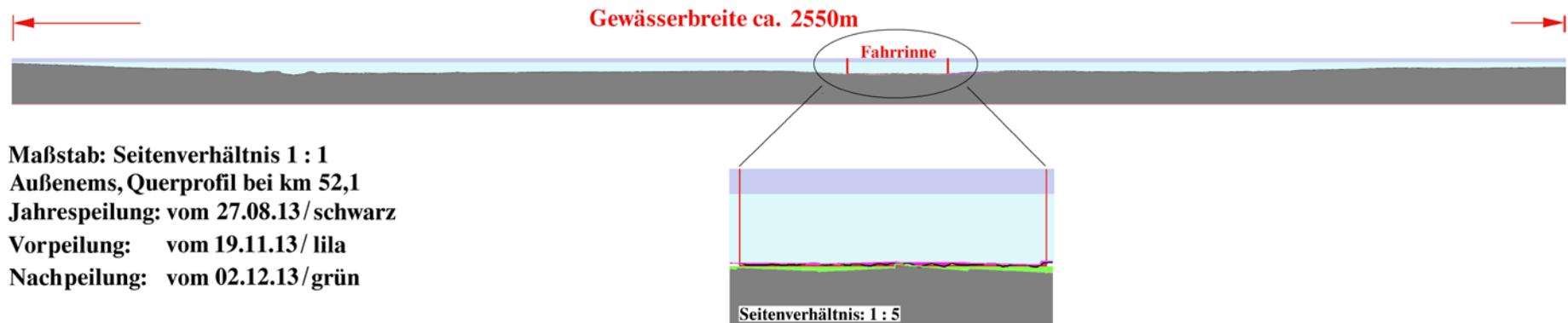


Abbildung 2.5-6: Querschnitt bei Ems-km 52, Vor und nach Baggerung, Detail 1:5 überhöht (Quelle: WSA Emden)

### **2.5.3 Baggergutbeschaffenheit**

Der Bereich zwischen Ems-km 40,7 und 112,5 lässt sich morphologisch gesehen anhand der Sohlenstruktur und der Bodenart im Längsschnitt wie folgt charakterisieren:

#### Emden Ostmole bis Geisesteert (Ems-km 40,7 bis 48,5):

Der ca. 8 km lange Streckenabschnitt zeichnet sich durch eine hohe Variabilität aus und ist durch die grundsätzliche Anwesenheit von Schlick dominiert (Schluff-Ton-Gemisch mit hoher organischer Beimengung).

Je nach Oberwassersituation existieren Transportkörper (Dünen) mit einer Länge von 100 m und einer Höhe von etwa 1,5 m. Die Dünen sind unregelmäßig, was am hohen Anteil von kohäsiven Feinsedimenten liegt. Die Bildung der Transportkörper konzentriert sich auf die letzten 3 - 4 Kilometer vor dem Geisesteert und ist vorwiegend an hohe Oberwassermengen gekoppelt, die in der Regel in den Monaten November bis April vorkommen. In den Sommermonaten herrscht dominierend Schlick vor, unter dessen Anwesenheit Transportkörper nicht entstehen.

#### Geisesteert bis Gatjebogen (Ems-km 48,5 bis 53,0):

Im Bereich von Ems-km 48,5 bis 52,0 kommen regelmäßig Dünen vor, die in Richtung See um ca. 0,5 m abfallen. In der anschließenden Fließstrecke von Ems-km 52,0 - 53,0 sinkt die Sohle auf etwa NN -13,3 m ab. Auffällig ist, dass die Neigungen der Dünenflanken entsprechend dem Geschiebetransport charakteristische Formen besitzen. Anhand der Luv- und Leeneigungen der Dünen lässt sich ableiten, dass der Transport sohnah bis Ems-km 51,3 besonders bei hohem Oberwasserabfluss ebborientiert und stromab Ems-km 51,3 flutorientiert ist.

#### Gatjebogen bis Dukegat (Ems-km 53,0 bis 62,5):

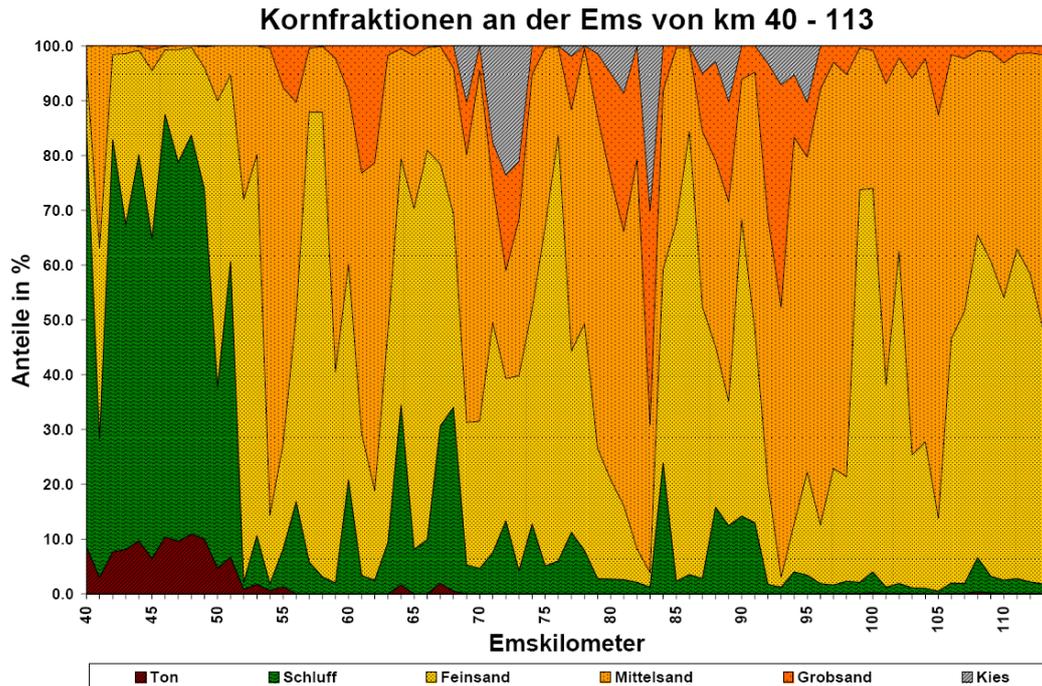
In diesem Bereich sind die natürlichen Tiefen für die Schifffahrt ausreichend, so dass hier eher episodisch gebaggert werden muss. Es herrschen sandige Sohlsubstrate vor. Transportkörper sind vorhanden.

#### Bereich Dukegat (Ems-km 62,7 bis 67,5):

Dieser Bereich ist durch sandige Sedimente mit entsprechend häufig auftretenden Dünen gekennzeichnet. Die Form der Dünen lässt auf einen flutstromorientierten Sohltransport schließen. Der ca. 5 km lange Abschnitt weist Tiefen von NN -10,8 bis ca. - 15,8 m auf.

#### Bereich Außenems seewärts Ems-km 67,5 (Ems-km 67,5 bis 112,5):

Im Bereich über Ems-km 67,5 hinaus bis Ems-km 112,5 stehen vorwiegend sandige, z. T. kiesige Sedimente an.



**Abbildung 2.5-7: Sedimentzusammensetzung in der Fahrrinne (Ems-km 40 - 113; Daten 2004 bis 2011) (Quelle: WSA Emden)**

#### **2.5.4 Unterbringung von Baggergut**

Für die Umlagerung von Baggergut aus dem Bereich ab Ems-km 25 (Terborg) finden seit November 2009 die „Gemeinsamen Übergangsbestimmungen der Küstenländer und des Bundes für den Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern“ (GÜBAK) Anwendung.

Die GÜBAK berücksichtigt die relevanten internationalen Meeresschutz-Übereinkommen (London 1972, OSPAR 1992 und Helsinki 1992), in deren Rahmen spezielle Richtlinien für die ökologisch vertretbare Ablagerung von Baggergut in den jeweiligen Übereinkommensgebieten verabschiedet wurden.

##### **2.5.4.1 Unterbringungsorte und anderweitige Verwendungen von Baggergut**

In den Vorbemerkungen zur GÜBAK wird unterstrichen, dass auch das künftig anfallende Baggergut nach Möglichkeit im Gewässersystem verbleiben und dort die hydromorphologische Entwicklung stützen soll. Auch nach dem Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen von 2008 (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung 2008) ist die subaquatische Unterbringung von unbelastetem Baggergut durch Umlagerung des Baggerguts im System einer Entsorgung an Land vorzuziehen. In der Außenems wird seit 1995 sämtliches Baggergut auf den hierfür ausgewiesenen Unterbringungsstellen untergebracht. Auf diese Weise sollen die natürlichen Prozesse von Sedimentation und Erosion erhalten bleiben und dem System kein Sediment entzogen werden.

Innerhalb des deutschen Gebietes, das im Zuständigkeitsbereich des WSA Emden liegt, stehen zur Unterbringung des Baggerguts insgesamt neun Unterbringungsstellen (Klappstellen 1 bis 8 sowie Klappstelle K2) mit einer Größe zwischen 45 und 219 ha zur Verfügung.

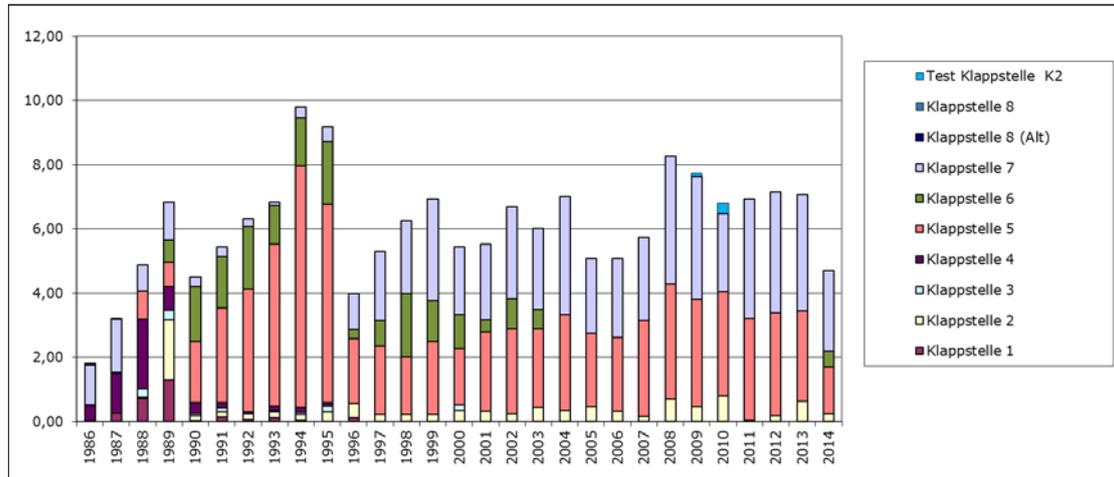
Die Klappstelle K2 im Dollartmund wurde erst in jüngster Zeit eingerichtet und 2009 und 2010 temporär mit einer Probebeschickung beaufschlagt. Fast alle Unterbringungsstellen befinden sich im Norden oder Osten der Fahrrinne in tieferen Seitenbereichen der Hauptstromrinne oder der Nebenrinnen und folgen den großskaligen hydromorphologischen Veränderungen.

Die am weitesten seewärts liegenden Klappstellen 1 bis 4 können hauptsächlich sandiges Baggergut aus der Westerems und den äußeren Fahrinnenbereichen aufnehmen. Da hier in den letzten Jahren vergleichsweise wenig Baggergut anfiel, nimmt die durchschnittlich auf diesen Unterbringungsstellen untergebrachte Menge nur einen kleinen Anteil an der Gesamtmenge ein. Das anfallende Material wird seit Ende der 90er Jahre nahezu ausschließlich auf Klappstelle 2 untergebracht. Die Klappstellen 3 und 4 wurden seitdem aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr angefahren.

Die im Emshörngbiet gelegenen Klappstellen 5, 6 und 7 haben sich als Ablagerungsstellen für Schluff, Schlick und Feinsand aus dem Bereich Gatjebogen und Emders Fahrwasser bewährt. Außerdem wird sandiges Baggergut aus dem Bereich Ems-km 53 - 67 auf Klappstelle 5 untergebracht. Die Unterbringungsstellen nahmen zusammen jedes Jahr zwischen 3,57 Mio. m<sup>3</sup> (1996) bis 8,60 Mio. m<sup>3</sup> (1995) Baggergut auf, dies entspricht ca. 90 % der insgesamt auf den Unterbringungsstellen untergebrachten Baggermenge/Jahr (Abbildung 2.5-8).

Während auf den Klappstellen 5 und 7 regelmäßig verklappt werden kann, hat sich in der Zufahrt zur Klappstelle 6 durch großräumige hydromorphologische Veränderungsprozesse eine Verlandung der Zufahrt eingestellt. Aufgrund dessen konnte die Klappstelle 6 nach dem Jahr 2003 von sehr tiefgehenden Hopperbaggern, die gemäß den damaligen Vergabeverfahren eingesetzt wurden, nicht mehr angefahren werden. Mit den seit Anfang 2014 zur Verfügung stehenden Hopperbaggern mit geringerem Tiefgang ist auch die Beschickung von Klappstelle 6 wieder möglich, allerdings handelt es sich hier nur um relativ geringe Mengen. Das restliche Baggergut wird zu ähnlichen Anteilen auf die Klappstellen 5 und 7 verteilt, deren maximale Aufnahmekapazität jeweils um 4,5 bzw. 4,0 Mio. m<sup>3</sup> beträgt (WSD Nord-west 2008). Aus praktischen Gründen wird Klappstelle 5 überwiegend bei Ebbe und Klappstelle 7 überwiegend bei Flut beschickt. Im Jahr 2012 wurden die Klappstellen 5 und 7 im Mittel jeweils etwa 3x täglich beaufschlagt (im Monat mit minimaler Nutzung jeweils etwa einmal täglich, im Monat mit maximaler Nutzung bis zu 5x täglich).

Die Klappstelle 8 bei Ems-km 83,5 wurde 1994 als Ersatzklappstelle eingerichtet und bis heute noch nie beschickt.



**Abbildung 2.5-8: Jährliche Beaufschlagung (Mio. m<sup>3</sup>) der einzelnen Unterbringungsstellen mit den von deutscher Seite von 1995 bis 2014 anfallenden Baggermengen (Quelle: WSA Emden)**

#### 2.5.4.2 Baggergutverbleib

Die Bundesanstalt für Wasserbau hat im Auftrag der „Deutsch-Niederländischen Koordinierungsgruppe zur Baggergutunterbringung in der Außenems“ untersucht, wohin das Sediment von den Unterbringungsstellen verdriftet (BAW 2014). Grundsätzlich findet aufgrund der hydrodynamischen Verhältnisse im Ems-Ästuar ein stetiger Import von Sediment statt (BAW 2014, vgl. auch Kap. 3.2 und 3.3). Dementsprechend wird nach Aussage der BAW auch das Material von den Unterbringungsstellen überwiegend stromauf und damit zurück Richtung Emders Fahrwasser transportiert; nur ein sehr kleiner Anteil der umgelagerten Sedimente wird dauerhaft mit der Ebberströmung aus dem Ästuar entfernt. Dies gilt sowohl für die deutschen wie auch für die niederländischen Unterbringungsstellen. Lediglich die Klappstelle 7 und die geplante Klappstelle K2 im Dollartmund weisen hinsichtlich der vorherrschenden Transportrichtungen im Sinne des Wiedereintriebs etwas positivere Eigenschaften auf (BAW 2014).

## 2.6 Unterhaltung der Unterems

### 2.6.1 Beschreibung der Unterhaltungsbaggerungen/Unterhaltungsstrategie

Die Unterhaltungsbaggerungen in der Unterems dienen der Gewährleistung der erforderlichen Wassertiefen für die Schifffahrt (inkl. Überführungen) auf Grundlage der gültigen Planfeststellungsbeschlüsse und finden prinzipiell in so genannten Baggerkampagnen statt, die je nach Massenermittlung in der Regel etwa 3 - 4 Monate dauern. Die herzustellende Tiefe (Bedarfstiefe) dient der Überführung von Werftschiffen und stellt dabei gleichzeitig eine Vorratsbaggerung für die ganzjährig zu unterhaltende Basistiefe dar (Tabelle 2.6-1). Im Rahmen der natürlichen tideabhängigen Sedimenttransportprozesse setzt das Aufwachsen der Sohlformen direkt im Anschluss an die Sohlbaggerung wieder ein. Wenn durch bestimmte Witterungsbedingungen, Oberwasser und Tide- und Windverhältnisse die zu garantierende schiffbare Tiefe (Basistiefe) in der Unterems nicht gehalten werden kann, werden zu den Kampagnenbaggerungen zusätzliche Unterhaltungsbaggerungen durchgeführt (ca. einmal pro Jahr). Hinsichtlich der Basistiefe werden geringfügige Mindertiefen (bis zu 60 cm) toleriert.

**Tabelle 2.6-1: Zusammenstellung der Ausbautiefen und der Vertiefungsmaße zwischen Papenburg und Emden (\*neue Tiefen, gem. Plangenehmigung vom 29.02.2012).**

Station	Ems-km	Basistiefe NN	maximale Bedarfstiefe für stau- geregelte Überführung NN	
			[m]	[m]
<b>Dortmund-Ems-Kanal</b>	<b>225,8</b>	-5,08	<b>-6,30*</b>	
Vorhafen Papenburg	0,00	-5,20	-6,30	
Pegel Papenburg	0,39	-5,20	-6,30	
	1,00	-5,20	-6,30	
Stapelmoorer Bucht	3,50	-5,20	-6,20	
	6,00	-5,20	-6,20	
Pegel Weener	6,89	-5,20	-6,20	
Buschfeld	8,20	-5,27	-6,20	
Weekeborger Bucht	11,00	-5,41	-6,20	
Liegestelle Leerort-S.	14,40	-5,59	-6,20	
Liegestelle Leerort N.	14,70	-5,60	-6,20	
Pegel Leerort	14,74	-5,60	-6,20	
Jann-Berghaus-Brücke	15,05	-5,60	-6,20	
	16,50	-5,60	-6,20	
Schnittpunkt B/A	21,41	-5,60	-6,20	
Pegel Terborg	24,64	-5,84	-6,20	
Coldeborg	28,00	-6,08	-6,20	
Oldersum	30,30	-6,25	-6,20	
Schiffsliegeplatz 0	31,00		-6,20	-10,50 Liegewanne
<b>Schiffsliegeplatz W</b>	<b>31,00</b>		<b>-7,41*</b>	-10,50 Liegewanne
<b>Pogum</b>	<b>35,30</b>	-6,62	<b>-7,55*</b>	
<b>Emden</b>	<b>40,45</b>	-7,04	<b>-7,78*</b>	

Im Regelfall stellen Hopperbagger (Abbildung 2.3-1) - ähnlich wie in der Außenems, aber mit kleinerem Laderaum von ca. 1.000 m<sup>3</sup> - in einer bestimmten Baggerstrecke die Tiefe her und wechseln dann nach Erreichen der Solltiefen in die nächste Baggerstrecke, so dass zumeist einige Tage am Stück im gleichen Abschnitt gebaggert wird. Während einer Baggerkampagne sind üblicherweise bis Ems-km 30 zwei Bagger im Einsatz und im Bereich des Sperrwerkes ein weiterer Bagger mit mittlerem Laderaum (2.500 m<sup>3</sup>). Üblicherweise erfolgt der Baggereinsatz oberhalb des Emssperrwerkes im Zeitraum von 06:00 Uhr bis 22.00 Uhr, unterhalb des Emssperrwerkes im 24-h-Betrieb.

Als Unterhaltungsstrecke gilt die Längsachse der Fahrrinne. Seitenbereiche, Nebenrinnen und Altarme werden nicht unterhalten.

Für schlickiges, unkonsolidiertes Material dauert der reine Baggerprozess etwa 45 Minuten; kürzere Eingriffszeiten von 30 Minuten pro Umlauf sind jedoch in der Unterems nicht untypisch. Für sandiges Material ist eine Baggerzeit von etwa 90 Minuten zu veranschlagen. Dieerspülung ist innerhalb von 45 Minuten abgeschlossen. Die Fahrtzeit zwischen Über-

gabereinrichtung/Unterbringungsstelle und Baggerbereich lässt sich aus der Entfernung und einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 10 km/h berechnen. Bei einer mittleren Entfernung von rund 10 km zwischen Baggerbereich und Spülstation/Unterbringungsstellen entfällt auf die Fahrzeit etwa 2 h (Hin- und Rückfahrt) während eines Umlaufs.

Da die zu baggernden Mindertiefen je nach Oberwasser- und Tideverhältnissen veränderlich sind, kann das genaue Ausmaß der Baggermenge erst zu Beginn der Baggerkampagne festgestellt werden. Wesentlichen Einfluss auf die Baggermenge hat, neben dem Schiffstiefgang und den natürlichen Randbedingungen, die einrichtbare Stauhöhe des Emssperrwerks während der Schiffüberführung. Jeder Dezimeter mehr Stauhöhe bewirkt eine Reduzierung der Baggertiefe um das gleiche Maß (vgl. Kap. 2.6.2).

## **2.6.2 Baggermengen und Unterhaltungsintensitäten**

Das Unteremsrevier wird unterhaltungstechnisch in drei Unterhaltungsstrecken eingeteilt:

- > Ems-km 0 bis 15 von Papenburg bis Leer
- > Ems-km 15 bis 30 von Leer bis zur Großschiffsliegestelle in Oldersum
- > Ems-km 30 bis 40,5 von der Großschiffsliegestelle Oldersum bis Emden

Je nach erforderlicher Sohltiefe und zeitlichem Abstand zur vorherigen Baggerkampagne liegt die Baggerzeit in den einzelnen Abschnitten zwischen 1 und 8 Wochen.

### Ems-km 0 bis 15

In diesem Streckenabschnitt liegt die höchste Verschlickungsrate. Hier werden bis zu ca. 1 Mio. m<sup>3</sup> pro Baggerkampagne toniger, schwach feinsandiger Schluff und stark schluffiger, toniger Sand entnommen. Mittel- und Grobsande sind hier selten und nur mit sehr kleinen Anteilen (unter 1 %) im Baggergut anzutreffen (Abbildung 2.6-4).

Während des gesamten Baggerzeitraumes verkehren die Hopperbagger in dem Bereich zwischen den Baggerstellen und den Spülfeldanlegern, um das Baggergut auf die zurzeit genutzten Spülfelder zu verspülen.

### Ems-km 15 bis 30

In diesem Streckenbereich werden erfahrungsgemäß bis zu 300.000 m<sup>3</sup> pro Kampagne entnommen. Es findet sich dort hauptsächlich Schlack, d. h. Schluff mit tonigen und feinsandigen Anteilen. Mittel- und Grobsande sind hier nur sporadisch und mit kleineren Anteilen (bis ca. 10 %) im Baggergut anzutreffen (Abbildung 2.6-4).

Die Aktivitäten erfolgen analog zum Ems-Abschnitt von Ems-km 0 bis 15.

### Ems-km 30 bis 40,5

In diesem Bereich sind nur einzelne Kuppen zu baggern. Die hier anstehenden Baggermengen werden vorrangig auf die für das Material geeigneten Klappstellen 5 bis 7 und zukünftig auf Klappstelle K2 untergebracht bzw. in geringerem Maße auf dem Jarßumer Polder verspült. Es fallen dabei pro Kampagne erfahrungsgemäß bis zu 300.000 m<sup>3</sup> Bagger-

gut, bestehend aus überwiegend Feinsand- und Schluffanteilen mit der Fraktion < 0,2 mm (70 - 90 %), an. Mittel- und Grobsande sind hier nur sporadisch und mit kleineren Anteilen (bis ca. 10 %) im Baggergut anzutreffen (Abbildung 2.6-4).

Die Hopperbaggerarbeiten im Abschnitt von Ems-km 30,0 bis 40,5 laufen parallel zu den Baggerarbeiten in den anderen Streckenbereichen. Dazu wird ein mittlerer Hopperbaggertyp (Laderauminhalt ca. 2.500 m<sup>3</sup>, Tiefgang ca. 6 m, Motorleistung rd. 6.000 kW) genutzt. Diese Hopperbagger werden durchgängig 24 Stunden pro Tag an 7 Tagen der Woche eingesetzt (168 Stunden/Woche).

#### Leda

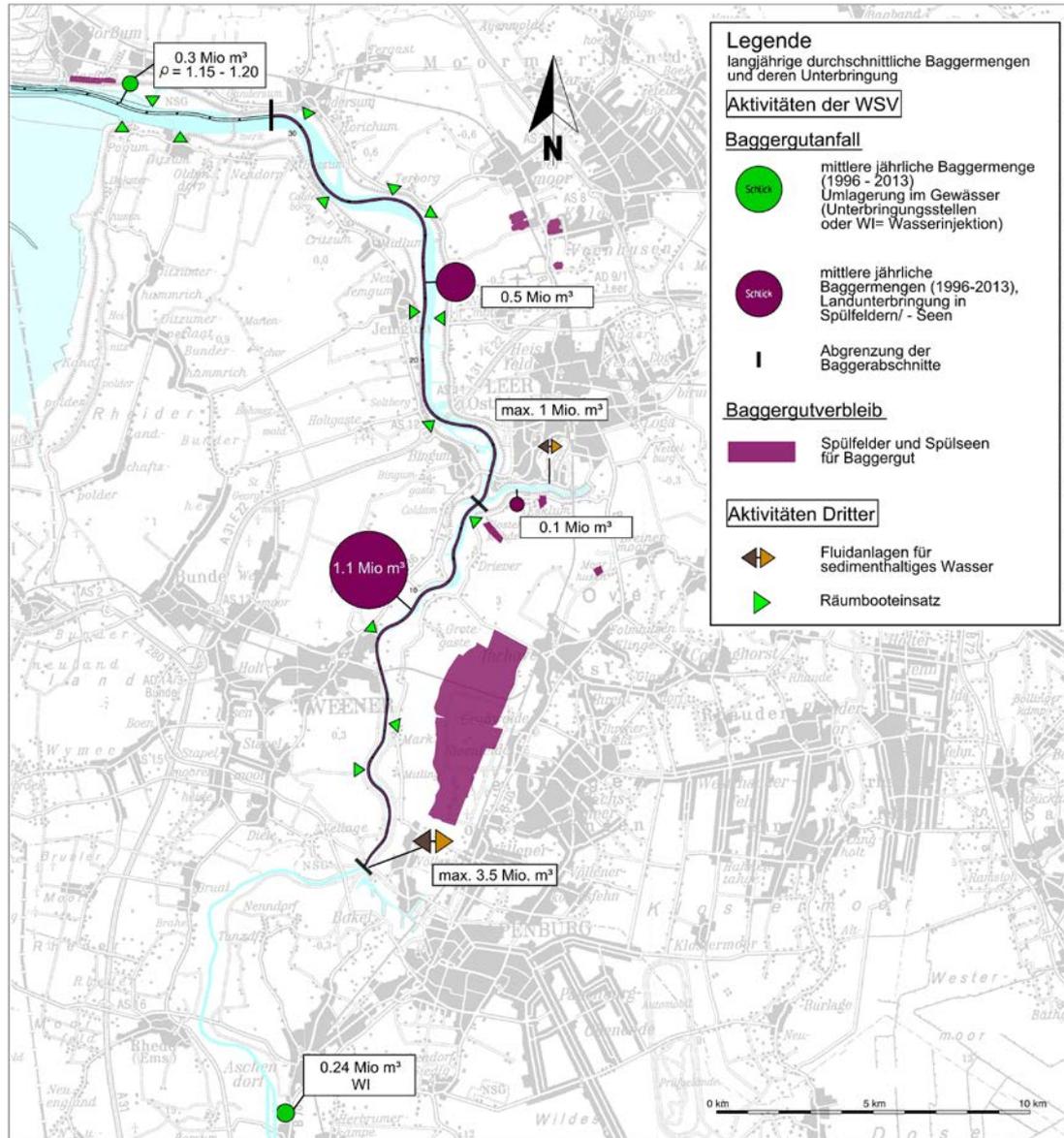
In kleinerem Umfang sind bedarfsweise in der Leda von Leda-km 22,9 bis 24,8 Unterhaltungsbaggerungen durchzuführen (ca. 1 - 2 mal jährlich im Anschluss an die Baggerkampagnen in der Unterems). Das Baggergut (ca. 115.000 m<sup>3</sup> je Kampagne) wird auf Spülfeldern bzw. Spülseen entlang der Unterems und Leda abgelagert (siehe Abbildung 2.6-1).

#### **Unterhaltene Fläche**

Die unterhaltene Gesamtfläche der Fahrrinne, projiziert auf die Gesamtfläche der Ems, ergibt einen Flächenanteil von 21 % im Streckenbereich von Ems-km 0 bis 31 bzw. 14 % im Bereich von Ems-km 31,0 bis 40,5 (Tabelle 2.6-2).

**Tabelle 2.6-2: Verhältnis unterhaltene Fahrrinnenfläche zu Gesamtfläche Ems**

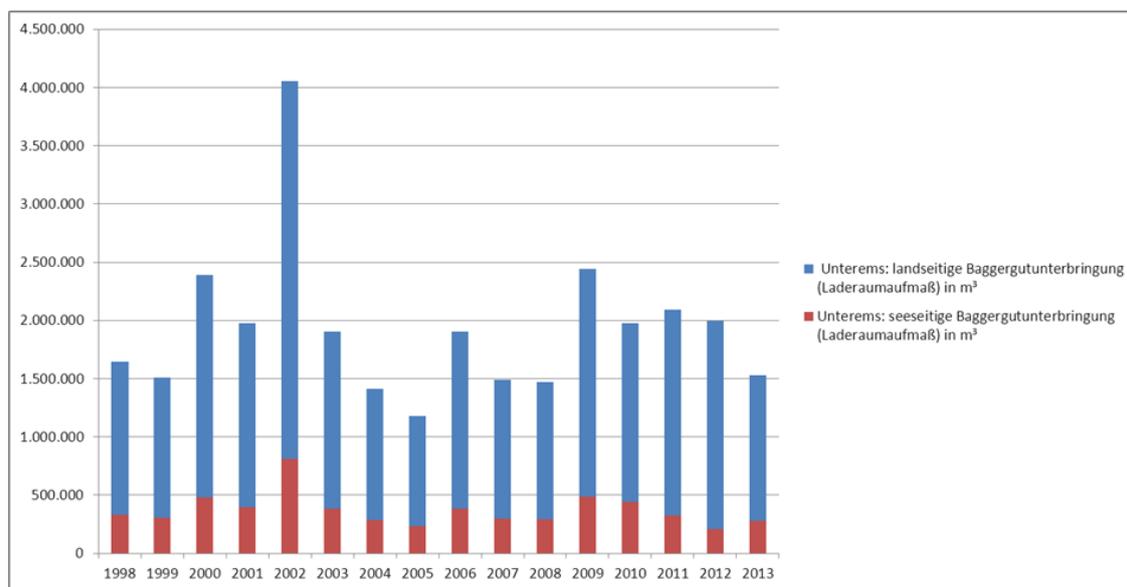
Unterems- Abschnitt	Gesamtfläche der Ems	Unterhaltene Fahrrinnenfläche	
		m <sup>2</sup>	entspr. % der Gesamtfläche
Ems-km	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
0 - 31,0	10.824.000	2.300.000	21
31,0 - 40,5	5.275.000	760.000	14
Gesamt	16.099.000	3.060.000	19



**Abbildung 2.6-1: Langjährige mittlere jährliche Mengen (Mio. m<sup>3</sup>) aus Unterhaltungsverfahren an der Unterems, Leda und DEK (Quelle: WSA Emden)**

## Jährliche Mengen

Die jährlichen Baggermengen wurden aus den Kampagnenbaggermengen ermittelt (Abbildung 2.6-2). Seit Ende 2002 wird die Ems bei Schiffüberführungen mit Hilfe des Emssperrwerks gestaut, so dass die jährlichen Baggermengen - trotz der im Laufe der Jahre größer werdenden Tiefgänge - im dargestellten Zeitraum recht stabil blieben (siehe auch Abbildung 2.6-3) Eine Abweichung ist lediglich in 2002 zu erkennen, wo ausnahmsweise zwei Schiffe überführt wurden und das Sperrwerk noch nicht in Betrieb war.



**Abbildung 2.6-2: Jahresbaggermengen (in Mio. m³) Unterems im Zeitraum 1998 - 2013 (Quelle: WSA Emden)**

### Wirkung des Emssperrwerkes bei Gandersum, Ems-km 32

Das 476 Meter lange Bauwerk erfüllt zwei Hauptaufgaben. Zum einen dient es dem Sturmflutschutz an der Ems und im Leda-Jümme-Gebiet. Zum anderen sichert die Staufunktion des Sperrwerkes die Flexibilität des Schifffahrtsweges Ems zwischen Papenburg und Emden und damit den Erhalt der Wirtschaftskraft der Region.

Das Emssperrwerk darf für den einzelnen Stauffall ganzjährig bis zu einer Höhe von NHN (Normalhöhennull) + 1,75 m für maximal 12 Stunden geschlossen werden, in der Zeit vom 16.09. - 31.03 bis zu einer Höhe von NHN + 2,7 m für maximal 52 Stunden. Die genannten Stauhöhen beziehen sich auf den Pegel Gandersum. Als Winterstau wird die Nutzung des Stauwerkes in der Zeit vom 16.09. bis 31.03., als Sommerstau die Nutzung des Stauwerkes in der Zeit vom 1.04. bis 15.09. bezeichnet (NLWKN 2014).

Der Landkreis Emsland hat Ende 2014 die Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens für die Änderung des Planfeststellungsbeschlusses zum Emssperrwerk beantragt (sog. Herbstarrondierung). Es geht dabei u. a. um eine befristete Aufhebung von Nebenbestimmungen des Sperrwerksbeschlusses (hinsichtlich des Sauerstoff- und Salzgehalts beim Einstau) für Überführungen im Herbst 2015, 2016, 2017, 2018 und 2019 (NLWKN online).

Die Abhängigkeit zwischen Überführungstiefgang, Schiffsgröße und eingestelltem Stau wird in Abbildung 2.6-3 dargestellt. Dabei ist auch ersichtlich, dass durch die Einrichtung des Emssperrwerkes die Baggermengen, trotz größer werdendem Tiefgang des Werftschiffes je Kampagne zurückgegangen sind.

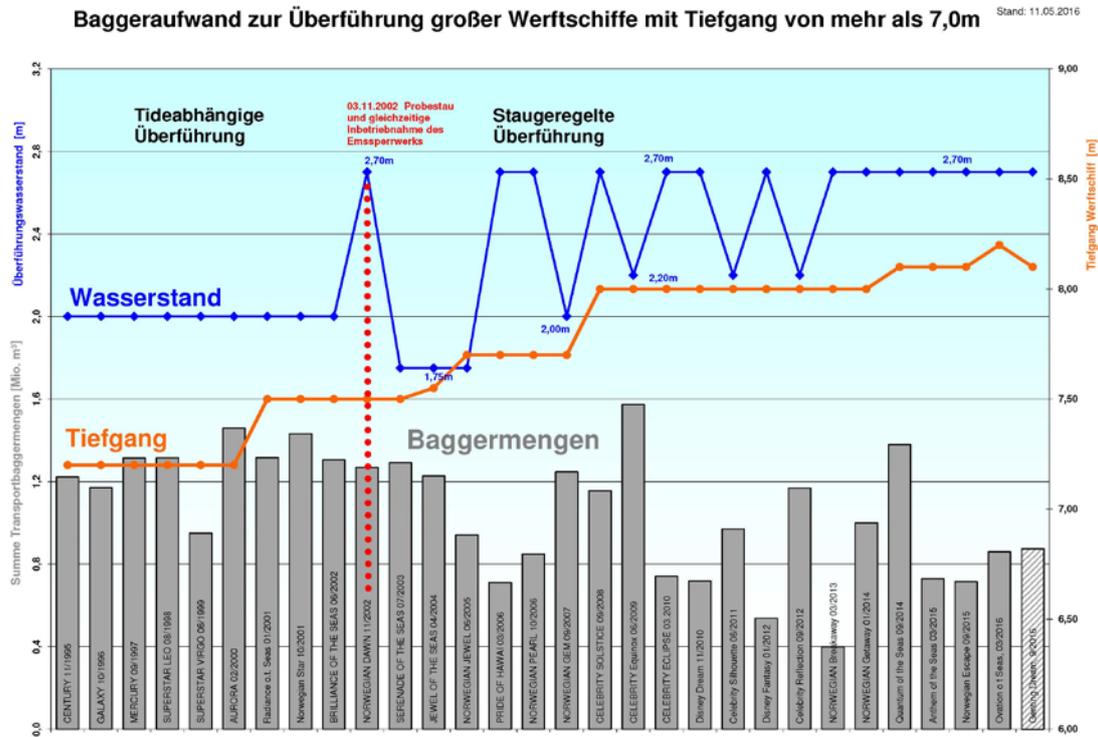


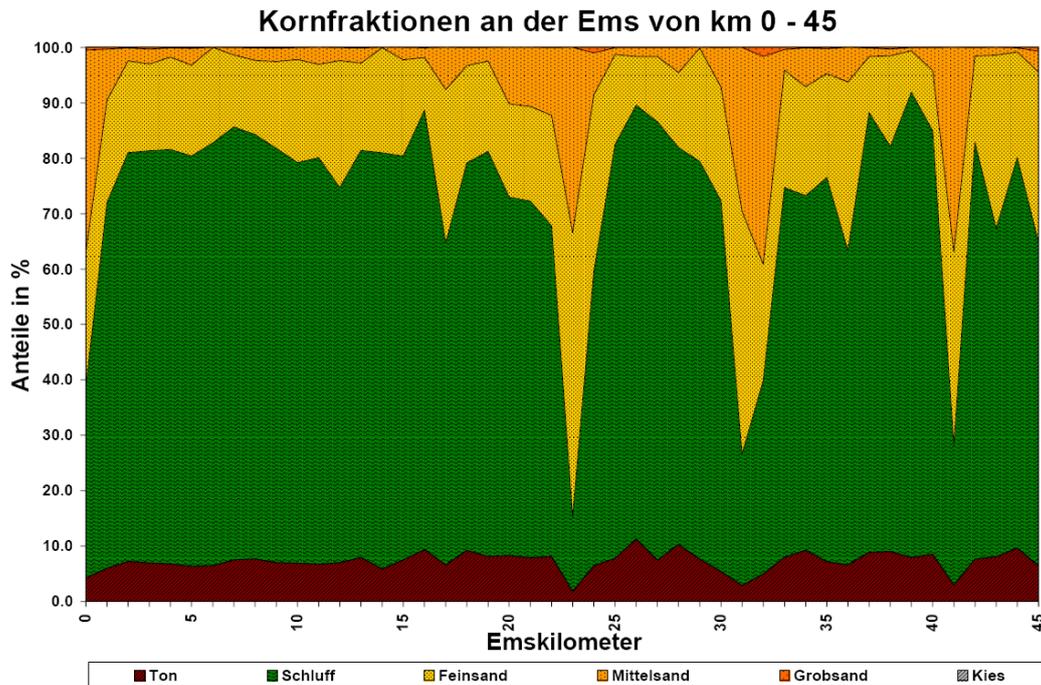
Abbildung 2.6-3: Kampagnenbaggermengen (in Mio. m³) Unterems im Zeitraum 1995 – 2016 für große Tiefgänge (größer 7 m)(Quelle: WSA Emden)

Da im Bereich der Unterems eine Baggerung auf die zulässige Bedarfstiefe nur im Überführungsfall erforderlich ist, richtet sich der Zeitpunkt der Baggertätigkeiten nach den einzuhaltenden Überführungsterminen.

Auch für die kommenden Jahre sind regelmäßig mindestens zwei große Werftschiffe im Frühjahr und im Herbst zu erwarten.

### 2.6.3 Baggergutbeschaffenheit

Eine Zusammenstellung der Korngrößenverteilung der anfallenden Sedimente in der Unterems ist exemplarisch in der Abbildung 2.6-4 dargestellt und besteht größtenteils aus stark schluffigem, tonigem Sand und tonigem, schwach feinsandigem Schluff.



**Abbildung 2.6-4: Sedimentzusammensetzung in der Fahrrinne (Ems-km 0 - 45; Daten 2004 bis 2011) (Quelle: WSA Emden)**

## 2.6.4 Unterbringung von Baggergut

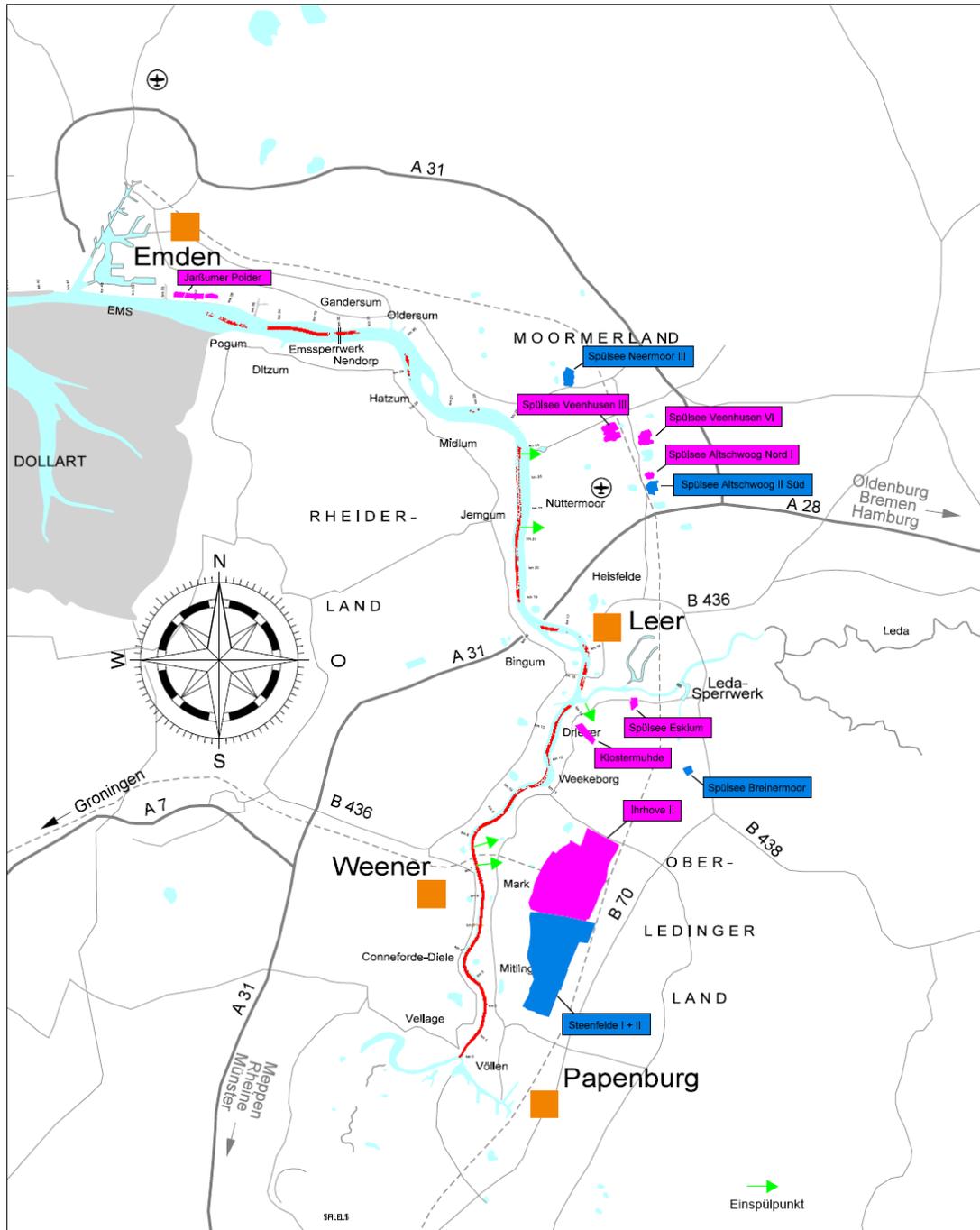
### 2.6.4.1 Unterbringungsorte und anderweitige Verwendungen von Baggergut

#### Unterbringung von Baggergut aus dem Streckenabschnitt Ems-km 0 bis 30

Zur Unterbringung dieses aus stark schluffigem, tonigem Sand und tonigem, schwach feinsandigem Schluff bestehenden Baggerguts stehen genehmigte Aufnahmeflächen zur Verfügung. Diese sind durch Planfeststellungsbeschlüsse bzw. Baugenehmigungen des Landkreises Leer zugelassene Spülfelder und Spülseen, die mittelfristig bis ca. 2020 abgesichert sind (Abbildung 2.6-5). In den Seen dient das Baggergut zur Wiederverfüllung ehemaliger Abbaustätten. Die Unterbringung auf Spülfelder, die für den Zeitraum der Bepflanzung aus der landwirtschaftlichen Nutzung genommen werden, führt zu einer Verbesserung der sich anschließenden Folgenutzung durch die Landwirtschaft.

#### Unterbringung von Baggergut aus dem Streckenabschnitt Ems-km 30 bis 40,5

Der in diesem Bereich gebaggerte stark schluffige, tonige Sand und tonige, schwach feinsandige Schluff wird auf die Klappstellen 5 bis 7 sowie künftig auch auf Klappstelle K2 untergebracht bzw. auf dem Jarßumer Polder verspült (siehe Abbildung 2.6-5).



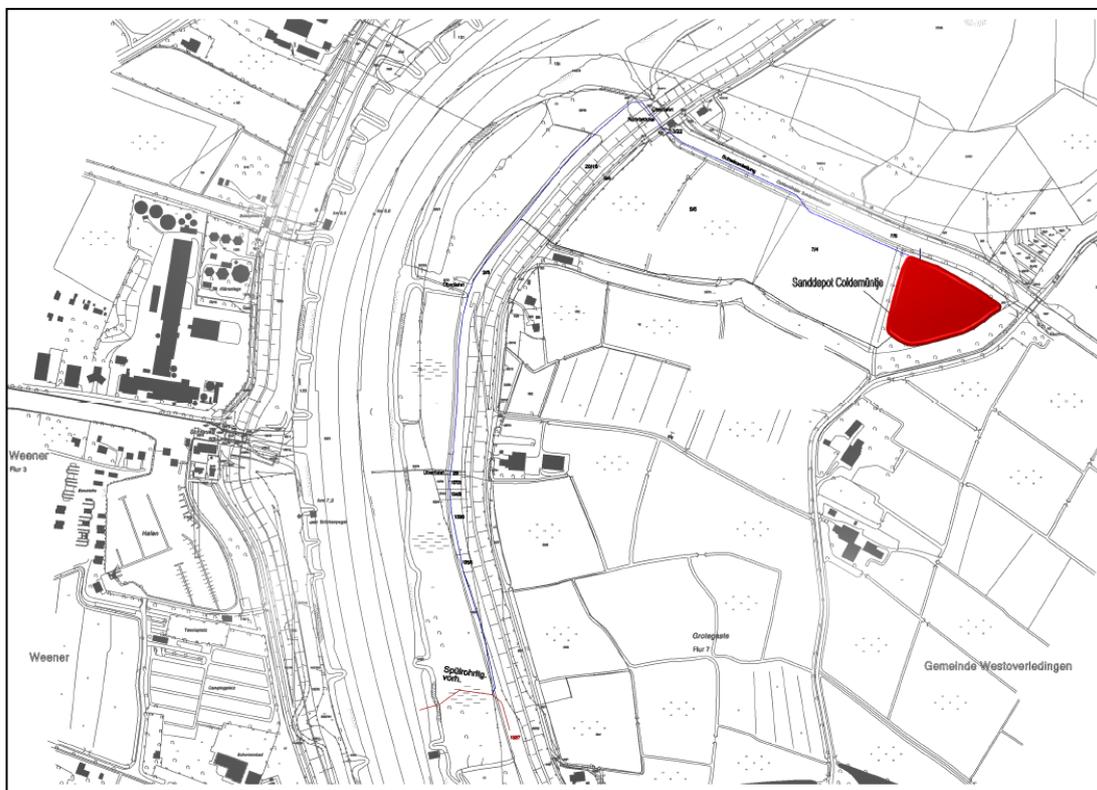
**Abbildung 2.6-5: Lageplan Unterems mit Baggerbereichen (rot = Baggerschwerpunkte) und ortsnahe Unterbringungsorte (violett = vorhanden, blau = geplant) (Quelle: WSA Emden)**

### Baggergutverbleib

Die Unterbringung des Baggergutes aus der Unterems erfolgt überwiegend landseitig. Die geringen Baggermengen (ca. 300.000 m<sup>3</sup>), die aus dem Streckenabschnitt Ems-km 30 bis 40,5 auf den Klappstellen 5 bis 7 und künftig K2 untergebracht werden, sind bereits in Kapitel 2.5.5 berücksichtigt. Eine Betrachtung zum Baggergutverbleib im Gewässer entfällt daher an dieser Stelle.

Zwischen Ems-km 0 und 4 und zwischen Ems-km 20 und 24 wird bei den Unterhaltungsbaggerungen im Winter und Frühjahr gelegentlich Sand statt Schlick vorgefunden, der entsprechend der vorliegenden Genehmigungen nicht auf die Spülfelder oder in die Spülseen untergebracht werden darf.

Für den Streckenbereich Ems-km 0 bis 4 betreibt das WSA Emden daher ein emsnahes Sanddepot in Coldemüntje, um dort den Sand zwischenlagern zu können (Abbildung 2.6-6).



**Abbildung 2.6-6: Lageplan Sanddepot Coldemüntje (Quelle: WSA Emden)**

Bei einer Gesamtfläche von ca. 0,7 ha hat das Depot ein maximales Einspülvolumen von ca. 8.000 m<sup>3</sup>. Der Sand wird über eine Spülrohrleitung vom vorhandenen Spülanleger an der Ems hierher gespült, ebenso wird das Überstandswasser in die Ems zurückgeleitet. Sobald im Sanddepot rd. 6.000 m<sup>3</sup> Sand aufgelaufen sind, wird der Sand als Baumaterial veräußert.

Sand aus der Strecke zwischen Ems-km 20 und 40,5 wird ortsnahe zur Stabilisierung von Strombauwerken genutzt oder zur Klappstelle 5 transportiert und untergebracht.

## 2.7 Unterhaltung des tidebeeinflussten DEK

### 2.7.1 Beschreibung der Unterhaltungsbaggerungen/Unterhaltungsstrategie

Das tidebeeinflusste Unteremsrevier ergänzt sich um den Bereich des Dortmund-Ems-Kanals im Zuständigkeitsbereich des WSA Meppen von Papenburg (DEK-km 225,82 bzw. Ems-km 0,00) bis zur Tidegrenze bei Herbrum (ca. DEK-km 212).

Der Untere Vorhafen der Schleuse Herbrum ist 870 m lang, liegt tiefer als das anschließende Emsgewässerbett und wird unterstrom durch die höher liegende Emssohle begrenzt; durch diese Querschnittserweiterung wird die Gezeitenwirkung im Vorhafen abgeschwächt, was zu vermehrter Sedimentation der Schwebstoffe führt. Von oberstrom gelangt Wasser nur als Schleusungswasser/Spülwasser über die Schleuse in den Vorhafen, der überwiegende Teil des Oberwasserabflusses fließt über den parallel zum Vorhafen verlaufenden Wehrrarm ab. Daher und aufgrund der Sohlschwelle sind die Fließgeschwindigkeiten im Vorhafen gering. Diese Randbedingungen und das sogenannte tidal pumping an der Tideems führen in diesem Bereich zu Verschlickungen. Die Sohle besteht überwiegend aus feinkörnigen Sedimenten der Feinsand-, Schluff- und Tonfraktionen.

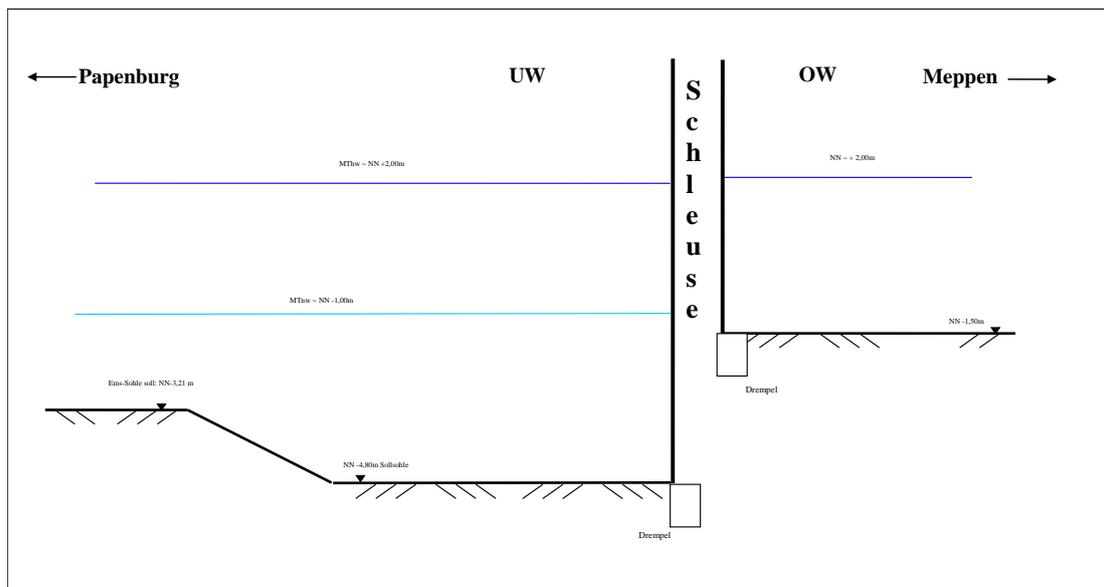


Abbildung 2.7-1: Schema Schleuse Herbrum (Quelle: WSA Meppen)

### 2.7.2 Baggermengen und Unterhaltungsintensitäten

Das Revier lässt sich in drei Unterhaltungstrecken einteilen:

- > DEK-km 225,8 bis 213,6 von Papenburg bis Herbrum
- > DEK -km 213,6 bis 212,4 Unterer Vorhafen der Schleuse Herbrum inkl. Schleuse
- > DEK -km 212,4 bis 211,8 Oberer Vorhafen der Schleuse Herbrum

### **DEK-km 225,8 bis 213,6**

In diesem Streckenabschnitt ist die Verschlickungsrate zwar hoch, aufgrund der hohen Fließgeschwindigkeiten hält sich die Fahrrinne weitgehend selbst sauber. Problematisch sind hier die Nebenräume wie Sielausläufe. Die Sielausläufe (für welche das WSA Meppen unterhaltungspflichtig ist) wurden in der Vergangenheit quasi nicht unterhalten.

In der jüngeren Vergangenheit (letzten 1 - 2 Jahre) kommen die Sielachten/-verbände häufiger auf das WSA Meppen zu mit dem Hinweis auf deren Unterhaltungspflicht. Hier wird also in Zukunft vermehrter Unterhaltungsaufwand auf das WSA Meppen zukommen.

### **DEK-km 212,7 bis 213,6**

Im Bereich des unteren Vorhafens liegt die höchste Verschlickungsrate. Hier hat es sich in den letzten Jahren bewährt, im Winter (Januar - März) mittels einer Wasserinjektionsbaggerung und gleichzeitigen Spülungen durch die Schleuse das sedimentierte Material zu remobilisieren und in die fließende Welle der Ems zu spülen.

Im Laufe des späten Frühlings/Frühsummers erhöht sich der Sedimentgehalt wieder so stark, dass mittels einer Schlickegge das sedimentierte Material wieder remobilisiert wird (siehe Abbildung 2.7-2). In den letzten Jahren zeigt sich, dass diese Maßnahmen nicht mehr ausreichen um die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt zu gewährleisten. Seit 2011 wird daher versuchsweise ein kleineres WI-Gerät im Sommer/Spätherbst eingesetzt. Die Schlickegge kommt weiterhin in den Sommermonaten quasi permanent zum Einsatz, da die Sollhöhe andernfalls nicht gewährleistet werden kann.

### **DEK-km 212,4 bis 211,8**

Im Bereich des oberen Vorhafens wird die Belastung mit Sedimenten in den letzten Jahren immer größer. Der Schlick wird mit dem Schleusenvorgang aus dem Unteren Vorhafen quasi in das Oberwasser „geschleust“. Hier wird zurzeit erprobt, wie dem Problem entgegengewirkt werden kann (kleines WI unterstützt mit Spülvorgängen der großen Schleuse).

## Jährliche Mengen

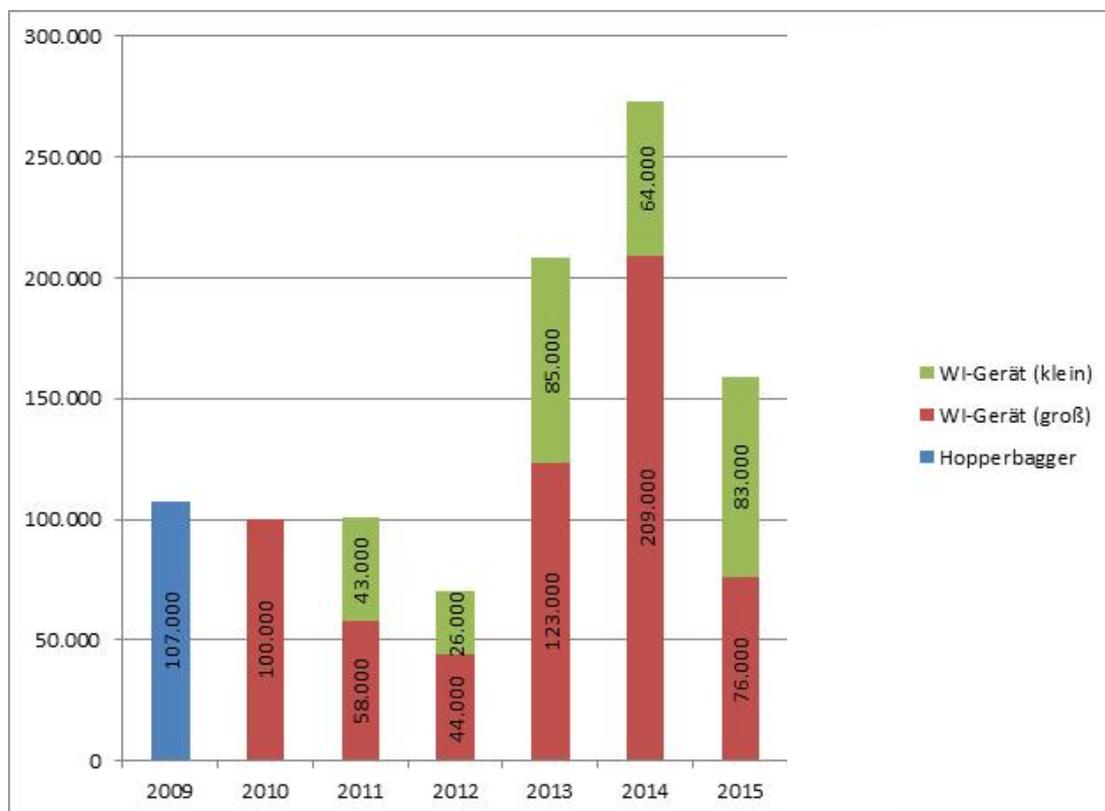


Abbildung 2.7-2: Jährliche Mengen (m<sup>3</sup>) aus der Unternehmerbaggerung im unteren Vorhafen der Schleuse Herbrum (DEK-km 212,7 bis 213,6) im Zeitraum 2009 bis 2015 (Datenquelle: WSA Meppen)

### 2.7.3 Sediment- und Schwebstoffbeschaffenheit

Im Zuge eines Versuches zum Wasserinjektionsverfahren (Monitoring zur Erfassung und Beurteilung der Umweltauswirkungen bei der Erprobung des Wasserinjektionsverfahrens im Unterwasser der Schleuse Herbrum an der Tideems; BfG 1695) wurde ermittelt, dass alle Schwebstoffproben vor und während der Maßnahme im Bereich eines schwach bis sehr schwach tonigen, schwach feinsandigen bis feinsandigen Schluffs liegen.

### 2.7.4 Unterbringungsorte und anderweitige Verwendungen von Baggergut

Bei der letzten Baggerung 2009 wurden die Sedimente in einem Spülsee untergebracht. Da diese Methode jedoch aufgrund der quasi nicht mehr vorhandenen Flächenverfügbarkeit kaum durchführbar ist und wenn, dann deutlich teurer ist, als die gleichzeitig wirkungsvollere Injektionsbaggerung, wird derzeit dem System kein Sediment mehr entnommen.

## 2.8 Unterhaltungsaktivitäten Dritter

Neben der Unterhaltung durch die WSV werden in der Tideems auch Häfen und Sielmuhlen unterhalten. Hierbei kommen folgende Verfahren zum Einsatz:

- > Eemshaven: Hopperbaggerung
- > Delfzijl: Airset und Hopperbaggereinsatz
- > Emden: Sedimentkonditionierung
- > Leer: Einleitung von Hafenschlick über eine Fluidleitung nach Unterwassertransport mit einer Schlickegge (über die Leda)
- > Papenburg: Einleitung von Hafenschlick über eine Fluidleitung nach Entnahme mit einem Cutterbagger
- > Räumboot des NLWKN: Resuspensionierung des Schlicks in den Sielausläufen

Aufgrund der unzureichenden Datenlage sind die vorangegangene Aufzählung sowie die nachfolgenden Ausführungen vermutlich nicht erschöpfend.

### 2.8.1 Niederländische Aktivitäten (Häfen Delfzijl und Eemshaven sowie deren Zufahrten)

Die Unterhaltungsbaggerungen der niederländischen Häfen und deren Zufahrten werden durch Hopperbagger und seit 2001 im Hafen Delfzijl durch Luftinjektion (sog. Airset) ins Wasser während der Ebbphase durchgeführt (siehe Abbildung 2.5-5).

Bei Airset handelt es sich um ein Verfahren ähnlich der Wasserinjektion, allerdings mit dem Medium Luft. Mit einem Jetrohr und einer Vielzahl von Luftdüsen wird das Sediment verflüssigt und vertikal in Bewegung gesetzt. Es entsteht dabei ein Luft-Wasser-Sediment-Gemisch. Bei geeigneten Tideverhältnissen wird das Material dann Richtung ablaufendem Wasser abtransportiert.

Auswertungen aus den Jahren 2006 bis 2012 ergeben insgesamt für die Häfen (und deren Zufahrten) Eemshaven und Delfzijl eine Baggermenge von jährlich ca. 2,8 Mio. m<sup>3</sup> (Übermittlung der Mengen durch Rijkswaterstaat im November 2013). Dabei fällt bei der Unterhaltung im Hafengebiet Eemshaven jährlich ca. 1,1 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut an (gemäß GSP 2014 davon ca. 78 % mit einer Korngröße von < 63 µm), das auf die Unterbringungsstelle Oude Westereems (P5) untergebracht wird. Aus dem Hafen Delfzijl (gemäß GSP 2014 ca. 85 % des Baggerguts mit einer Korngröße von < 63 µm) wird jährlich ca. 250.000 m<sup>3</sup> Baggergut auf die Unterbringungsstelle Groote Gat untergebracht. Zusätzlich werden in diesem Bereich insgesamt ca. 1,5 Mio. m<sup>3</sup> via Airset behandelt (Hafen: ca. 1,3 Mio. m<sup>3</sup>, Crossing Paap Sand Süd/Zufahrt: ca. 200.000 m<sup>3</sup>).

### 2.8.2 Sedimentkonditionierung im Hafen Emden

Im gesamten Binnen- und Außenhafen in Emden wird für die Unterhaltung die Sedimentkonditionierung angewandt (teilweise unter Mithilfe einer Schlickegge für die Randbereiche,

die vom Konditionierungsgerät nicht erreicht werden können). Durchschnittlich werden 2,5 Mio. m<sup>3</sup> jährlich behandelt<sup>5</sup> (Übermittlung der Mengen durch NPorts im Oktober 2013).

Auch die Liegeplätze an der Ems werden in dieser Weise unterhalten. Da das Material dort allerdings einen höheren Sandanteil aufweist und die Liegewannen als Sandfallen fungieren, muss hier in unregelmäßigen Abständen Material entnommen werden. Dieses Material wird in die für NPorts zur Verfügung stehenden Spülfelder an Land untergebracht (WSA Emden et al. 2013).

Das Verfahren der Sedimentkonditionierung wird in Anlage 5-5 des Fachbeitrags Schifffahrt und Häfen zum IBP Ems (WSA Emden et al. 2013) folgendermaßen beschrieben: Bei der Sedimentkonditionierung drückt ein mit einer Unterwasserpumpe ausgerüsteter Nassbagger das Wasser-Schwebstoffgemisch von der Sohle in seinen Laderaum, wo es für eine bestimmte Zeit mit der Außenluft in Berührung kommt. Nach erfolgter Behandlung wird das Baggergut anschließend wieder zur Hafensohle herabgeleitet. Durch die Konditionierung soll ein konstanter Pool an fließfähigem (schiffbaren) Fluid Mud aufrechterhalten und dessen Konsolidierung sowie der Eintrag weiterer Feststoffe aus der Ems unterbunden werden.

### **2.8.3 Fluidanlagen in Leer und Papenburg:**

Die Fluidanlagen werden in Anlage 5-5 des Fachbeitrags Schifffahrt und Häfen zum IBP Ems (WSA Emden et al. 2013) folgendermaßen beschrieben:

Aus den Häfen Leer und Papenburg wird gleichgewichtig Material, welches mit den Schleusungsvorgängen in die Häfen gelangt, per Rücklaufleitung in Ems und Leda zurückgeleitet. Die Qualitätskriterien für die Baggergutablagerung des WSA Emden werden dabei eingehalten. Die maximal zulässig einzuleitenden Mengen an sedimenthaltigem Wasser liegen bei 1 Mio. m<sup>3</sup>/a in Leer und 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a in Papenburg (siehe Abbildung 2.6-1).

Im Hafen Leer kommt zur Mobilisierung des Materials ein Arbeitsschiff mit Wasserinjektionsbalken zum Einsatz (vgl. Kap. 2.3.3). Aus einem vertieften Becken vor dem Binnenhaupt der Schleuse wird Fluid Mud abgesaugt und zurück in die Leda gepumpt. Unabhängig davon sind jedoch auch weiterhin Nassbaggerarbeiten zum Erhalt des Tiefgangs erforderlich; das dabei anfallende Baggergut wird entsprechend der Belastung entsorgt.

Im Hafen Papenburg kommt als Räumgerät ein mit speziellen Komponenten ausgerüsteter Saugbagger (Cutterbagger) zum Einsatz. Fluid Mud sammelt sich in einer vor dem Binnenhaupt der Seeschleuse angeordneten Vertiefung und wird über eine Rohrleitung bei Ebbe wieder zurück in die Ems gepumpt. Die Einleitungsstelle liegt in einem Bereich mit natürlich erhöhter Strömung (Außenkurve). Das Betreiben des Fluidrohrleitungssystems erfolgt in Abhängigkeit von Strömungsgeschwindigkeit und Sauerstoffgehalt der Ems.

---

<sup>5</sup> Hierbei handelt es sich um theoretische Mengen (aus dem Zeitraum 2000 – 2012), die durch Multiplikation der Anzahl der Umläufe aus den Tagesberichten mit dem Ladevolumen des eingesetzten Gerätes ermittelt wurden.

#### **2.8.4 Unterhaltung der Sielausläufe mittels Räumboot**

Die Unterhaltung der Siel- und Schöpfwerksausläufe, der sog. Außentiefs (vgl. Abbildung 2.2-2), erfolgt durch regelmäßige Räumbooteinsätze im Frühjahr und im Herbst jeden Jahres.

BfG-1944

Mittels Schraubenstrahl der Propeller und der Bugstrahlanlage des Räumbootes „Hooge Hörn“ des NLWKN wird das Sediment aufgelockert und mit ablaufendem Wasser in das Gewässer zurückgespült.

## 3 Kurzcharakteristik und Defizitanalyse des ökologischen Systems

### 3.1 Ökologisches Leitbild und Ziele für das Ems-Ästuar

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

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

Das Leitbild lässt sich zusammenfassend wie folgt beschreiben:

- > Das Ems-Ästuar 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, Sedimenttransport, Sedimentation, Verlandung, Tidehub, variierende Strömungsgeschwindigkeiten und -richtungen, Überflutungen etc.) führen zu einer ständigen Veränderung von Lebensräumen.
- > Boden-, Sediment- und Wasserqualität (insbes. Trübungs- und Sauerstoffverhältnisse) sind 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 Ems-Ästuars erfüllen weitere wichtige ökosystemare Funktionen wie die Filterung von Schad- und Nährstoffen.  
(angepasst aus BfG 2008c).

Angeichts der in den Kapiteln 3.2 bis 3.7 beschriebenen momentanen Situation der Tideems ist allerdings offen, ob das hier beschriebene allgemeine Leitbild, welches dem für andere Nordseeästuar vergleichbar ist, (insbesondere bzgl. der Sauerstoff- und Trübungsverhältnisse) bei weitgehender Aufrechterhaltung der derzeitigen Nutzung des Ems-Ästuars erreichbar ist. Möglicherweise ist hier eine gesellschaftliche Entscheidung für das eine und damit gegen das andere erforderlich.

Entsprechend der Aufgabenstellung des Sedimentmanagementkonzepts wird den Zielvorgaben von Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und FFH-/Vogelschutzrichtlinie („Natura 2000“) besondere Beachtung geschenkt. BfG-1944

Ziel der EG-Wasserrahmenrichtlinie ist grundsätzlich ein „guter ökologischer und chemischer Zustand“ der Gewässer. Der gute ökologische Zustand ist durch eine entsprechende Einstufung der vorgegebenen Qualitätskomponenten nach weitgehend abgestimmten Bewertungsverfahren definiert. Die Bewertung basiert hierbei insbesondere auf Phytoplankton, Makrophyten, 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. Dies betrifft einen großen Teil des Betrachtungsraums, nämlich die Bereiche von Herbrum bis zur gedachten Linie Eemshaven - Pilsum sowie vom Ledasperrwerk bis zur Emsmündung. 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.

Der Internationale Bewirtschaftungsplan (FGG Ems 2009) besagt konkret, dass zur Verbesserung der ökologischen Situation in der Tideems eine Reduzierung der Schwebstoffgehalte (Trübung) notwendig ist. Dazu ist das Sedimentmanagement (Baggern und Ablagern) auch an diesem Ziel auszurichten. Des Weiteren muss der flussaufwärts gerichtete Schwebstofftransport reduziert werden.

Ziel des Schutzgebietsnetzes „Natura 2000“, welches große Teile des Ems-Ästuars umfasst, ist ein günstiger Erhaltungszustand von Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie und Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie sowie von Brut- und Gastvogelarten der EU-Vogelschutzrichtlinie inkl. deren Habitats. Relevant bzgl. des Sedimentmanagements im Ems-Ästuar sind insbesondere die Lebensraumtypen 1130 „Ästuarien“ und 1140 „Vegetationsfreies Schlick-, Sand- und Mischwatt“ sowie die Arten Finte, Fluss- und Meerneunauge, Lachs sowie Seehund.

Der Fachbeitrag Natura 2000 des IBP Ems (KÜFOG 2014) enthält ein Leitbild, das den „günstigen Erhaltungszustand“ des Planungsraums für die vorkommenden Lebensraumtypen/Lebensräume und Arten der FFH- und der Vogelschutzrichtlinie abbildet.

## 3.2 Hydrologie

### 3.2.1 Charakterisierung des derzeitigen Zustands

In der Ems reicht der Tideeinfluss bis zum Wehr Herbrum, welches ca. 13,5 km oberhalb von Papenburg liegt. Ein größerer Nebenfluss der Ems ist die Leda, welche bei Leer in den Strom mündet. Die Leda, einschließlich ihres Nebenflusses Jümme, kann ein beträchtliches Volumen der einschwingenden Tide aufnehmen. Das oberirdische Einzugsgebiet der gesamten Ems umfasst 12.649 km<sup>2</sup>.

Als direkte hydrologische Einflussgrößen auf die Tideems sind zu nennen:

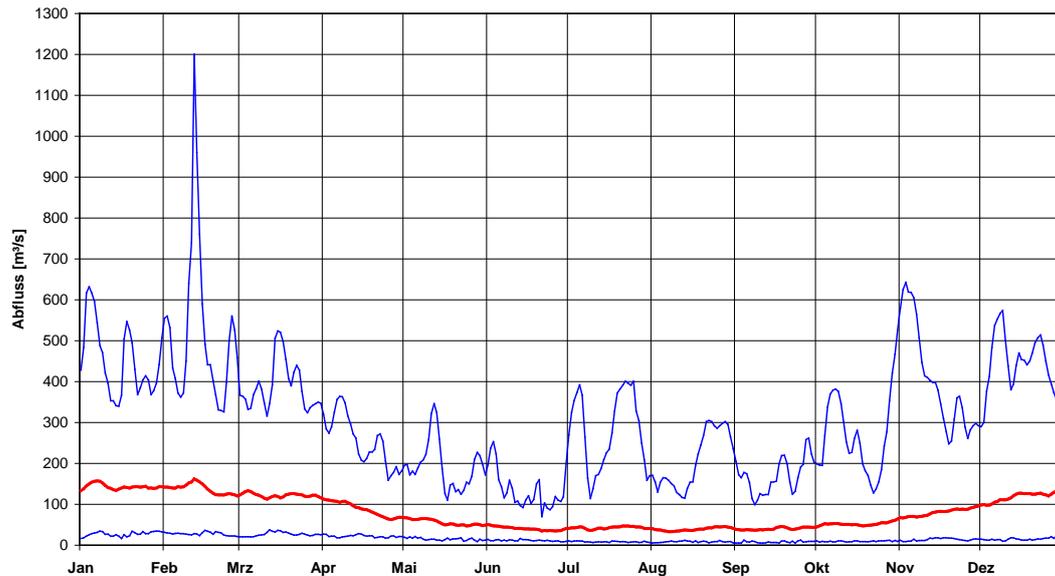
- > die Abflüsse vom Binnenland mit ihren jahreszeitlichen Schwankungen sowie
- > die von See her einschwingende Tide mit ihren meteorologischen Einflüssen.

#### Oberwasserverhältnisse

Zur Betrachtung des Oberwassers werden die seit 1941 ermittelten Abflüsse am Pegel Versen-Wehrdurchstich herangezogen. Die gesamte Zeitreihe zeigt Schwankungen innerhalb eines Jahres und zwischen den verschiedenen Jahren und so ergeben sich aus der 71-jährigen Reihe (1942 - 2012) folgende Kennwerte: Der niedrigste beobachtete Abfluss (NNQ) mit 5,20 m<sup>3</sup>/s trat am 1. August 1947 ein. Das höchste beobachtete Hochwasser (HHQ) mit 1.200 m<sup>3</sup>/s trat am 12. Februar 1946 auf. Das vieljährige Mittel des Abflusses (MQ) der gesamten Zeitreihe beträgt 80,0 m<sup>3</sup>/s. Dieser Wert ist 13,3 m<sup>3</sup>/s größer als der mittlere Abfluss des hydrologischen Jahres 2012 mit 66,7 m<sup>3</sup>/s. Die dazugehörigen niedrigsten und höchsten Abflüsse sind: NQ = 23,6 m<sup>3</sup>/s am 10.09.2012 und HQ = 278 m<sup>3</sup>/s am 10.01.2012.

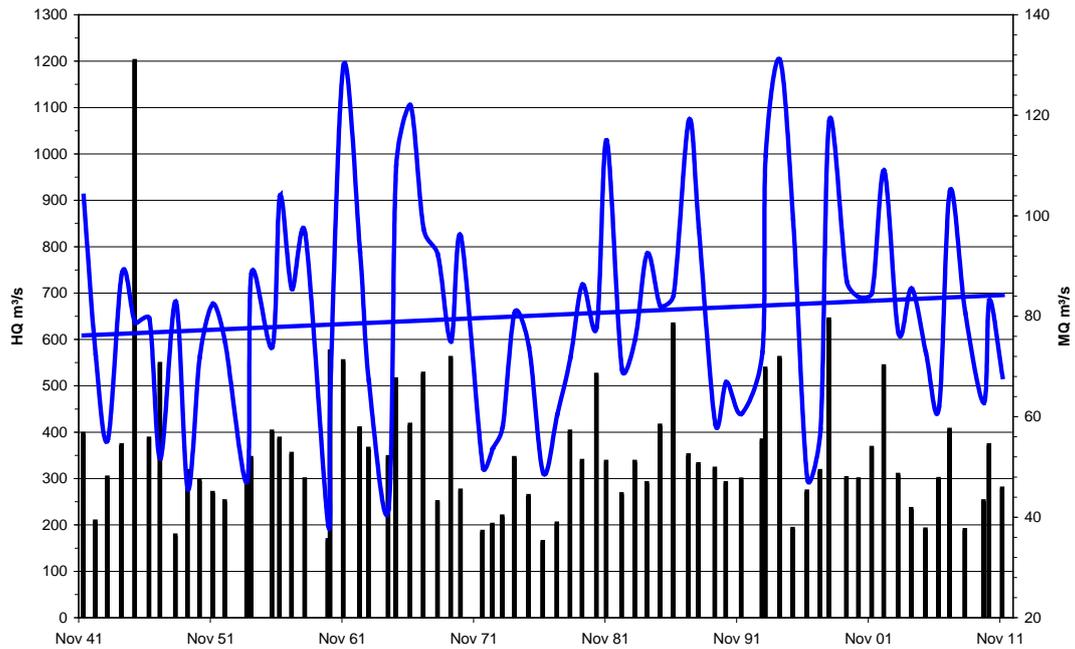
Die beiden oben erwähnten Hochwasserereignisse ereigneten sich in den Monaten Februar und Januar. Auch eine einfache Untersuchung der gesamten Zeitreihe bestätigt, dass Hochwasser überwiegend in den Herbst-, Winter- und Frühjahrsmonaten auftreten. Abbildung 3.2-1 zeigt für die Jahre 1941 - 2012 den mittleren Jahresgang des Abflusses am Pegel Versen-Wehrdurchstich sowie die höchsten und niedrigsten Tageswerte der betreffenden Monate. Für die Monate Juni bis einschließlich Oktober ergibt sich ein mittlerer Oberwasserabfluss von ca. 50,0 m<sup>3</sup>/s. Abflüsse von über 100 m<sup>3</sup>/s sind im Mittel in den Monaten Januar bis Anfang Mai sowie im Dezember des betrachteten Zeitabschnitts zu verzeichnen. Die Schwankungsbreite zu den höchsten und niedrigsten Werten zeigt die natürliche Varianz des Abflussregimes, wobei die Abweichungen der höchsten Werte von den Mittelwerten größer sind als die Abweichungen zu den niedrigsten Tageswerten.

Im Bereich Versen wird die Schifffahrt bei einem Abfluss von ca. 425 m<sup>3</sup>/s eingestellt, dies entspricht einem kleinen bis mittleren Hochwasser in der Größenordnung eines Hochwassers mit einer fünfjährigen Jährlichkeit. Aus der erfassten Zeitreihe des Oberwassers (1942 - 2012) ergibt sich ein HQ<sub>5</sub> mit 467 m<sup>3</sup>/s. Oberhalb vom 425 m<sup>3</sup>/s treten in der 71-jährigen Reihe 76 mittlere und höhere Hochwasser (HW) auf. Betrachtet man HW-Ereignisse oberhalb eines Abflusses vom 500 m<sup>3</sup>/s sind es immerhin noch 14 Ereignisse, welche ausschließlich in den Herbst-, Winter- und Frühjahrsmonaten auftreten. Nur einige wenige mittlere HW-Ereignisse treten im Sommer auf. Besonders zu erwähnen ist das Sommerhochwasser am 27. Juli 1956 mit 401 m<sup>3</sup>/s.

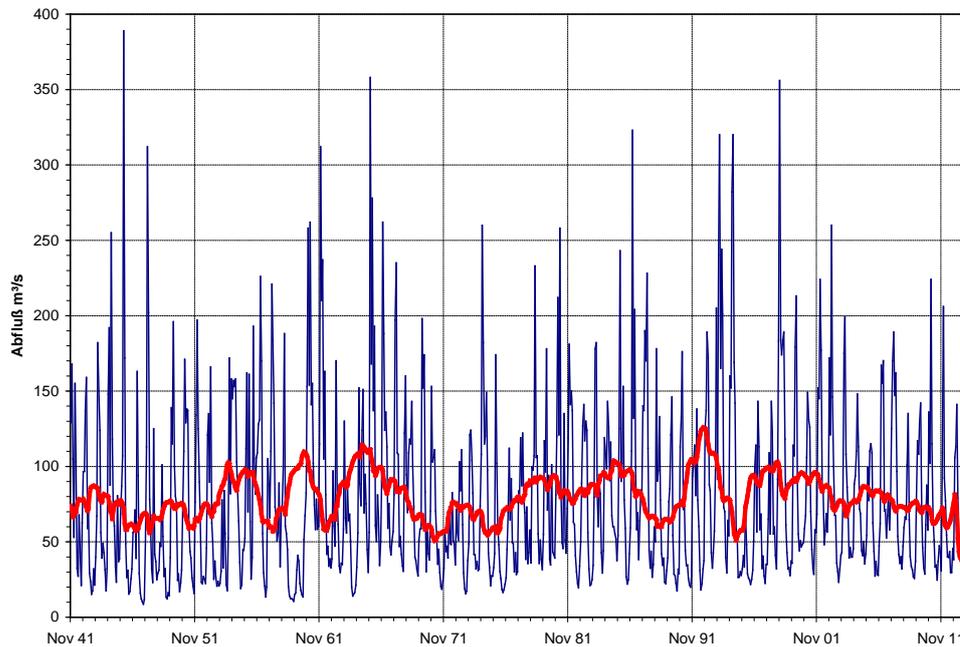


**Abbildung 3.2-1: Mittlerer Jahrgang des Oberwassers am Pegel Versen- Wehrdurchstich [rot] sowie höchste und niedrigste Tageswerte [blau] für den Zeitabschnitt 1941 bis 2012**

Abbildung 3.2-2 zeigt die jährliche Serie der Hochwasser, sowie die mittleren Jahresabflüsse der betrachteten Zeitreihe. Die jährliche Serie beinhaltet statistisch unabhängige Ereignisse. In den vergangenen 20 Jahren traten nur wenige HW-Ereignisse auf. Abflüsse über  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  traten nur viermal auf und zwar im Januar 1994, Februar 1995, November 1998 und in Januar 2003. Obwohl in der gesamten Zeitreihe ein leicht ansteigender Trend zu verzeichnen ist, haben in den vergangenen 20 Jahren die Oberwasserabflüsse abgenommen. Dies ist nichts ungewöhnliches, da in der Vergangenheit immer wieder Zeitabschnitte mit abnehmenden Abflüssen beobachtet wurden. Abbildung 3.2-3 zeigt die einzelnen Tageswerte sowie die gefilterte Zeitreihe. Die Filterung erfolgte mit gleitendem Mittelwert (Hochpassfilter) und ermöglicht eine bessere Evaluierung der natürlichen Variabilität der Zeitreihe. Deutlich zu erkennen ist die Abnahme des Oberwassers seit dem Jahre 1998.

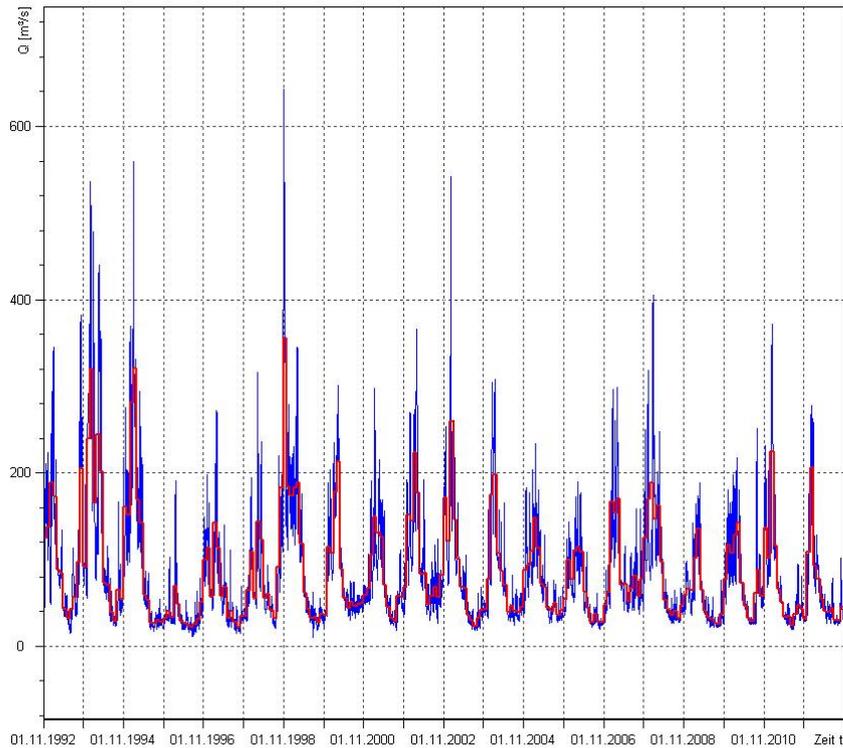


**Abbildung 3.2-2: Jährliche Serie der Hochwasserabflüsse [schwarz] sowie mittleren Jahresabflüsse [blau] für die Zeitspanne 1942 - 2012 am Pegel Versen-Wehrdurchstich (Datengrundlage: WSA Meppen)**



**Abbildung 3.2-3: Tageswerte der Abflüsse [blau] für die Zeitspanne 1942 - 2012 am Pegel Versen-Wehrdurchstich, sowie die mit gleitendem Mittelwert gefilterte Zeitreihe (Datengrundlage: WSA Meppen)**

Die Tageswerte und Monatsmittelwerte für die Zeitspanne vom 1. November 1991 bis 31. Oktober 2012 sind in Abbildung 3.2-4 dargestellt. Besonders auffallend ist das Hochwasser vom 3. November 1998 mit 643 m³/s.

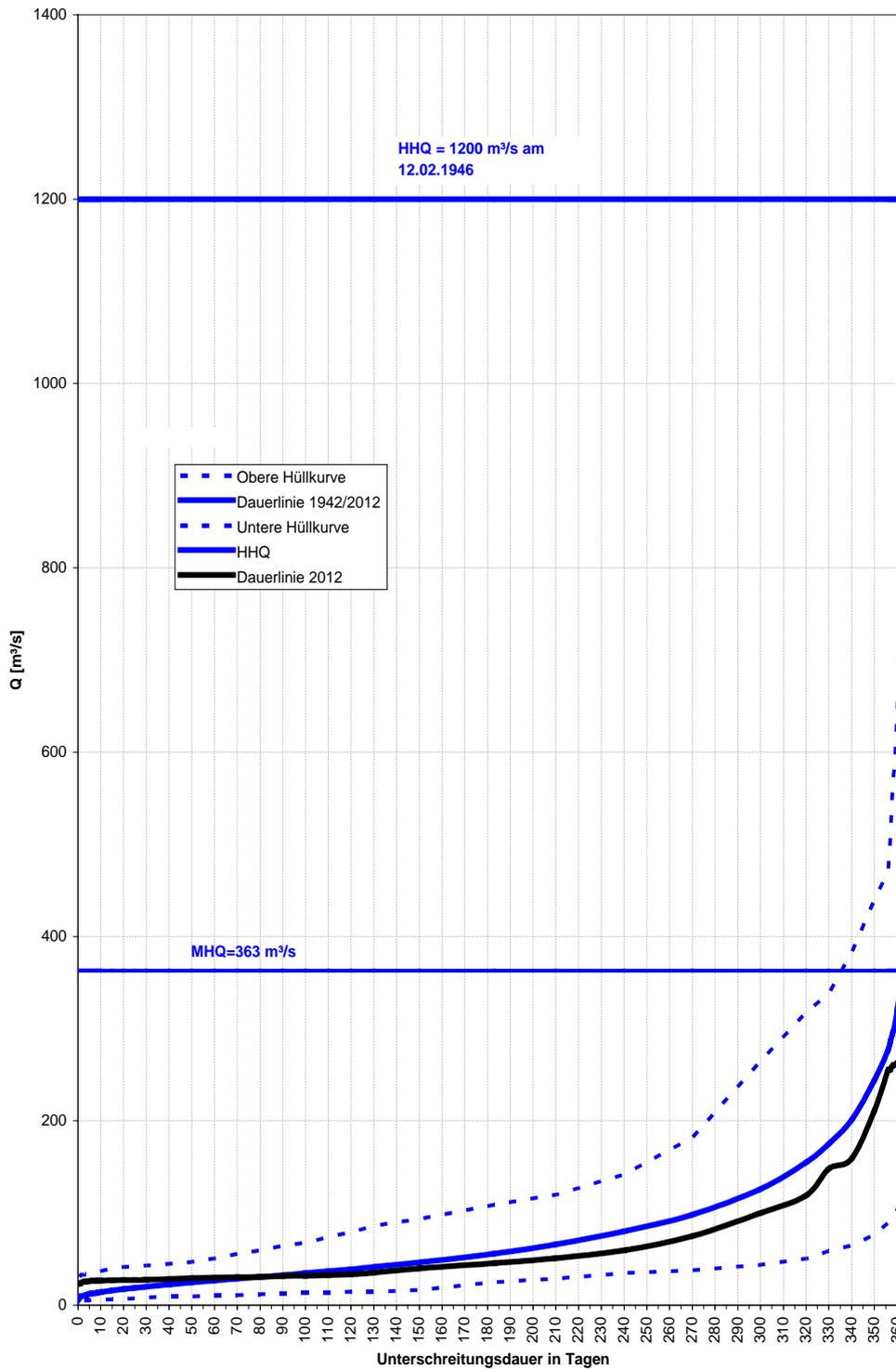


**Abbildung 3.2-4: Abflüsse: Tageswerte (blau) und Monatsmittelwerte (rot) für die Zeitspanne vom 1. November 1991 bis 31. Oktober 2012 am Pegel Versen-Wehrdurchstich (Datengrundlage WSA Meppen)**

Bei der Betrachtung der Dauerlinie wird das Auftreten von HW- Ereignissen nochmals verdeutlicht, siehe Abbildung 3.2-5. Diese Darstellung beinhaltet die Werte in der Reihenfolge ihrer Größe bei der entsprechenden Unterschreitungsdauer. Zu erkennen sind die Dauerlinie des aktuellen Jahres sowie die der gesamten Zeitreihe 1942 - 2012 einschließlich der oberen und unteren Hüllkurven, welche die natürliche Variabilität beinhaltet. Die Dauerlinie des aktuellen Jahres liegt unterhalb der der gesamten Reihe, aber noch innerhalb der Hüllkurven. Zur besseren Orientierung wurden nochmals das höchste Hochwasser von 1946 sowie das MHQ1942.2012 dargestellt.

NQ = 5,2 m³/s am 01.08.1947

BfG-1944



**Abbildung 3.2-5: Dauerlinie der Abflüsse am Pegel Versen-Wehrdurchstich im Abflussjahr 2012 sowie der Jahresreihe 1942/2012 mit den dazugehörigen Hüllkurven und dem höchsten und mittleren Hochwasserabfluss. (Datengrundlage: WSA Meppen)**

## 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 Konstellationen 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.

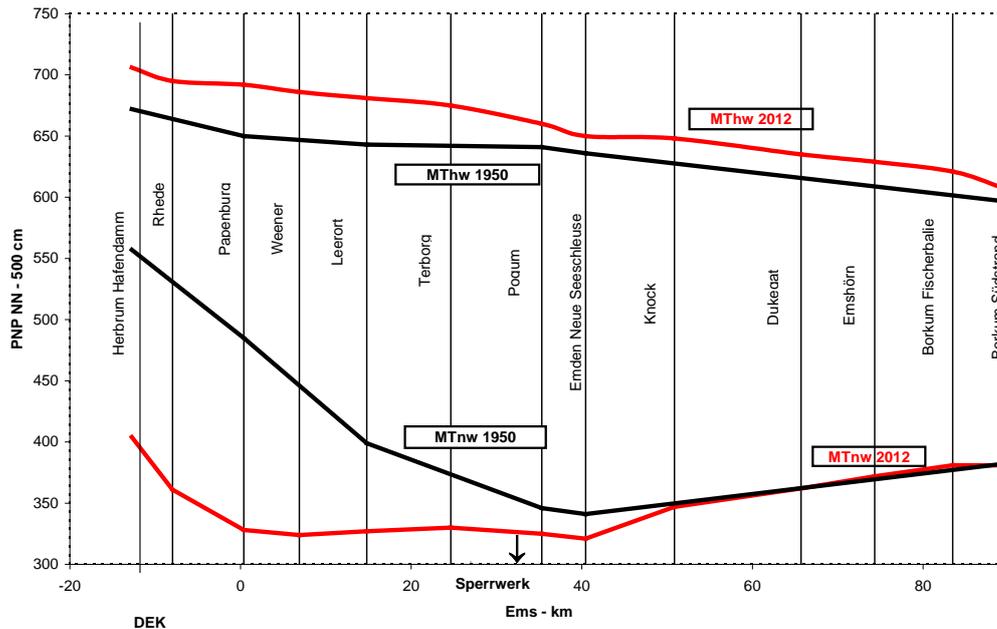
Neben den astronomischen Bedingungen haben die meteorologischen Einflüsse wie Wind und Luftdruck einen bedeutenden Anteil auf die Wasserstände. Dabei besitzt das Windfeld in der Deutschen Bucht für die Entwicklung der Tidewasserstände in den Ästuaren die größere Bedeutung.

Des Weiteren sind die Wasserstände durch die Meeresspiegelvariation beeinflusst. Eine der ersten Untersuchungen des mittleren Tidehoch- und Tideniedrigwasser über einen Zeitabschnitt von 140 Jahren in der Deutschen Bucht erfolgte im Jahre 1985 und ergab einen signifikanten Trend des mittleren Hochwassers von + 2,5 mm/Jahr. Für die Niedrigwasserverhältnisse wurde kein signifikanter Anstieg bestätigt (Führböter & Jensen 1985). Untersuchungen zur Veränderung des mittleren Meeresspiegels in der Deutschen Bucht 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 in der Deutschen Bucht keine Beschleunigung des Anstieges des regionalen Meeresspiegels festzustellen ist. Vielmehr wird eine ausgeprägte zwischenjährliche und dekadische Variabilität festgestellt.

## Wasserstandsverhältnisse

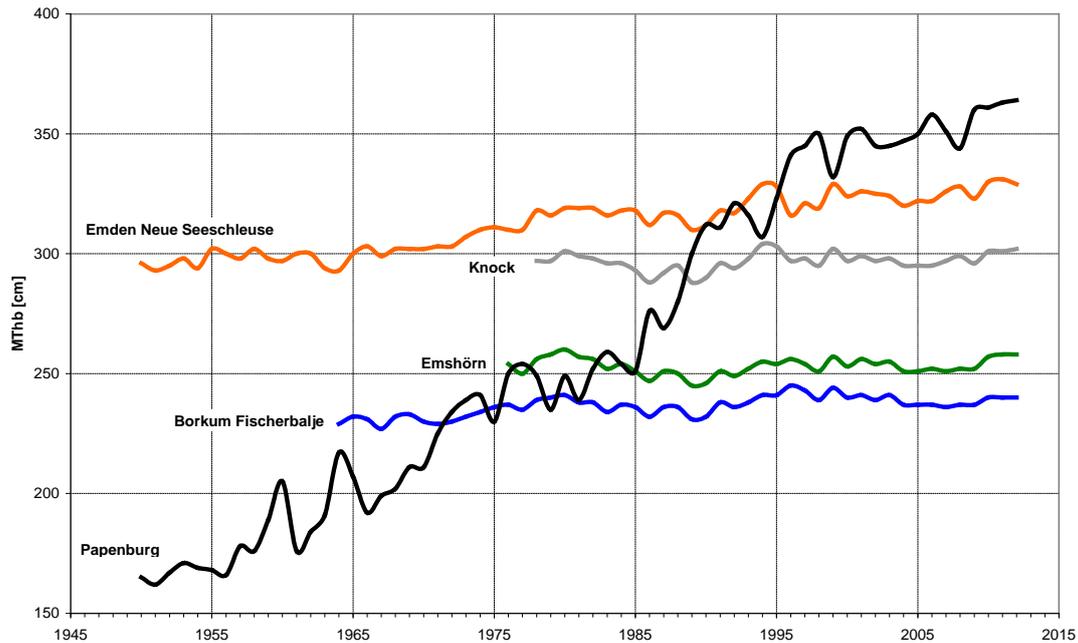
Hydrologische und meteorologische Einflüsse auf das gesamte Gewässer führen zu Veränderungen der Wasserstände. Dies gilt auch für die Meeresspiegelvariationen. Neben diesen Einflüssen tragen wasserbauliche Maßnahmen wie z. B. die Vertiefung der Fahrrinne oder das Wehr Herbrum zur Veränderung der Wasserstände bei. In der vergangenen Zeit wurde die Tideems mehrfach ausgebaut (vgl. Kapitel 3.3.1). Die summative Wirkung spiegelt sich in einem Anstieg der mittleren jährlichen Tidehochwasserstände (MThw), einem Absinken der mittleren jährlichen Tideniedrigwasserstände (MTnw) und dem daraus resultierenden größeren Tidehub (MThb) wider. Zur Darstellung des hydrologischen Längsschnitts des Abflussjahres 2012 werden die Wasserstände der Pegel Emden Neue Seeschleuse, Dukegat, Emshörn und Borkum Fischerbalje und Borkum Südstrand herangezogen. Des Weiteren werden die Wasserstände der Pegel an der Unterems und im Dortmund-Ems-Kanal (DEK) herangezogen.

Abbildung 3.2-6 zeigt die jährlichen Tidehoch- und Tideniedrigwasserstände (MThw, MTnw) des Jahres 2012 sowie die MThw und MTnw des Abflussjahres 1950 als hydrologischen Längsschnitt.



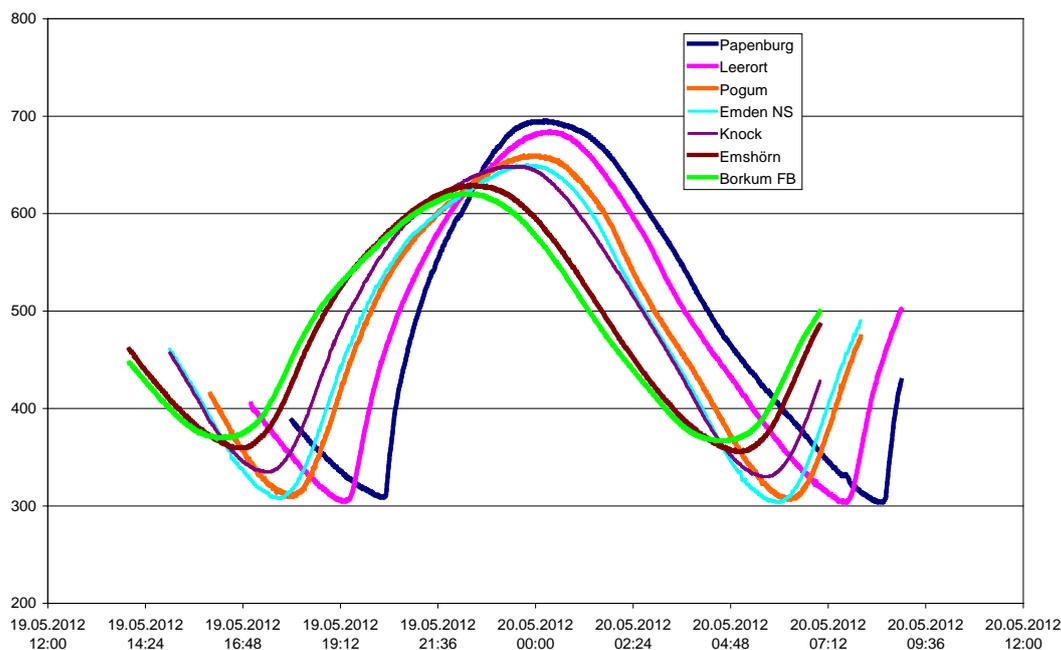
**Abbildung 3.2-6: Hydrologischer Längsschnitt des Tidebereichs der Ems. (Datengrundlage: WSÄ Emden und Meppen)**

Bei der Interpretation der Wasserstandsverhältnisse ist zu berücksichtigen, dass zur Darstellung der hydrologischen Verhältnisse für das Abflussjahr 1950 weniger Pegel zur Verfügung standen. Es sind dies die Pegel Herbrum, Papenburg, Leerort, Pogum, Emden, Neue Seeschleuse und Borkum-Südstrand. Die fehlenden Zwischenwerte wurden linear interpoliert, so dass die beiden Zustände nicht direkt verglichen werden können. Die Abbildung gibt aber dennoch einen guten Einblick in die Veränderung der Tidewasserstände in der Unterems und dem DEK. Das MThw2012 steigt von Borkum Südstrand mit 608 cm kontinuierlich auf 706 cm am Pegel Herbrum Hafendamm an. Die Tideniedrigwasserstände für das Jahr 2012 fallen von Borkum Südstrand bis zum Pegel Emden Neue Seeschleuse von ca. 381 cm auf 321 cm ebenfalls kontinuierlich ab und bleiben dann bis auf den Bereich Pegel Papenburg auf einem niedrigen Niveau. Danach steigen die Tideniedrigwasserstände bis zum Wehr Herbrum steil an. Der größte Tidehub mit rund 363 cm befindet sich im Bereich der Pegel Weener und Papenburg. Dem gegenüber stehen die MTnw aus dem Jahre 1950 im Bereich von Emden Neue Seeschleuse bis Herbrum deutlich höher. So ist das MTnw(1950) mit 557 cm am Pegel Herbrum um 153 cm höher als im Jahr 2012. Weiter stromab nehmen die Differenzen zwischen MTnw(2012) und MTnw(1950) entsprechend ab. Auch die mittleren Tidehochwasserstände liegen um 15 bis 38 cm unter den Werten des Jahres 2012. Die Änderungen der MThw und MTnw spiegeln sich direkt wider in dem größeren Tidehub, besonders im Bereich der Unterems und des DEK. Insbesondere der Tidehub stromauf Ems-km 15 ist seit Beginn dieses Prozesses sehr stark angestiegen. Die graphische Darstellung des Tidehubs bei Papenburg in Abbildung 3.2-7 belegt dies. Betrag der Tidehub am Pegel Papenburg im Jahr 1950 noch 1,65 m, so stieg er durch verschiedene Maßnahmen an. Seit den neunziger Jahren ist er in der Größenordnung von über 3,50 m.



**Abbildung 3.2-7: Entwicklung des Tidehubs an den Pegeln Borkum Fischerbalje, Emshörn, Knock, Emden Neue Seeschleuse und Papenburg von 1950 bis 2012. (Daten: WSA Emden)**

Tidewasserstände unterliegen ebenso wie Oberwasserabflüsse jahreszeitlichen und mehrjährigen Schwankungen. Hinzu kommt die Asymmetrie der von See her einlaufenden Tidewelle, welche sich infolge der Reibung und Energieumwandlung flussaufwärts verstärkt (vgl. Abbildung 3.2-8). Die asymmetrische Verformung zeichnet sich aus durch eine kürzere Flutdauer gegenüber der Ebbedauer. Das Verhältnis Flutdauer zu Ebbedauer war am Pegel Borkum Fischerbalje im gewässerkundlichen Jahr 2012 0,96 am Pegel Emden Neue Seeschleuse 1,05 und am Pegel Papenburg 0,47. Am Pegel Herbrum betrug die Flutdauer 3,01 Stunden und die Ebbedauer 9,24 Stunden. Dies bringt Veränderungen in den Strömungsgeschwindigkeiten mit sich (siehe folgender Abschnitt „Strömungsverhältnisse“). Dies wird begleitet von einer Kenterpunktverschiebung mit der daraus resultierenden Flut- und Ebbestromdauer. Die Kenterpunktverschiebung sowie die Asymmetrie der Tidekurve nehmen, wie erwähnt, stromaufwärts zu.



**Abbildung 3.2-8: Verlauf der Tidekurve vom Pegel Borkum Fischerbalje bis zum Pegel Papenburg am Beispiel der Tide vom 21.05.2012 (WSA Emden)**

Eine Besonderheit bzgl. der Wasserstandsverhältnisse in der Tideems ist das Emssperrwerk. Es hat zwar nur einen zeitlich begrenzten Einfluss auf die Wasserstände, wird aber hier wegen seiner Wirkung auf benachbarte Disziplinen kurz angesprochen. Das Sperrwerk befindet sich bei Ems-km 32,2 zwischen den Ortschaften Gandersum am Nordufer und Nendorp am Südufer und verbessert den Sturmflutschutz in der Tideems. Durch gezieltes Aufstauen der Ems wird zudem die Überführung tiefgehender Schiffe erleichtert (geringerer Baggerbedarf als ohne Aufstau; vgl. Kap. 2). Sturmfluten werden durch das geschlossene Sperrwerk gekehrt, und dringen somit nicht mehr stromaufwärts. Dies gilt für Wasserstände die höher als NHN + 3,70 m und damit ca. zwei Meter höher als das mittlere Tidehochwasser (MThw) am Pegel Pogum  $MThw_{2012} = NHN + 1,60$  m. Im Mittel wird das Sturmflutsperrwerk alle zwei Jahre einmal geschlossen.

### Strömungsverhältnisse

Wie beschrieben gehen die Änderungen der Flut- und Ebbedauern mit einer stromaufwärts zunehmenden Kenterpunktverschiebung und Verformung der von See her leicht asymmetrischen einlaufenden Tidekurve einher (vgl. z. B. Hensen 1955). Weiter stromauf verstärkt sich diese Verformung derart, dass zeitweise die Tide sogar als kleine Bore<sup>6</sup> einschwingt. Bei den Fließvorgängen der ein- und ausströmenden Tide und dem zeitlich variablen Oberwasserabfluss herrschen unterschiedliche Strömungsvorgänge und Fließgeschwindigkeiten entlang der Flussachse vor. Der verkürzte Flutast führt zwangsläufig zu rasch ansteigenden hohen Geschwindigkeiten, welche ungefähr im ersten Drittel des Flutastes ihr Maximum erreichen. Danach fallen die Geschwindigkeiten allmählich ab und erreichen beim Flutstromkenterpunkt

<sup>6</sup> Definition „Bore“: Unmittelbar nach T<sub>nw</sub> auftretender sprunghafter Wasserstandsanstieg, der sich in einem Tidefluss oder Priel in Richtung des Flutstromes fortpflanzt. (DIN 4049-3 : 1994 – 10)

den Wert Null. Der einsetzende Ebbestrom entwickelt sich ebenfalls schnell sinkt aber langsamer und ausgeglichener bis zur Erreichung des Ebbestromkenterpunkts auf Null, da die Ebbedauer wesentlich länger ist als die Flutdauer. Zu erwähnen ist noch, dass die Kenterung des Stromes nicht gleichmäßig über den Fließquerschnitt verteilt, sondern entsprechend den örtlichen Gegebenheiten ungleich eintritt. 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 von Dichtegradienten. Hohe Schwebstoffgehalte können ebenfalls das Fließverhalten beeinflussen. All diese Einflüsse ergeben ein komplexes Strömungsbild, welches ort- und zeitabhängig ist.

Die oben genannten Verformungen der Tidekurve mit der Verkürzung des Flutastes haben unter anderem ihre Ursache im Widerstand an der Stromsohle. Allgemein kann gesagt werden, dass der Reibungswiderstand der einschwingenden Tide entgegen steht und ihr Energie entzieht. Die Bodenreibung ist abhängig vom anstehendem Material sowie der Form des Gewässerbettes. Je größer plötzliche Veränderungen sind, desto unstabiler und turbulenter ist die Bewegung der Wasserteilchen.

Das WSA Emden hat in den Jahren 2003, 2006 sowie zu Beginn des Jahres 2007 Strömungsmessungen im Bereich der Geldsackplate, bei Borkum, im Ostfriesischen Gatje, auf Höhe des Pegels Knock und am Beginn des Emders Fahrwassers durchgeführt und ausgewertet. Das umfangreiche Datenmaterial zeigt, wie zu erwarten, ein komplexes und ständig wechselndes Bild, welches hier nur auszugsweise beschrieben werden kann.

Im äußeren Bereich der Außenems von Borkum bis zur Geldsackplate sind die Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten eher moderat und ausgeglichen. So liegen hier die mittleren Flut- und Ebbestromgeschwindigkeit in einer Höhe von 1,50 m über Grund bei rund 28 bis ca. 38 cm/s. Im oberflächennahen Bereich werden diese Geschwindigkeiten überschritten und erreichen Werte von 38 bis 63 cm/s. Landeinwärts im Bereich Ostfriesisches Gatje-Knock liegen die Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten für den sohlernen und oberflächennahen Bereich bei ca. 52 bis 75 cm/s.

Diese Werte bleiben auch für die mittleren Flutstromgeschwindigkeiten im Anfangsbereich des Geiseleitdamms erhalten, wobei es lokal zu großen Unterschieden zwischen den sohlernen und oberflächennahen Bereichen kommen kann. So ist z. B. die mittlere Flutstromgeschwindigkeit im oberflächennahen Bereich an der Messstelle am Geiseleitdamm doppelt so groß wie im sohlernen Bereich. Größere Unterschiede zwischen dem oberflächennahen und sohlernen Bereich treten auch bei den mittleren Ebbestromgeschwindigkeiten auf. So liegen diese Geschwindigkeiten im sohlernen Bereich bei rund 60 bis 70 cm/s. Für den oberflächennahen Bereich erreichen die Werte eine Größenordnung von 80 bis über 100 cm/s. Noch deutlicher werden die Unterschiede für die maximalen Flut- und Ebbestromgeschwindigkeiten. Dabei treten Geschwindigkeiten für den Ebbestrom von über 140 bis 160 cm/s auf. Diese Geschwindigkeiten einschließlich der gravierenden Unterschiede zwischen dem oberflächennahen und sohlernen Bereich treten nur an den Messstellen auf, welche am Beginn des Geiseleitdamms eingerichtet wurden. Es ist zu vermuten, dass im

gesamten Bereich des Emders Fahrwassers gleiche bzw. ähnliche Geschwindigkeiten auftreten und eventuell sogar überschritten werden.

### **3.2.2 Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen**

Die Nutzung durch die Schifffahrt (inkl. Schiffsüberführungen) bedingt eine andauernde Überprägung des morphologischen und damit auch hydrologischen Systems der Tideems. Diese Überprägung trug zu einem beträchtlichen Teil dazu bei, dass die Wasserkörper von Herbrum bis Pilsum/Eemshaven als erheblich veränderte Wasserkörper eingestuft wurden. Insofern stehen diese Überprägungen dem Erreichen des guten ökologischen Zustandes im Wege und das Ziel der Bewirtschaftungsplanung nach WRRL ist somit die Erreichung des guten ökologischen Potenzials. Wasserhaushalt (für Flüsse) und Gezeiten (für Übergangs- und Küstengewässer) zählen zu den hydromorphologischen Qualitätskomponenten gemäß WRRL. Nach NLWKN (2010) wurden diese für den Bewirtschaftungsplan 2009 insgesamt mit „mäßig“ im Bereich Leer bis ca. Ems-km 71,0 (Grenze Übergangsgewässer) und mit „gut“ im Bereich seewärts davon bewertet; detailliertere und aktuellere Informationen sowie Angaben für den Bereich stromauf von Leer sind nicht allgemein verfügbar.

Im Fachbeitrag Natura 2000 zum IBP Ems (KÜFOG 2014) ist für das Sublitoral der Funktionsräume 1 und 2 (Pogum bis Ems-km 67,5, inkl. Dollart) eine Bewertung der Hydrologie als Teil der Bewertung des LRT Ästuarien erfolgt. Der Erhaltungszustand für diesen Teilaspekt wird in beiden Fällen mit „durchschnittlich oder eingeschränkt“ bewertet. Hierbei gehen neben der auf Fahrrinnenvertiefungen zurückgeführten ausgeprägten Tideasymmetrie auch Aspekte ein, welche im vorliegenden Bericht im Kapitel 3.3 „Hydromorphologie/Sedimenthaushalt“ behandelt werden (Sedimentdynamik). Für die oligohaline Zone der Unterems (Funktionsraum 3) ist in KÜFOG (2014) keine Bewertung von Teilaspekten des LRT Ästuarien aufgeführt, aus der Beschreibung der abiotischen Parameter lässt sich jedoch ablesen, dass auch hier die starke Asymmetrie der Tidekurve als wesentliches Defizit bewertet wird.

## **3.3 Hydromorphologie/Sedimenthaushalt**

### **3.3.1 Charakterisierung des derzeitigen Zustands**

Der hydromorphologische Ist-Zustand der Tideems wird im Folgenden anhand der Aspekte morphologische Charakteristik, Sedimenthaushalt (Fokus hier: Schwebstoffe und Feinsedimente) sowie der Sohlsubstrate beschrieben. Die wesentlichen Defizite werden hier dargestellt, d. h. Abweichungen vom zuvor definierten Leitbild werden aufgezeigt (siehe Kap. 3.1).

#### **Morphologische Charakteristik**

##### Tidebeeinflusster DEK: Herbrum bis Papenburg

Im Bereich des ausgewiesenen Typs 22.2 „Fluss der Marschen“ (s. Kap. 1.2) stellt die Ems einen unverzweigten Gewässerlauf dar. Der schmale Emsabschnitt zwischen Herbrum und Papenburg (ca. DEK-km 212,5 - 225,82) verläuft in dem zum Dortmund-Ems-Kanal (DEK) ausgebauten ehemaligen Emsgewässerbett. Bis hinauf zum Wehr Herbrum kommt es zu umfangreichen Verschlickungen (BfG 2010). Die Ufer sind homogen durch Steinschüttungen

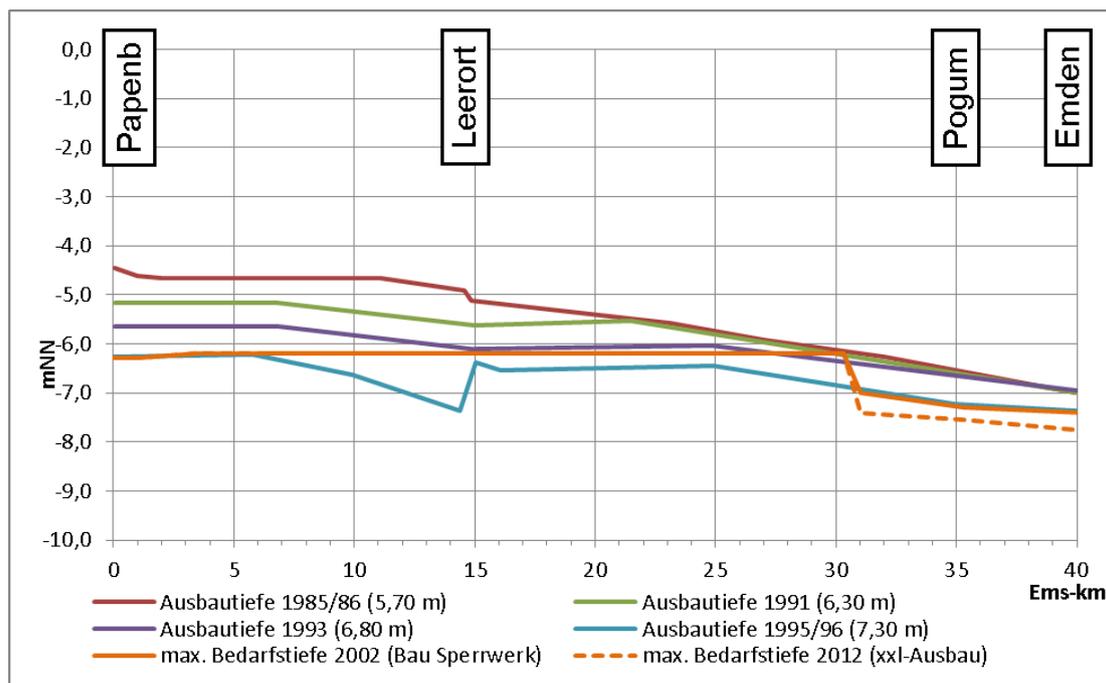
an beiden Uferseiten und anschließenden Grasbewuchs gekennzeichnet und daher insgesamt strukturarm (siehe Abbildung 3.3-1). In diesem Laufabschnitt finden sich zwei ehemalige Seitenarme bei Rhede und bei Vellage. Die Aue ist aufgrund von Deichen schmal. Insgesamt handelt es sich um ein stark anthropogen überformtes Gebiet.



**Abbildung 3.3-1: Steinschüttungen am DEK (Quelle: BfG)**

#### Unterems: Papenburg bis Leer

Zwischen Papenburg und Leer (ca. Ems-km 0 bis 15) wird der Emslauf auf beiden Flussseiten direkt von Deichen begleitet. Es existieren kaum Flachwasseranteile und nur kleinräumige Wattflächen, so im Bereich des Weekeborger Durchstiches (Durchstich im Zuge der ersten Emsvertiefung in den Jahren 1985/86) und in den stark verlandeten Bühnenfeldern (vgl. HARBASINS 2008). Die Gewässerbettbreiten sind mit einer Breite unter 100 m sehr homogen ausgestaltet. Bis Weener (Ems-km 7) besitzt die Sohle keine Übertiefen, die Fahrrinntiefe ist hier relativ homogen. Unterhalb von Grotegaste (Ems-km 10) wird die Tiefenvarianz höher und der Auenbereich weitet sich etwas auf. Insgesamt wurden an der Tideems bisher drei Fahrrinnenvertiefungen realisiert. In den Jahren 1985/86 erfolgte eine Sohlvertiefung für Schiffe mit einem Tiefgang von 5,70 m. 1991 bis 1993 fand ein Ausbau für die Überführung von 6,80 m tiefgehenden Schiffen statt. Zudem wurde in den Jahren 1995 und 1996 eine Vertiefung der Gewässersohle für 7,30 m tiefgehende Schiffe vorgenommen. Seit der Errichtung des Emssperrwerkes im Jahre 2002 weist die Unterems bei Überführungen eine max. Bedarfstiefe von 6,30 m bzw. 6,20 m u NN auf. Seewärts des Sperrwerks bis Ems-km 40,5 wurden die Gewässertiefen im Rahmen des sog. xxl-Ausbaus im Jahre 2012 erneut angepasst. Daher weisen die Gewässerquerschnitte mit der tiefen Fahrrinne, den steilen Böschungen und einer geringen Varianz der Niveauflächenverteilungen heute eine geringe Natürlichkeit auf. Insgesamt lässt sich anhand von Abbildung 3.3-2 neben der Vertiefung auch eine Verflachung des Längsprofils erkennen.



**Abbildung 3.3-2: Ausbautiefen (Bedarfstiefen) der Fahrrinne zwischen Papenburg und Emden (Quelle: BAW (2010), verändert. Datengrundlage: WSA Emden)**

Auch die Ufer dieses Abschnittes des „Fluss der Marschen“ sind fast durchgehend mit Buhnen und Wasserbausteinen verbaut und festgelegt. Die kleinräumigen Ufer- und Wattbereiche sind durch umfangreiche Verschlickungen gekennzeichnet, lokal kann diese Zone jedoch auch etwas naturnäher ausgeprägt sein.

#### Unterems: Leer bis Pogum

Ab Leer beginnt das Übergangsgewässer nach Wasserrahmenrichtlinie. Die Ems weist in diesem Laufabschnitt zwischen Leer und Pogum (ca. Ems-km 15 - 35) häufiger Gewässerstrukturen und Windungen (Dreikurvenbereich) und infolgedessen bereichsweise unterschiedliche Gewässerbettbreiten mit Verzweigungen auf. Sie weitet sich von ca. 200 - 300 m Gewässerbettbreite bei Leer bis zu ca. 600 m Breite in Höhe von Pogum (NLWKN 2012). In diesem Laufabschnitt finden sich Inseln, die schwach durchströmte Nebenrinnen abtrennen (Hatzumer Sand, Bingumer Sand) wie auch Sände unterhalb des Wasserspiegels (Midlumer Sand, Jemgumer Sand). Diese Gewässerstrukturen führen auch zu einer erhöhten Breitenvarianz. Kennzeichnend sind Wechsel tiefer, relativ lagestabiler Kolke mit flachen Bereichen, so dass auch eine höhere Tiefenvarianz vorherrscht (Quick & Schriever 2014). Die Ufer sind häufig mit Steinschüttungen befestigt, in Buhnen- und Wattbereichen finden sich umfangreiche Schlickakkumulationen. Kleinräumig können sich auch naturnähere Strukturen bei den Wattbereichen (z. B. Priele) und bei beschädigten Steinschüttungsarealen (Uferstrukturen wie z. B. natürliche Abbruchufer) finden. Deiche begleiten die Unterems in einem schmalen Korridor, ab ca. Jemgum (Ems-km 19,8) werden die rezenten Auenbereiche etwas größer.

#### Pogum bis Knock

Der Abschnitt der Tideems von Pogum bis zur Knock (ca. Ems-km 35 - 53) beinhaltet den Dollart und das Emdener Fahrwasser. Die beiden morphologischen Einheiten Dollart und

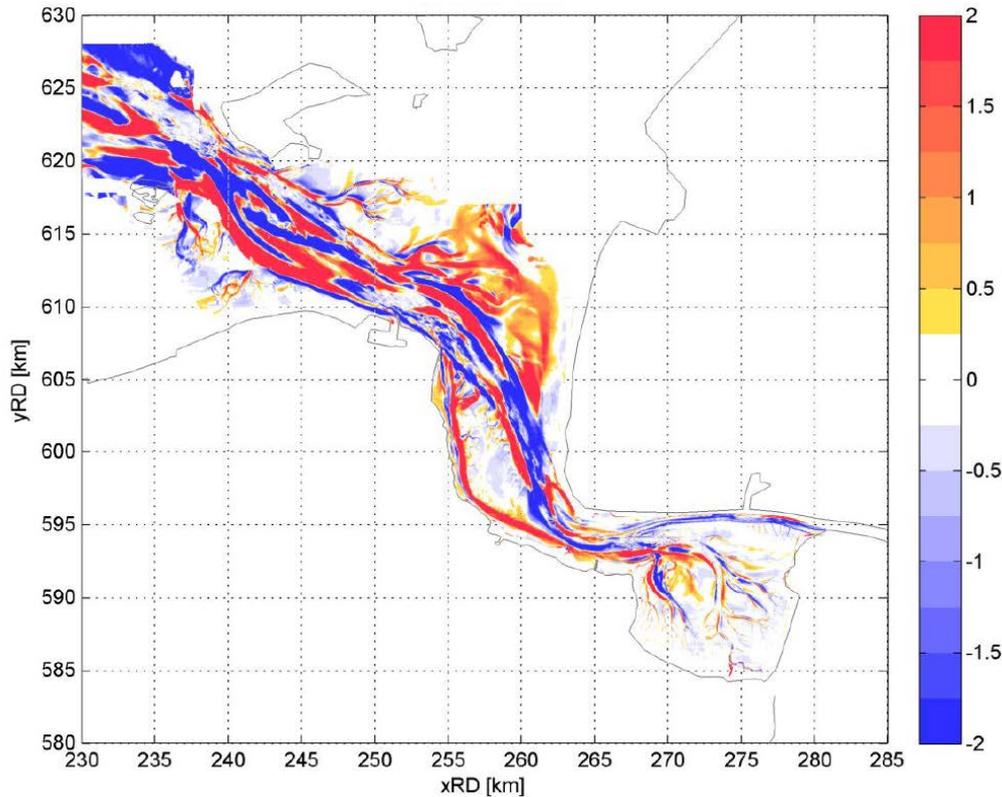
Emder Fahrwasser des Übergangsgewässers werden durch den zwischen 1958 und 1969 errichteten Geiseleitdamm getrennt, der neben dem Ausbau der Schifffahrtsrinne eine weitere Veränderung in diesem Emsabschnitt darstellt (FGG Ems 2005). Es findet jedoch ein Wasser- und Feststoffaustausch zwischen dem Fahrwasser und dem Dollart statt (vgl. BfG 1999, 2008). Der durch Sturmfluteinwirkung im Mittelalter entstandene, ca. 100 km<sup>2</sup> große Dollart weist große Sandwattflächen und Flachwasserbereiche auf, die von zahlreichen Prielen durchzogen sind. Bereichsweise treten Kolke auf. Insgesamt stellt der Dollart aus hydro-morphologischer Sicht einen gut ausgeprägten Bereich dar mit Ausnahme der Ufer- und Auenbereiche. Unmittelbar hieran schließen sich häufig Uferverbauten, Deiche oder verschlickte und vollständig verlandete Lahnungsfelder und Bühnen an.

BfG-1944

Das Emders Fahrwasser wurde durch Strombaumaßnahmen seit Beginn des 20. Jahrhunderts hergestellt. Das derzeit auf SKN - 8,50 m vertiefte gestreckte Fahrwasser wird auf der nördlichen Seite sowie im Bereich des Geiseleitdamms durch Strombuhnen reguliert. Südlich des Geiseleitdamms erstrecken sich umfangreiche von Prielen durchzogene Wattflächen (Dollart). Das nördliche Ufer ist fast durchgehend mit Wasserbausteinen gesichert. Die Gewässersohle weist in diesem Bereich kaum eine Tiefenvarianz auf, das Emders Fahrwasser weist darüber hinaus keine Breitenvarianz auf. Steile Fahrinnenböschungen prägen hier die Ems, Flachwasserbereiche fehlen weitgehend. Das Gewässerquerprofil ist hier stark anthropogen überprägt.

#### Außenems: Knock bis Borkum

Das Gebiet umfasst neben dem Übergangsgewässer bis Höhe Pilsum/Eemshaven (ca. Ems-km 50 - 70) auch das anschließende Küstengewässer (ca. bis Ems-km 113). Die Gewässerbreite liegt im Bereich der Knock bei über 3.000 m (NLWKN 2012) und vergrößert sich seewärts zunehmend. Die Gewässersohle ist in diesem Bereich durch sich verlagernde Sandplaten, Rinnen und ausgedehnte Flachwasser- und Wattbereiche gekennzeichnet und unterliegt fortwährenden Umlagerungsprozessen. Die sandige Sohle im Übergangsbereich zwischen Emders Fahrwasser und Gatjebogen ist von Transportkörpern mit Höhen von ca. 1 m und Längen von 12 m - 15 m geprägt. In den letzten Jahrhunderten bildete sich die Westerems (westlich von Borkum) im Gegensatz zur früher ebenfalls tieferen Osterems (östlich von Borkum) als Hauptentwässerungsarm der Tideems aus. Aufgrund des sehr flachen südlichen Teils (Westerbalje) führt die Osterems als weitere Mündung der Ems nur noch wenig Wasser im Verhältnis zur Westerems (s. BfG 2001a, Deltares 2012). Die Strombögen Bucht von Watum, Alte Ems und Emshörn Fahrwasser verlanden seit Beginn des 20. Jahrhunderts fortschreitend, die Stromrinnen Randzelgat, Dukegat und Ostfriesisches Gatje vertiefen sich dagegen (BfG 2008b; HARBASINS 2008; Deltares 2012), siehe auch Darstellung der morphologischen Änderungen in Abbildung 3.3-3. Neben langfristigen natürlichen Umlagerungsvorgängen sind hierfür auch anthropogene Eingriffe verantwortlich (z. B. Fahrwasserbaggerungen in der Bucht von Watum und der Bau der Häfen von Eemshaven und dem Zeehavenkanaal), so dass sich das frühere Mehrrippensystem der Ems über ein Zwei- zu einem Ein-Rinnensystem entwickelt hat.



**Abbildung 3.3-3: Sedimentationen (rot) und Erosionen (blau) in der Außenems zwischen 1985 und 2007/2008. (Quelle: Deltares (2012))**

In der Außenems zwischen dem Pegel Knock und dem Pegel Emshörn verläuft die derzeitige Solltiefe der Gewässersohle zwischen SKN -8,20 und -8,60 m. Die Morphologie dieses Gewässerabschnittes ist geprägt von einem Wechsel zwischen übertiefen Bereichen und regelmäßig zu unterhaltenden Mindertiefen. Das überwiegend sandige Sohlsubstrat unterliegt hier einem intensiven Sedimenttransportgeschehen. Weiterhin existieren lagestabile Kolke aus kohäsivem Mergel mit hohen Ton- und Schluffanteilen. Ferner finden sich Rippel- und subaquatische Dünenfelder unterschiedlicher Geometrie und Anzahl. Für das Küstengewässer wurde als wichtige morphologische Veränderung das System des Küstenschutzes identifiziert (Bestandsaufnahme 2005), das aus natürlichen Elementen wie den Inseln und aus künstlichen Elementen besteht, die die hydromorphologischen Verhältnisse modifizieren - wie Deiche, Deichvorländer, Lahnungssysteme und Buhnen sowie massive Schutzwerke an den Westköpfen der Inseln. Die aus marinen Sedimenten bestehenden Inseln wurden im Zuge des von West nach Ost gerichteten Küstenlängstransportes um- und abgelagert. Zum Schutz der Küste werden Strand- und Vorstrandaufspülungen durchgeführt (vgl. u.a. FGG Ems 2005).

### **Sedimenthaushalt**

Der Sedimenthaushalt der Tideems unterlag während der letzten Dekaden starken Veränderungen. Als zentrales morphologisches Defizit hervorzuheben sind hier die stark und auch großräumig ansteigenden Schwebstoffkonzentrationen und in Folge davon auch die Verschlickung großer Teile des Ems-Ästuars. Der Zustand des Sedimenthaushaltes ist weit entfernt von einer ausgeglichenen Sedimentbilanz, die als Zielsetzung im Fachbeitrag „Natura 2000“ zum IBP Ems (KÜFOG 2014) genannt ist.

Insbesondere davon betroffen ist die Unterems. Der Schwebstoffhaushalt der Unterems ist geprägt durch extrem hohe Schwebstoffgehalte und durch die Existenz von Flüssigschlickschichten (Fluid Mud) mit mehreren Metern Mächtigkeit im unteren Bereich der Wassersäule. Bis in die 80er Jahren traten diese Fluid-Mud-Schichten nur selten auf (z. B. in extrem trockenen Jahren mit Niedrigabfluss beim Oberwasser), seit den 90er Jahren sind Fluid-Mud-Schichten fast permanent in weiten Abschnitten der Unterems zu finden (vgl. z. B. Deltares 2012; Quick & Schriever 2014). Auch im Emden Fahrwasser kann es ein Auftreten von Fluid Mud (Schrottke et al. 2006) geben, was dann zur Ausbildung einer mobilen Gewässersohle führt.

In der Vergangenheit wies die Tideems eine ästuartypische Schwebstoffverteilung mit einem Trübungsmaximum im Bereich des stärksten Salinitätsgradienten auf, der sich in Abhängigkeit der hydrologischen Randbedingungen zwischen Terborg und Emden befunden hat.

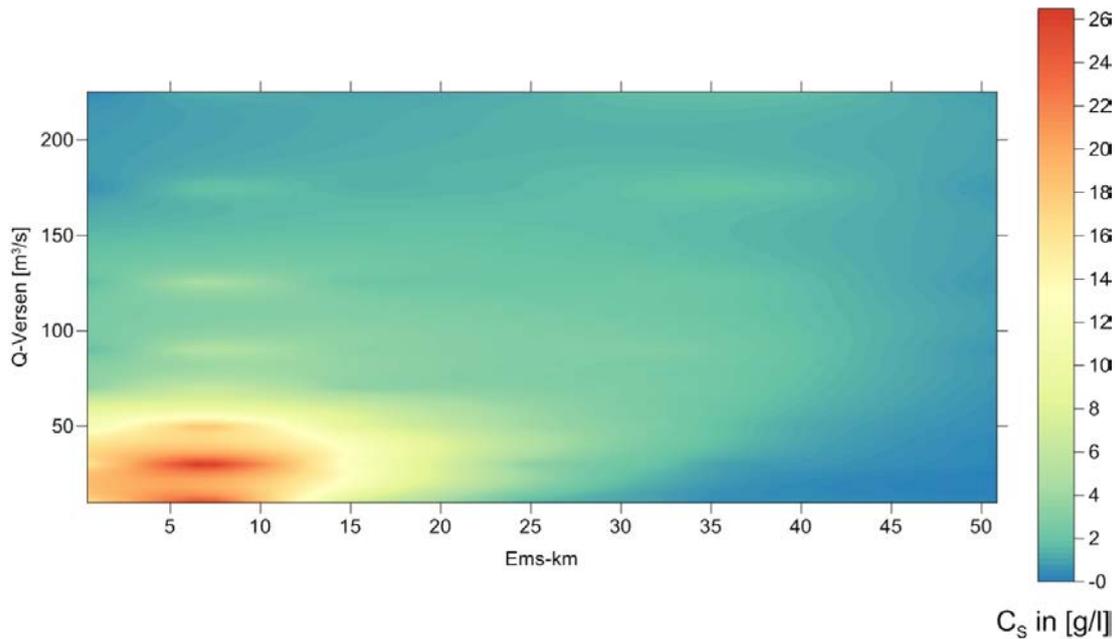
In den 50er Jahren wurden dort im Bereich der Trübungszone die höchsten Schwebstoffgehalte im gesamten Ästuar gemessen, die oberflächennah 180 mg/l betrugten, sohnah wurden Schwebstoffgehalte von 1000 mg/l ermittelt (Postma 1960 in KÜFOG 2014). Der Wattenrat (2010) beziffert die Zunahme der Schwebstoffgehalte auf einen Faktor von fast 10 für den stromaufwärts gelegenen Teil des Ästuars zwischen Emden und Herbrum, also in Teilen des Emden Fahrwassers sowie der Unterems; aktuelle Schwebstoffmessungen (siehe nächster Absatz) deuten jedoch darauf hin, dass dieser Faktor deutlich höher liegen kann. Zudem hat sich das Trübungsmaximum stromaufwärts bis kurz vor das Wehr Herbrum in den limnischen Teil der Unterems verlängert (Habermann 2003). Die in die Unterems eingetragenen Schwebstoffe sind überwiegend marinen Ursprungs, die durch einen stark ausgeprägten residuellen Stromauftransport bis vor das Wehr Herbrum nachweisbar sind (Schubert et al. 2009); der binnenseitige Zustrom von Schwebstoffen hingegen ist von einer untergeordneten Größenordnung<sup>7</sup>.

In der Abbildung 3.3-4 wird für das Jahr 2013 die longitudinale Schwebstoffverteilung in der Tideems zwischen dem Pegel Papenburg (Ems-km 0,39) und dem Pegel Knock (Ems-km 50,85) auf Basis der Daten von 9 Dauermessstellen des NLWKN dargestellt. Die Grafik beruht auf tidegemittelten 5 Minuten Werten der Schwebstoffgehalte, die jeweils verschiedenen Oberwasserabflussklassen zugeordnet wurden.

Die Daten verdeutlichen, dass heute die höchsten Schwebstoffgehalte im oberen Bereich der Unterems zwischen Papenburg und Leerort auftreten (mittlere tidegemittelte Schwebstoffgehalte bis 25 g/l, maximal gemessene Schwebstoffgehalte bis 50 g/l in 1,5 m über der Gewässersohle) und die in der Vergangenheit gemessenen Werte um ein Vielfaches überschreiten.

---

<sup>7</sup> Schwebstoffmessstation Lathen (km 253,3) stromauf von Herbrum: Jahresfracht ca. 53.000 t (Mittelwert 1967 - 2012), wobei in den letzten Jahren die mittlere Jahresfracht deutlich geringere Werte um 20.000 t aufgewiesen hat (zum Vergleich: bei einer Querschnittsmessung in Gandersum im Jahre 2014 wurde von der BAW ein resultierender Stromauftransport von 7.581 t/Tide ermittelt (BAW 2014)).



**Abbildung 3.3-4: Darstellung der tidegemittelten Schwebstoffgehalte entlang der Tideems in Abhängigkeit des Oberwasserabflusses für das Jahr 2013 (Datengrundlage: Dauermessstellen des NLWKN)**

Des Weiteren verdeutlicht die Grafik die Oberwasserabhängigkeit der longitudinalen Schwebstoffverteilung. Während sehr kleine Oberwasserabflüsse aus dem Binnenland zu einer Akkumulation von Schwebstoffen im oberen Bereich des Ästuars und Anreicherung in der Wassersäule führen, kommt es bei einem Anstieg der Abflüsse aus dem Binnenland zu einer seeseitigen Verschiebung der Schwebstoffe. Bei sehr hohen Oberwasserabflüssen kann an den Pegeln Papenburg und Weener eine deutliche Abnahme der Schwebstoffgehalte beobachtet werden, während es an dem seeseitig gelegenen Pegel Knock zu einer Zunahme der Schwebstoffgehalte kommt.

Nicht nur in der Unterems, sondern auch im seewärts gelegenen Teil des Ästuars hat eine Zunahme der Schwebstoffgehalte stattgefunden. Analysen in Deltares (2012) bestätigen einen signifikanten Anstieg der Schwebstoffkonzentrationen im Bereich der Außenems an der Station Groote Gat Noord um durchschnittlich fast 4 mg/l pro Jahr im Zeitraum 1990 bis 2011. De Jonge (2010) beziffert den Anstieg der mittleren Schwebstoffkonzentration zwischen Emden und ca. Ems-km 80 (Pegel Emshörn/Mövensteert) um das Zwei- bis Dreifache in den letzten 50 Jahren (siehe auch Quick & Schriever 2014).

Die Ursachen dieser lang anhaltenden Entwicklung hin zu einem Zustand steigender Schwebstoffkonzentrationen in der Außenems und hoher Schwebstoffkonzentrationen in der Unterems liegen in der ebenfalls veränderten Hydrodynamik und Morphodynamik, welche wiederum u. a. auf diverse anthropogene Eingriffe in das System Tideems zurückgeführt werden kann (vgl. Engels 2016). Aber auch der steigende Meeresspiegel ist eine externe Einflussgröße, die Einfluss auf den hydromorphologischen Zustand der Tideems nimmt. Die möglichen Auswirkungen unterhaltungsbezogener Maßnahmen werden ausführlich in Kapitel

4.2 in Bezug auf aktuelles Handeln und in Kapitel 5.2 in Bezug auf Veränderungen in der Unterhaltungsstrategie dargestellt und diskutiert.

Eine wesentliche Auswirkung von strombaulichen Maßnahmen sind umfassende Geometrie- veränderungen mit den weiteren Folgen für die Hydrodynamik und Morphologie. So haben beispielsweise die mehrfachen Vertiefungen der Fahrrinne zu einer Verstärkung der Tide- asymmetrie (verkürzte Flutstromdauer mit höheren Flutstromgeschwindigkeiten gegenüber längerer Ebbestromdauer mit niedrigeren Ebbestromgeschwindigkeiten) geführt (vgl. Kap. 3 - Hydrologie), welches wiederum den residuellen Schwebstofftransport aus dem Bereich der Außenems in die Unterems verstärkt hat. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Entwicklung maßgeblichen Einfluss auf die zu beobachtende sehr starke Zunahme der Schwebstoffkonzentrationen und extreme Sedimentation von Schlick in der Unterems hat (De Jonge 2010, WSA Emden 2012, Quick & Schriever 2014).

Landgewinnungsmaßnahmen, Eindeichungen sowie weitere bauliche Eingriffe führten zu einer Abnahme von Vorländern, Flachwasser- und Wattbereichen und damit den im vorherigen Kapitel 3.1.1 beschriebenen morphologischen Defiziten. Zusätzlich zu den Auswirkungen auf Tide- und Strömungsverhältnisse stehen weniger Flächen zur Verfügung, auf denen sich Schwebstoffe ablagern und konsolidieren können (vgl. HARBASINS 2008) und damit zeitweise oder dauerhaft dem Transportgeschehen im Wasserkörper entzogen werden.

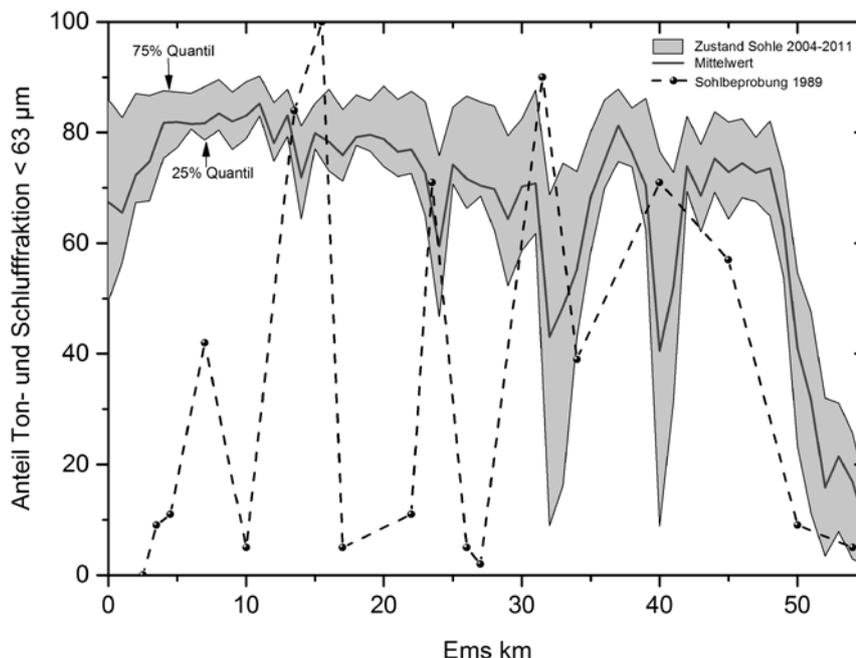
Auch die Analysen der Schwebstoffdaten der Dauermessstellen Huibertgat Oost (Ems-km 90) und Rottumerplaat im Bereich des Wattenmeeres weisen einen Trend hin zu ansteigenden Schwebstoffkonzentrationen auf (Deltares 2012). Somit ist es wahrscheinlich, dass infolge des von West nach Ost gerichteten Küstenlängstransportes mehr Schwebstoffe zur Verfügung stehen, die potenziell mit der Strömung in das Ems-Ästuar eingetragen werden können. BAW (2014) beschreibt die Mündung der Ems als den ersten Bereich nach der stark eingedeichten niederländischen Küste, die in Verbindung mit der vorherrschenden Tidecharakteristik als Schwebstoffsene wirkt. Auch diese Entwicklung wird zu einer Zunahme der Schwebstoffgehalte in Außen- und Unterems beigetragen haben.

Das hydrologische Regime des Oberwasserabflusses ist ein weiterer Einflussfaktor. Für die letzten 20 Jahre weisen Quick & Schriever (2014) auf einen Rückgang der mittleren Abflüsse sowie eine eindeutige Zunahme niedriger Abflusswerte unterhalb MQ hin, was ebenfalls eine Zunahme der Schwebstoffkonzentrationen in der Unterems bewirkt haben muss.

Zusammenfassend muss jedoch festgestellt werden, dass es für das Ems-Ästuar (in gleicher Weise auch für andere Ästuarie wie z. B. Elbe oder Weser) bislang noch keine quantitative Sediment- bzw. Schwebstoffbilanz existiert, welche das verfügbare Sedimentinventar sowie die Ein- und Austragsmengen geschlossen bilanziert. Hierzu müssen noch zahlreiche Wissenslücken geschlossen werden. Gleiches gilt auch für Teilräume des Ems-Ästuars, wie z. B. den Dollart. Es gibt Hinweise darauf, dass dieser innerhalb der Bilanz offensichtlich als eine Sedimentsenke fungiert, der Sedimenteintrag wird aber möglicherweise durch Landabsenkungen infolge Gasförderung kompensiert (BAW 2014).

### Sohlsubstrate

Die Substratzusammensetzung des Gewässerbodens ist ein Zustandsparameter, der ebenso wie der Sedimenthaushalt in Wechselwirkung zur Tidedynamik und Morphologie steht. Die Zunahme der Schwebstoffkonzentration, die kausal u. a. mit dem stromaufgerichteten Sedimenttransport (tidal pumping) zusammenhängt und zur Ausbildung der Fluid-Mud-Schichten führt, prägt die hydromorphologische Situation des DEK und der Unterems und Teilen des Emders Fahrwassers. Insbesondere in der Unterems hat eine Veränderung der Sedimente stattgefunden. Ursprünglich besaß die Unterems überwiegend sandige Sedimente (vgl. Abbildung 3.3-5 sowie Krebs & Weilbeer 2008, BioConsult 2010, Quick & Schriever 2014); noch 1989 war die Beschaffenheit der Fahrrinnensohle über weite Strecken durch sandige Sedimente mit einem geringen Schluffanteil charakterisiert (BioConsult 2011a). Dargestellt wird diese Veränderung durch den Vergleich der sedimentologischen Verhältnisse im Bereich der Fahrrinne (Ems-km 0 - 55) von 1989 zu 2004 bis 2011 (siehe Abbildung 3.3-5)



**Abbildung 3.3-5: Veränderung Zustand des Gewässerbodens durch Vergleich der Anteile Ton und Schluff (< 63 µm) in Sedimentproben. Ausgangszustand 1989 erfasst durch eine Probennahmekampagne, Vergleichszustand Zeitraum 2004 - 2011, erfasst in 25 Kampagnen dabei Entnahme von Sedimentproben in Fahrrinnenmitte an jedem Flusskilometer. (Verändert nach Quick & Schriever (2014), Datengrundlage: WSA Emden)**

Die Unterems zeigt eine deutliche Verfeinerung des anstehenden Sohlmaterials. In diesem Bereich treten auch Fluid-Mud-Schichten auf, die aus hydrodynamischer Sicht eine mobile Gewässersohle bilden. In den Rand- und Seitenbereichen können sehr hohe Ablagerungsraten von Sedimenten beobachtet werden, die zu mächtigen Schlickauflagen und Verlandung derselben geführt haben (Lange 2006). Die Sedimente des Sub- und Eulitorals der Unterems bestehen heute - verursacht durch die hohe Schwebstofffracht - zu 70 - 90 % aus Schlick (Quick & Schriever 2014). Als Beispiel für diese Verfeinerung sei der Abschnitt zwischen

Ems-km 3 und 10 genannt, in dem 1989 noch eine sandige Sohle (Anteil der Fraktion von Ton und Schluff < 63 µm bei weniger als 40 bzw. 20 Gew.- %) vorlag. In 2004/2005 genommenen Sedimentproben hingegen wiesen in den Fraktionen Ton und Schluff durchgehend hohe Anteile von im Mittel über 65 bzw. 80 Gew.-% auf.

Die nachfolgenden Absätze geben eine Beschreibung der aktuellen mittleren sedimentologischen Verhältnisse der Gewässersohle im Fahrrinnenbereich auf Grundlage der zuvor in Abbildung 3.3-5 dargestellten Datengrundlage der Jahre 2004 bis 2011.

#### Tidebeeinflusster DEK: Herbrum bis Papenburg

In diesem Bereich stehen an der Gewässersohle sehr feine Sohlsedimente mit einem Ton- und Schluffanteil von über 80 % an. Höhere Oberwasserabflüsse bewirken ebbestromdominante Transportverhältnisse, welche eine Ausräumung der schlickigen Sohlsedimente bewirken können; in Folge dessen kann es oberhalb von Papenburg auch kurzzeitig zu einer Änderung des anstehenden Sohlmaterials hin zu schluffigen Sanden kommen (BfG 2008b).

#### Unterems: Papenburg bis Leer

Der tonige Schluff in der Fahrrinne weist bis ca. Ems-km 15 (Pegel Leerort unterhalb Ledamündung) deutlich geringere Sandanteile auf als in den weiter seewärts gelegenen Abschnitten. Die Sandanteile liegen meistens unter 20 % und variieren gemäß den hydrologischen Randbedingungen. Höhere Sandanteile können v. a. bei Papenburg durch den Zusammenfluss von DEK, Sielkanal, Seitenkanal Gleesen-Papenburg und bei der Einmündung der Leda in die Tideems bei Ems-km 14 auftreten. Der mittlere Korngrößendurchmesser der Gewässersohle liegt in diesem Abschnitt der Ems in einem tonigen bis zu feinschluffigen Bereich (Quick & Schriever 2014).

#### Unterems: Leer bis Pogum

Auch hier wird das vorherrschende Sohlsubstrat von feinen Kornfraktionen bestimmt, der Sandanteil kann jedoch lokal in Abhängigkeit der Randbedingungen auf bis zu 80 % und mehr steigen (vgl. Abbildung 3.3-5). Überwiegend liegt er jedoch unterhalb von 20 bis 30 %. Bei Terborg und Gandersum nehmen die sandigen Anteile der Gewässersohle bzw. des Gewässerbodens zu (Quick & Schriever 2014).

#### Pogum bis Knock

Der betrachtete Abschnitt zwischen Pogum und Knock gliedert sich in die Bereiche des Emders Fahrwassers und des Dollarts; beide sind räumlich durch den Geiseleitdamm voneinander getrennt.

Während in den tieferen Bereichen des Dollarts überwiegend sandiges Material ansteht und kohäsive Mergellagen die Sohle und Böschungen der tiefen Kolke bilden, bestehen die Watten und Flachwasserflächen hier aus sehr feinen Schlickern mit geringen Sandanteilen (BfG 2008b; NLWKN 2012). An der Sohle des Emders Fahrwassers findet sich dominierend weiches, unkonsolidiertes Sohlmaterial der Ton- und Schlufffraktion. Auch im Emders Fahrwasser kann es ein Auftreten von Fluid Mud (Schrottke et al. 2006) geben, was dann zur Ausbildung einer mobilen Gewässersohle führt. Im Gewässerabschnitt stromab des Emders

Außenhafens (Ems-km 40,7) bis zur Knock kann die Zusammensetzung der Sohlsedimente variabel sein; grundsätzlich dominiert noch Schlick, jedoch können in den Monaten November bis April auch vermehrt sandige Substrate auftreten. Die Schlickdominanz wird ab ca. Ems-km 50 abgelöst, ab der Knock herrschen dann überwiegend Sande vor (Quick & Schriever 2014).

#### Außenems: Knock bis Borkum

In der Außenems ab der Knock ist die Gewässersohle durch mittel- und grobsandige Sedimente mit geringem Feinkornanteil charakterisiert. Seewärts von ca. Ems-km 70 können die sandigen Sedimente mit kiesigen Anteilen durchmischt sein. Kleinflächig treten im Bereich der Sohle und in den steil geböschten Rändern (Mergel mit hohem Ton- und Schluffanteilen) lagestabile Kolke auf. Die Flachwasserbereiche und Wattgebiete der Außenems weisen deutlich höhere Feinkornanteile der Ton- und Schlufffraktion auf. Die Wattflächen von Hund- und Paapsand sind Mischwatten mit hohen Schlickanteilen (BfG 2008b), ebenso wie die ufernahen und daher strömungsberuhigten Watten (Meyer 2004).

### **3.3.2 Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen**

Das entscheidende Ziel der Reduktion des Schwebstoffgehaltes (Trübung) der Tideems zur Verbesserung der gewässerökologischen Situation wird im Bewirtschaftungsplan (FGG Ems 2009) benannt (vgl. auch Kap. 3.1). Darüber hinaus adressiert der Bewirtschaftungsplan ebenso die Reduktion des flussaufwärts gerichteten Schwebstofftransportes.

In Niedersachsen wurden die Hydromorphologie und Durchgängigkeit als wichtige Wasserbewirtschaftungsfragen neben diffusen Belastungen identifiziert (FGG Ems 2009).

Hieraus lässt sich ablesen, dass trotz der Ausweisung großer Teile der Tideems als erheblich verändert und des entsprechend angepassten Bewirtschaftungsziels (vgl. Kap. 1.2, Kap. 3.1 und Kap. 3.2.2) hinsichtlich Hydromorphologie/Sedimenthaushalt deutliche Abweichungen vom Zielzustand gesehen werden. Nach NLWKN (2010) wurden die hydromorphologischen Qualitätskomponenten nach WRRL für den Bewirtschaftungsplan 2009 insgesamt mit „mäßig“ im Bereich Leer bis ca. Ems-km 71,0 (Grenze Übergangsgewässer) und mit „gut“ im Bereich seewärts davon bewertet; detailliertere und aktuellere Informationen sowie Angaben für den Bereich stromauf von Leer sind nicht allgemein verfügbar.

Im Fachbeitrag „Natura 2000“ zum IBP Ems (KÜFOG 2014) werden umfangreich auch hydromorphologische Zielsetzungen benannt. Exemplarisch seien an dieser Stelle die Aussagen zum Leitbild, zu funktionsraumübergreifenden sowie funktionsräumlichen Erhaltungszielen genannt. Diese fordern unter anderem

- > kein tidal pumping, die Lage der Trübungszone in der Nähe ihres natürlichen Bereiches im Übergang vom mesohalinen zum oligohalinen Brackwasserbereich ca. zwischen Emden und Nüstermoor,
- > günstige Ausprägungen der Gradienten ästuartypischer abiotischer Faktoren wie z. B. der Schwebstoffe (Trübungsmaximum < 100 mg/l mittlere Schwebstoffkonzentrationen für den Süßwasserbereich, Trübungsmaximum deutlich gegenüber heute emsabwärts verschoben),

- > einen ästuartypischen Tideverlauf geprägt durch Erosions- und Sedimentationsprozesse,
- > ein Mehrrinnensystem und angebundene Nebenarme,
- > natürliche Sedimentzusammensetzungen in den Seitenbereichen, sandige Sohlsubstrate in der Unterems, das Nichtvorkommen von Fluid Mud,
- > die Entwicklung günstiger Ausprägungen der Uferstrukturen, ein naturnahes Relief der Vorländer sowie die Sicherung und Entwicklung günstig ausgeprägter morphologischer Strukturen mit einem ausgeglichenen Verhältnis von Sub-, Eu- und Supralitoral.

Der Abgleich des aktuellen Ist-Zustandes mit den Zielstellungen aus dem Fachbeitrag „Natura 2000“ zum IBP Ems verdeutlicht die bestehenden hydromorphologischen Defizite, insbesondere des DEK und der Unterems.

Für das Sublitoral der Funktionsräume 1 und 2 (Pogum bis Ems-km 67,5, inkl. Dollart) ist im Fachbeitrag Natura 2000 zum IBP Ems (KÜFOG 2014) eine Bewertung der Hydrologie (inkl. Sedimentdynamik) und der Morphodynamik als Teil der Bewertung des LRT Ästuarien erfolgt. Der Erhaltungszustand für diese Teilaspekte wird jeweils mit „durchschnittlich oder eingeschränkt“ bewertet. Begründet wird dies mit einer durch anthropogene Veränderungen, insbes. Ausbaumaßnahmen, veränderten Gewässergeometrie und hierdurch bedingten überprägten Prozessen von Erosion, Sedimentation und Sedimenttransport sowie der Verringerung des Sandanteils zu Gunsten von Schlick. Für die oligohaline Zone der Unterems (Funktionsraum 3) ist in KÜFOG (2014) keine Bewertung von Teilaspekten des LRT Ästuarien aufgeführt, aus der Beschreibung der abiotischen Parameter lässt sich jedoch ablesen, dass hier insbesondere die hohen Schwebstoffgehalte als wesentliches Defizit bewertet werden.

## **3.4 Wasserbeschaffenheit und Phytoplankton**

### **3.4.1 Charakterisierung des derzeitigen Zustands**

#### **Salzgehalt**

Die Unter- und Außenems ist gekennzeichnet durch einen limnischen Abschnitt und die Brackwasserzone mit anschließender Vermischungszone zur Nordsee. Dabei reicht der Salinitätsgrad von 0,3 PSU bis 32 PSU. Sowohl der limnische Bereich von Herbrum (DEK-km 212) bis Leer (Ems-km 13,0) als auch der Brackwasserbereich (oligohaline Zone von Leer (Ems-km 13,0) bis Pogum (Ems-km 36,0) zeichnen sich durch zeitweise sehr hohe Schwebstoffgehalte aus (vgl. Kap. 3.3.1). Daran schließt sich die mesohaline Zone von Pogum (Ems-km 36,0) bis Knock (Ems-km 52,0), einschließlich Dollart, an. Dabei zeigen die Salzgehalte bei Knock die größten Schwankungen. Sie betragen bezogen auf den Zeitraum 2003 - 2005 14,4 bis 32,1 PSU. In der Außenems reicht die polyhaline Zone von Knock (Ems-km 52,0) bis etwa Borkum. Bei Borkum sind die Schwankungen wesentlich geringer und liegen im Bereich von 30 - 33 PSU.

Die Lage der Salinitätszonen ist sehr variabel; sie wird kurz- und mittelfristig v. a. durch den Oberwasserabfluss, das Tidegeschehen und den Wind beeinflusst. Zudem ist bereits im Oberwasser aufgrund chloridhaltiger Einleitungen (Grubenwasser, chemische Industrie) ein erhöhter Salzgehalt zu messen (KÜFOG 2014). Besonders die Unterems weist einen starken variierenden Salzgehaltsgradienten auf, der in Abhängigkeit des Oberwasserabflusses unterschiedlich steil ausgeprägt ist. Bei Papenburg traten zu abflussarmen Zeiten wie z. B. im Jahr 2006 Salinitäten bis annähernd 2 PSU auf. Diese Station zeigte aber zu weiten Zeiten im Jahr einen PSU-Werte  $< 1$ . Auch die Station Leerort am Übergang zur oligohalinen Zone wies oft hohe PSU-Werte auf. So traten im hydrologischen Sommerhalbjahr der Jahre 2010 bis 2014 mittlere maximale Salinitäten von 3 - 4 PSU auf (Daten NLWKN).

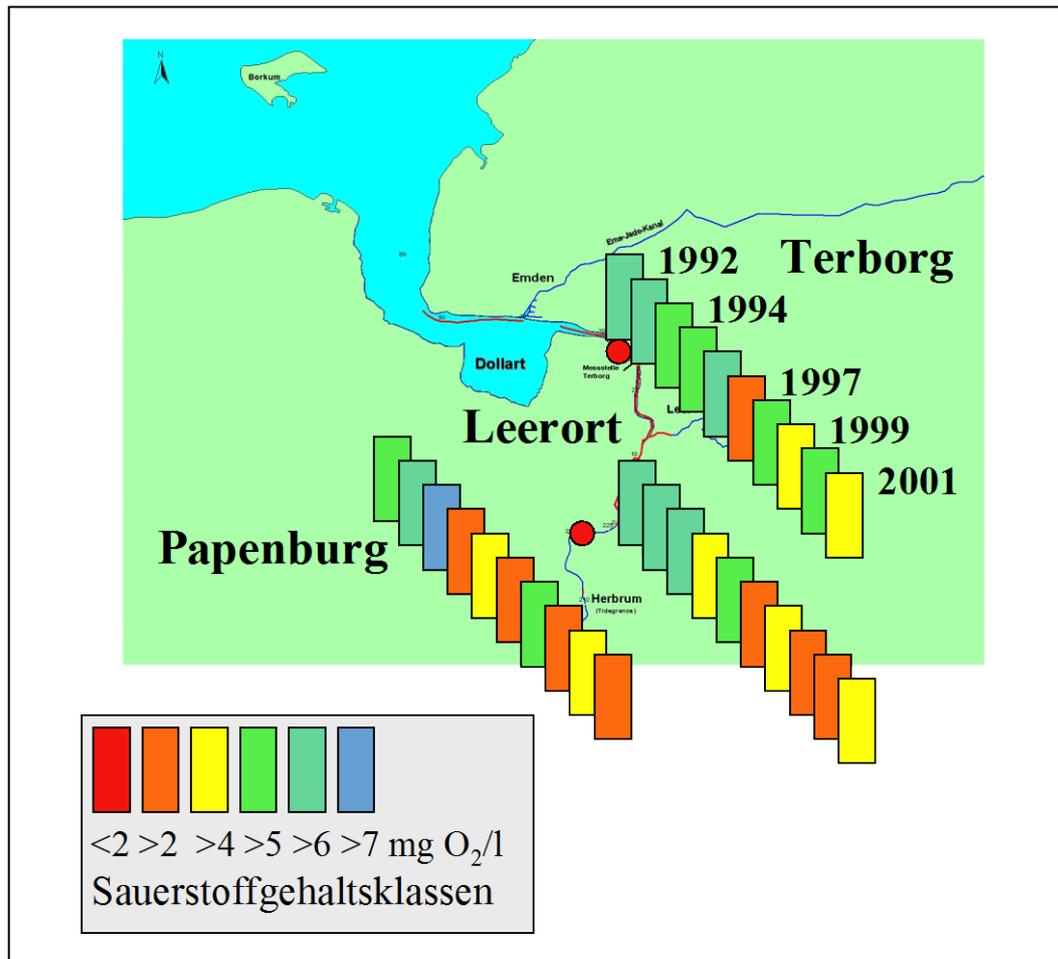
Zusätzlich zum Längsgradienten können auch vertikale Schichtungen der Salinität in der Tideems beobachtet werden. Diese treten meist vorübergehend während eines Tidezyklus auf, können aber insbesondere in der Unterems auch in Zusammenhang mit der Ausbildung von Schlickhorizonten längerfristig bestehen.

An der Ems wirkten sich bis Mitte 2011 auch die Soleeinleitungen speziell bei Ditzum erkennbar auf die Salzgehalte oberstrom aus. Seit Mitte 2011 findet die Einleitung der Sole bei Rysum statt, was die Auswirkungen auf die Unterems erheblich verringert.

### **Sauerstoff**

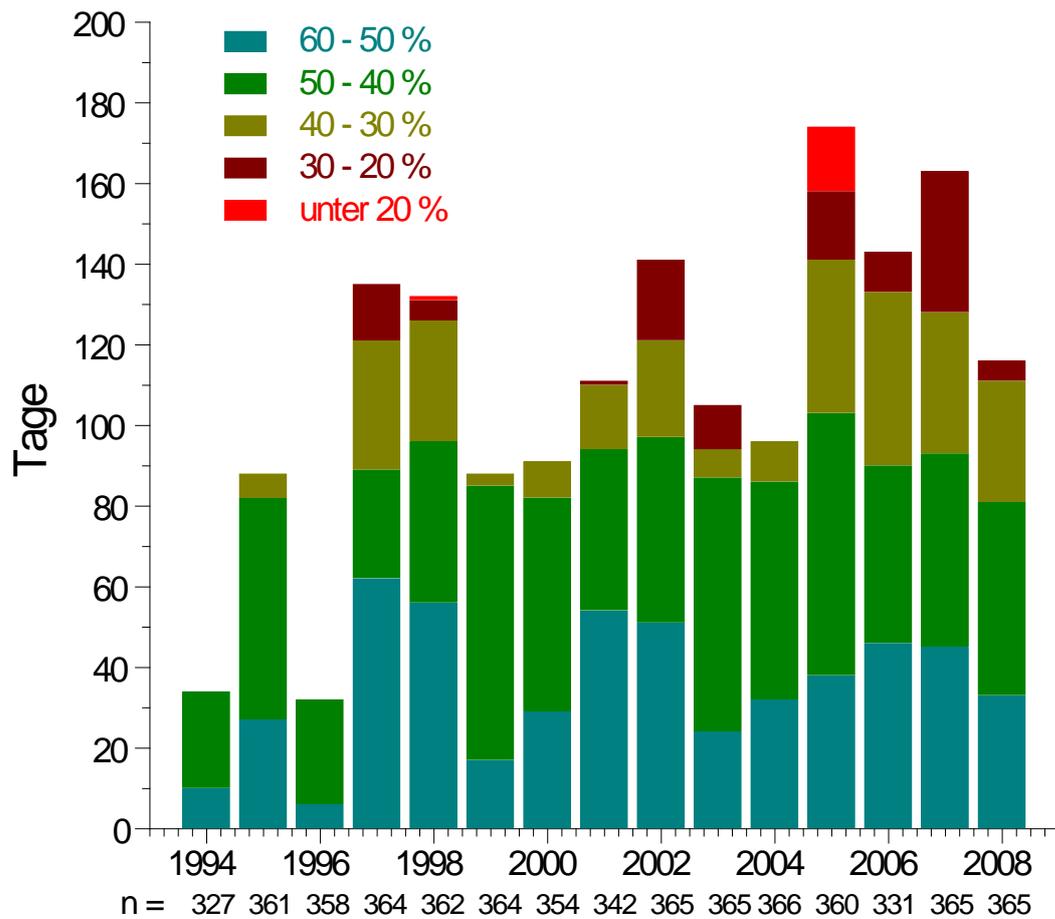
Zunächst wird auf die Entwicklung des Sauerstoffgehaltes im Ems-Ästuar eingegangen, und anschließend aktuelle Daten zur Längsverteilung und zur vertikalen Verteilung des Sauerstoffs in der Tideems gezeigt. Weiterhin werden die Zusammenhänge zwischen Sauerstoffhaushalt und Schwebstoffhaushalt sowie deren Beeinflussung durch die hydrodynamischen Bedingungen in der Tideems erläutert.

Anhand des vom NLWKN durchgeführten monatlichen Überwachungsmonitorings an der Tideems kann für die Messstellen Papenburg (Ems-km 0), Leerort (Ems-km 15) und Terborg (Ems-km 25) eine deutliche Abnahme der Sauerstoffgehalte im Zeitraum 1992 bis 2001 belegt und damit der Zeitraum mit den stärksten Veränderungen im Sauerstoffhaushalt dokumentiert werden (vgl. Abbildung 3.4-1). Waren zu Beginn der 1990er Jahre an allen drei Messstellen noch zufriedenstellende Sauerstoffverhältnisse (grün bzw. türkis, Klasse  $> 5$  bzw.  $> 6$  mg O<sub>2</sub>/l) gegeben, war die Bewertung an Hand von 10-Perzentilwerten einer Jahresmessreihe um das Jahr 2000 um 2 - 3 Klassen (gelb bzw. orange, Klasse  $> 2$  bzw.  $> 4$ ) gesunken.



**Abbildung 3.4-1: Entwicklung der Sauerstoffgehaltsklassen (10-Perzentilwerte) im Zeitraum 1992 - 2001 (Daten: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)).**

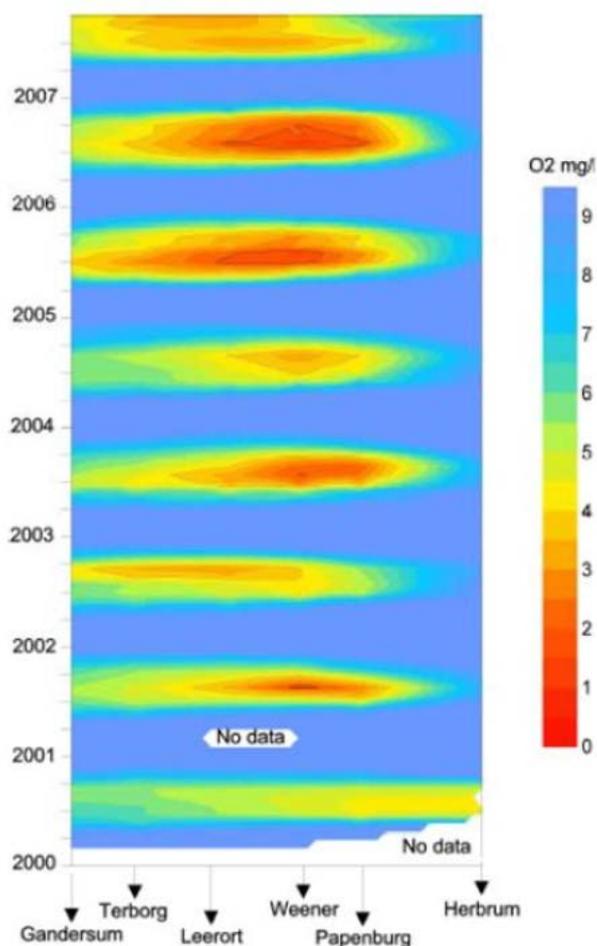
Die Sauerstoffgehalte an den Stationen Papenburg, Leerort und Terborg zeigen, dass es zu einer Verschlechterung der Sauerstoffsituation im Ems-Ästuar gekommen ist. Es treten seit Mitte der neunziger Jahre vermehrt Sauerstoffgehalte unter 4 mg O<sub>2</sub>/l auf. Auffällig ist auch der Rückgang an Übersättigungen, d. h. Sättigungswerten über 100 %. Diese Übersättigungen werden durch den biogenen Sauerstoffeintrag durch photosynthetisch aktive Algen in das Wasser verursacht. Traten in den 1980er Jahren an der Messstelle Papenburg noch häufig Übersättigungen auf, waren diese seit Mitte der 1990er Jahre nur noch selten festzustellen. Dies bedeutet, dass seitdem in diesem Emsabschnitt heterotrophe (= sauerstoffzehrende) Prozesse gegenüber autotrophen (= sauerstoffproduzierende) Prozessen überwiegen.



**Abbildung 3.4-2: Häufigkeit des Auftretens von klassierten Sauerstoffsättigungswerten an der Station Terborg (Ems-km 25) im Zeitraum 1994 bis 2008 (nicht dargestellt: Tage mit > 60 % Sättigung).**

Auch die Häufigkeit bzw. Dauer des Auftretens geringer Sauerstoffsättigungen hat in der Unterems in den letzten 15 Jahren zugenommen (Abbildung 3.4-2).

Die Isoplethenabbildung gibt eine Gesamtschau der Sauerstoffgehalte in der Unterems von Herbrum bis Gandersum für die Jahre 2000 bis 2007 (Abbildung 3.4-3). Zu erkennen ist, dass in der Unterems im Sommer zwischen Papenburg und Leerort Sauerstoffgehalte unter 2 mg/l (rötliche Bereiche) auftraten. Gehalte unter 4 mg/l (orange-farbene Bereiche) waren insbesondere in den Jahren 2005 und 2006 von Rhede bis Terborg zu beobachten.



**Abbildung 3.4-3: Zeitliche und räumliche Verteilung der Sauerstoffgehalte in der Unterems in den Jahren 2000 bis 2007. Daten auf Basis der Dauermessstation von NLWKN und BfG (Abbildung erstellt im Projekt HARBASINS und zitiert aus Scholle et al. 2007)**

In der Außenems (Knock bis Borkum) liegen deutlich bessere Sauerstoffverhältnisse als in der Unterems vor. Dabei weist die Dauermessstation bei Knock (km 50,9) für die Jahre 2000 - 2011 für den Sauerstoff 10-Perzentilwerte von 6,1 bis 7,1 mg/l auf (IBL & IMS 2012), d. h. in 90 % der Messungen waren mit über 6 mg/l gute Sauerstoffverhältnisse zu registrieren. An den weiter stromab in der Außenems gelegenen niederländischen Messstationen Bocht van Watum Nord (ca. km 65) und Huibertgat-Ost (ca. km 90) lagen die 10-Perzentilwerte der Jahre 2000 - 2011 für den Sauerstoff mit 7,1 bzw. 7,4 mg/l sogar noch höher (IBL & IMS 2012).

### **Zusammenhang Sauerstoff und Schwebstoffe**

Die Schwebstoffverhältnisse in der Tideems sind im Kapitel 3.3 (Hydromorphologie) ausführlich dargestellt. Im Folgenden werden Auswirkungen dieser Gegebenheiten auf den Sauerstoffgehalt diskutiert.

Die in Abbildung 3.4-4 dargestellte Längsprofilmessungen von August 2006 zeigen die räumliche Verteilung der Schwebstoffe und des Sauerstoffs. Das Maximum des Schwebstoffs und das Minimum des Sauerstoffs liegen im Bereich Papenburg (Ems-km 0) bis Weener (Ems-km 8).

Die Abnahme der Sauerstoffgehalte steht in Zusammenhang zur Zunahme der Schwebstoffe und der damit verbundenen Zunahme der organischen Kohlenstoffgehalte im Ems-Ästuar. So zeigen die Analysenwerte an der Station Leerort, dass für den Zeitraum 1987 bis 2010 parallel zum Rückgang der Sauerstoffsättigungswerte ein Anstieg der Schwebstoffgehalte und damit auch der Gesamt-Kohlenstoffwerte (TOC) zu messen war (Abbildung 3.4-5).

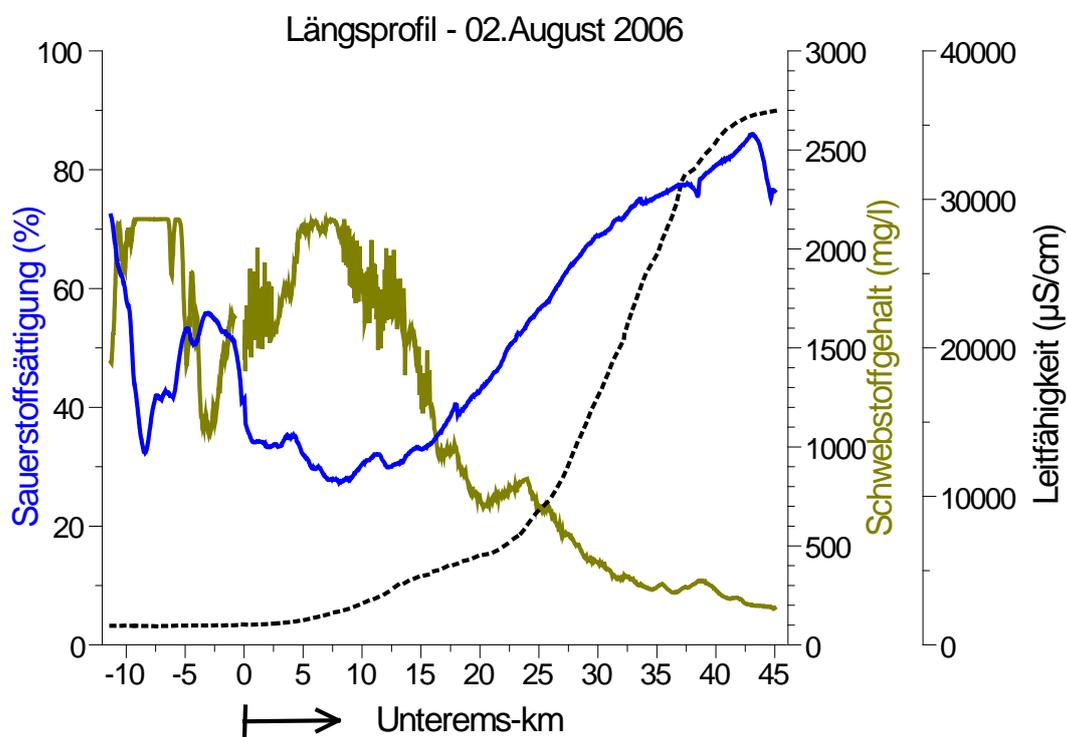
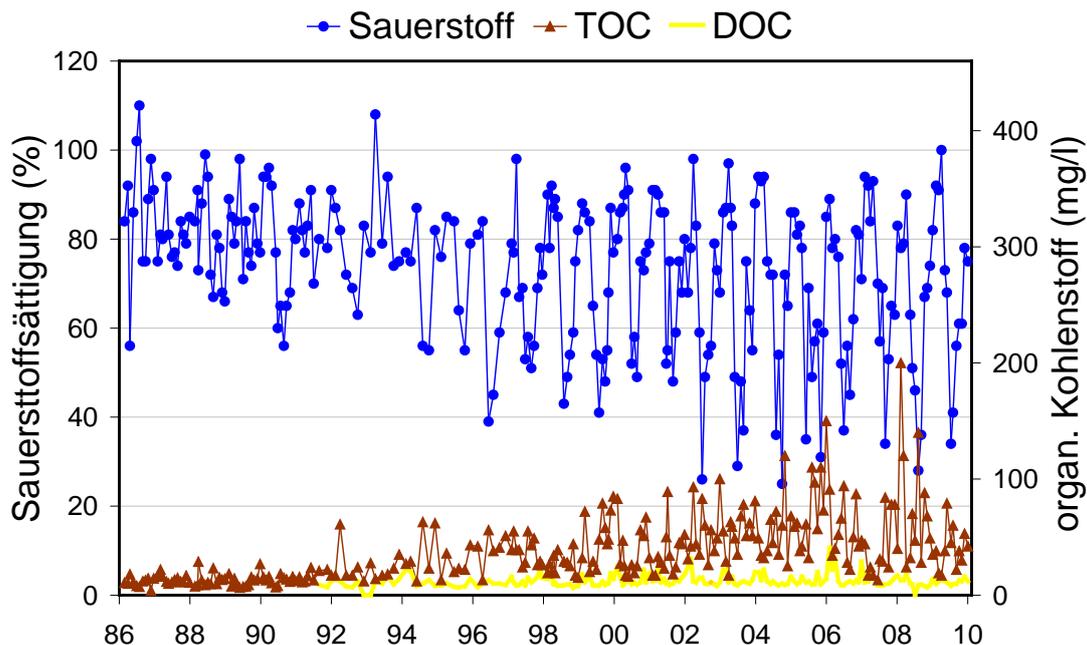


Abbildung 3.4-4: Sauerstofflängsprofil in der Unterems im August 2006



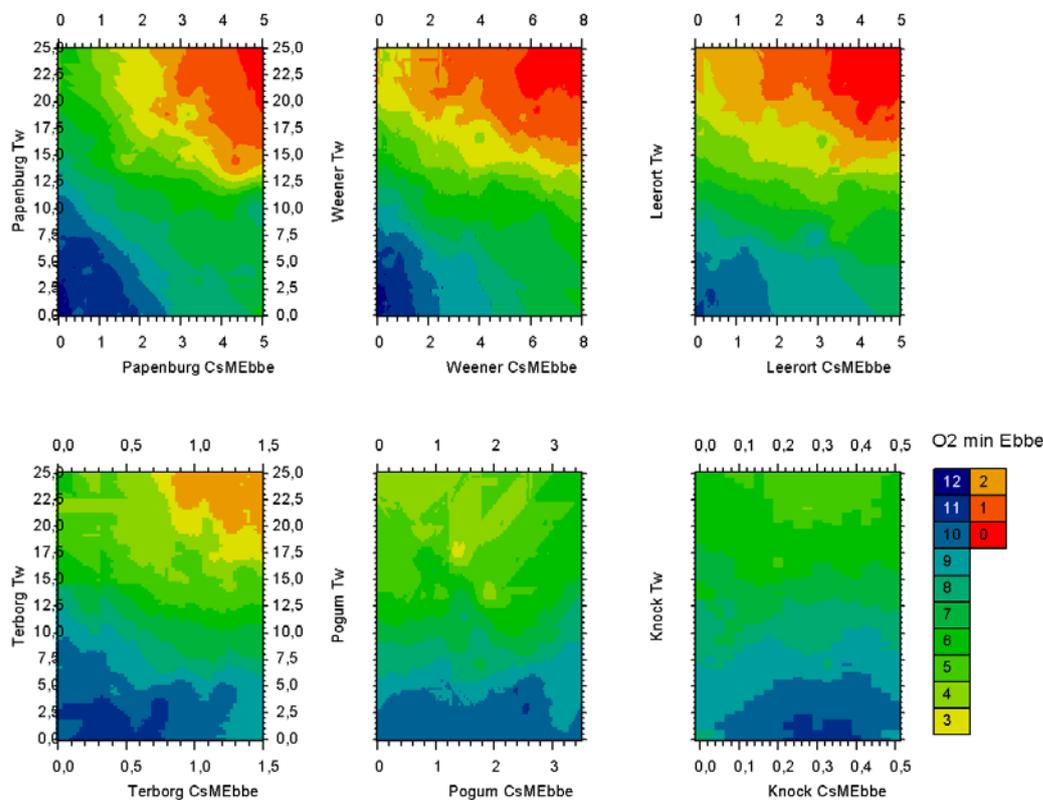
**Abbildung 3.4-5: Sauerstoffsättigung, gesamter organischer Kohlenstoffgehalt (TOC-Gehalt) und gelöster organischer Kohlenstoffgehalt (DOC-Gehalt) bei Leerort (Ems-km 14,7) in den Jahren 1987 - 2010 (Daten: NLWK, Betriebsstelle Aurich). Für die Jahre 1987 - 1992 sind die TOC-Gehalte aus CSB-Messwerten ( $CSB/2,5 = TOC$ ) berechnet.**

Die Schwebstoffgehalte bei Leerort stiegen im Mittel von 275 mg/l Ende der 1980er Jahre auf mittlere Gehalte von 1033 mg/l im Zeitraum 2006 bis 2010 an (Tabelle 3.4-1; vgl. auch Kap. 3.3.1), d. h. sie haben sich etwa um den Faktor 4 erhöht. Im gleichen Maße stiegen auch die mittleren TOC-Gehalte an: Waren es Ende der 1980er Jahre im Mittel noch 13 mg TOC/l, betrug der mittlere TOC im Zeitraum 2006 bis 2010 bereits 57 mg/l, d. h. auch der TOC-Gehalt hat in den 20 Jahren etwa um den Faktor 4 zugenommen. Da im betrachteten Zeitraum der gelöste organische Kohlenstoff (DOC) nur in geringen Maße zugenommen hat (1996 - 2000 im Mittel 11 mg DOC/l und 2006 - 2010 13 mg/l), kann aus den Messungen abgeleitet werden, dass durch die insgesamt gestiegenen Schwebstoffgehalte und TOC-Gehalte der partikuläre organische Kohlenstoffgehalt (POC) in der Unterems deutlich (Faktor > 4) angestiegen ist. Die höheren Kohlenstoff-Gehalte haben zu sinkenden Sauerstoffsättigungen (anhand des 10-Perzentilwertes in Tabelle 3.4-1 und in Abbildung 3.4-5 zu ersehen) in der Tideems geführt.

**Tabelle 3.4-1: Minima der Sauerstoffsättigung (bzw. 10-Perzentile) sowie mittlere Schwebstoffgehalte und TOC an der Station Leerort.**

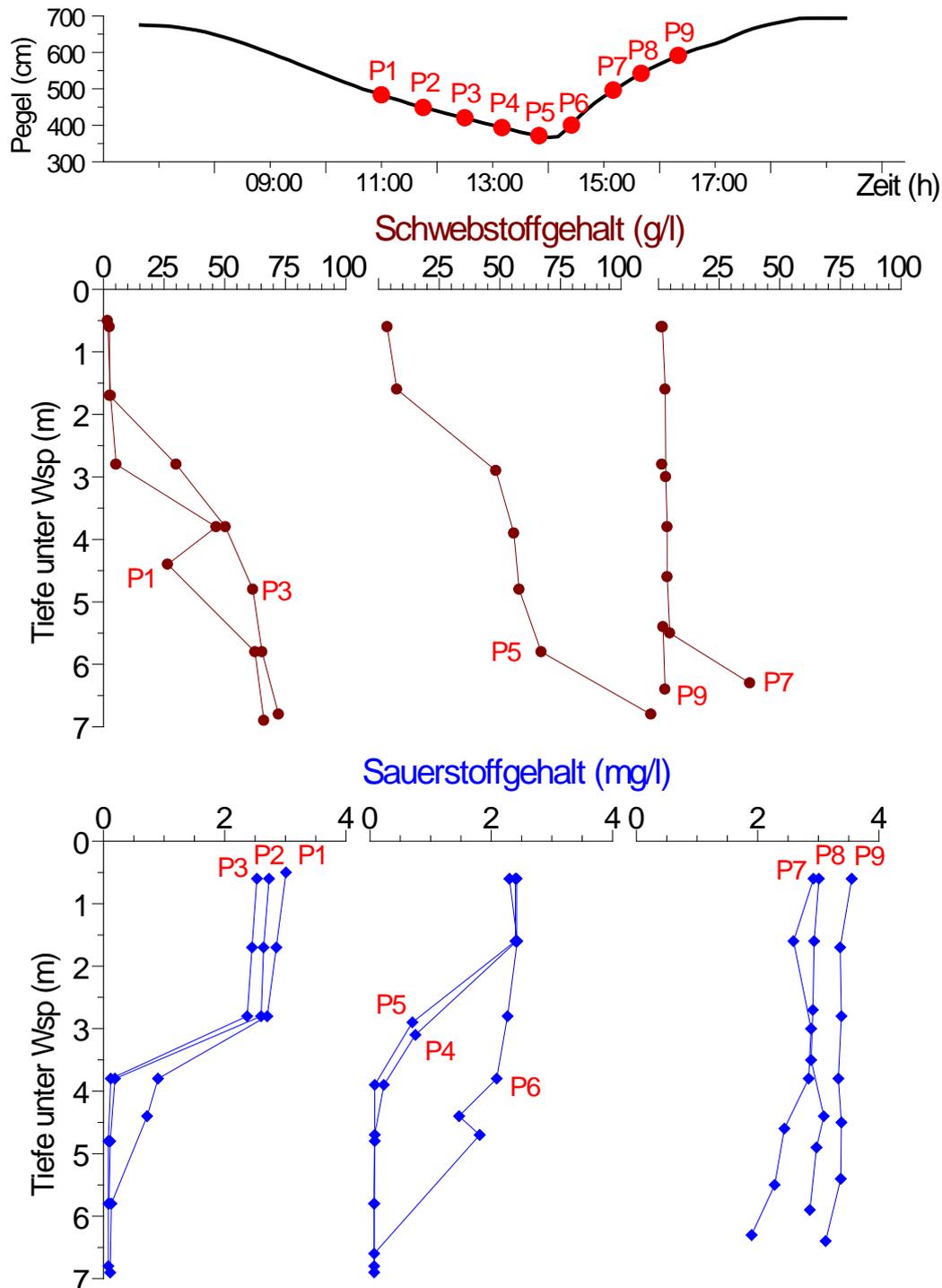
Parameter/ Zeitraum	Sauerstoffsättigung 10-Perzentil %	TOC Mittelwert mg/l	SS Mittelwert mg/l	Anzahl n
1987 - 1991	67	13	275	59
1996 - 2000	49	37	552	47
2006 - 2011	40	57	1033	60

Der Zusammenhang von hohen Schwebstoffgehalten und geringen Sauerstoffgehalten wird durch den Einflussfaktor Wassertemperatur verstärkt. Wie in Abbildung 3.4-6 für die Ebbphasen im Zeitraum 2001 bis 2006 an den 6 Dauermessstellen der Tideems dargestellt, traten die geringsten mittleren Sauerstoffgehalte pro Ebbphase bei den höchsten Schwebstoffgehalten und den höchsten Wassertemperaturen auf. Die Korrelation von hohen Schwebstoffgehalten und hohen Wassertemperaturen ist über meteorologisch/hydrodynamische Zusammenhänge zu erklären. So treten in der warmen Jahreszeit auch oft geringe Oberwasserabflüsse auf, die dann über verstärktes „tidal pumping“ sehr hohe Schwebstoffgehalten in der Tideems zur Folge haben (vgl. Kap. 3.3.1). Höhere Wassertemperaturen fördern die mikrobielle Aktivität und damit nimmt die Sauerstoffverbrauchsrate beim Kohlenstoffabbau zu. Als Faustregel kann bei einer Erhöhung der Temperatur um 10 °C eine Verdopplung der Umsatzraten geschätzt werden. Als Folge tritt bei höheren Wassertemperaturen eine stärkere Sauerstoffzehrung auf und der Sauerstoffgehalt sinkt ab.



**Abbildung 3.4-6: Isoplethendarstellung der Sauerstoffminima ( $O_2$  min in mg/l) in Abhängigkeit des mittleren Schwebstoffgehaltes (CsM in g/l) und der mittleren Wassertemperatur ( $T_w$  in °C) für jede Ebbphase im Zeitraum September 2001 bis Dezember 2006 (Abbildung Andreas Engels, NLWKN Aurich)**

In der Ems treten neben longitudinalen Gradienten des Sauerstoffs auch starke vertikale Unterschiede im Sauerstoffgehalt auf (vgl. auch Talke et al. 2009). Die vertikalen Unterschiede im Sauerstoffgehalt sind dabei stark durch den Tidezyklus geprägt (Abbildung 3.4-7).

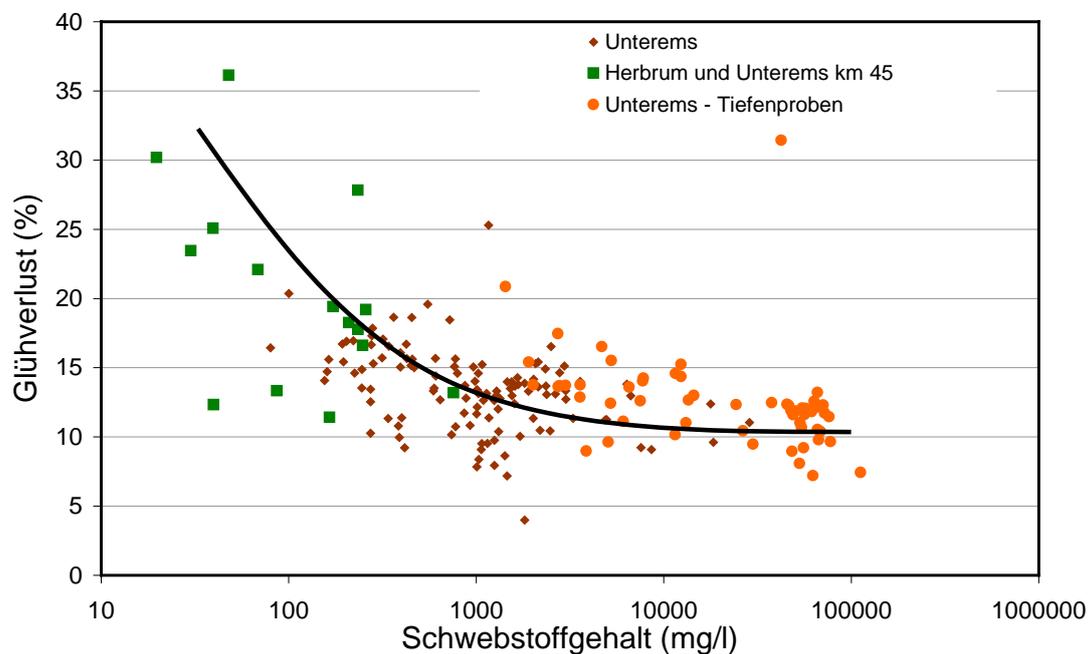


**Abbildung 3.4-7: Zeitliche Entwicklung (um den Ebbkenterpunkt) der Vertikalprofile des Sauerstoffgehaltes (unten) und des Schwebstoffgehaltes (Mitte) bei Ems-km 11,1 am 01.08.2006 mit Angabe der Beprobungszeiten (P1 bis P9) und des Wasserstandes (oben)**

Bei Messungen am 1. August 2006 bei Ems-km 11,1 lag in Wassertiefen über 4 m bis kurz vor Ebbkenterpunkt der Sauerstoffgehalt nahe 0 mg/l, während in der oberen Wassersäule (0 - 4 m) die Sauerstoffgehalte bei ca. 2 mg/l lagen. Nach dem Ebbkenterpunkt mit einsetzen-

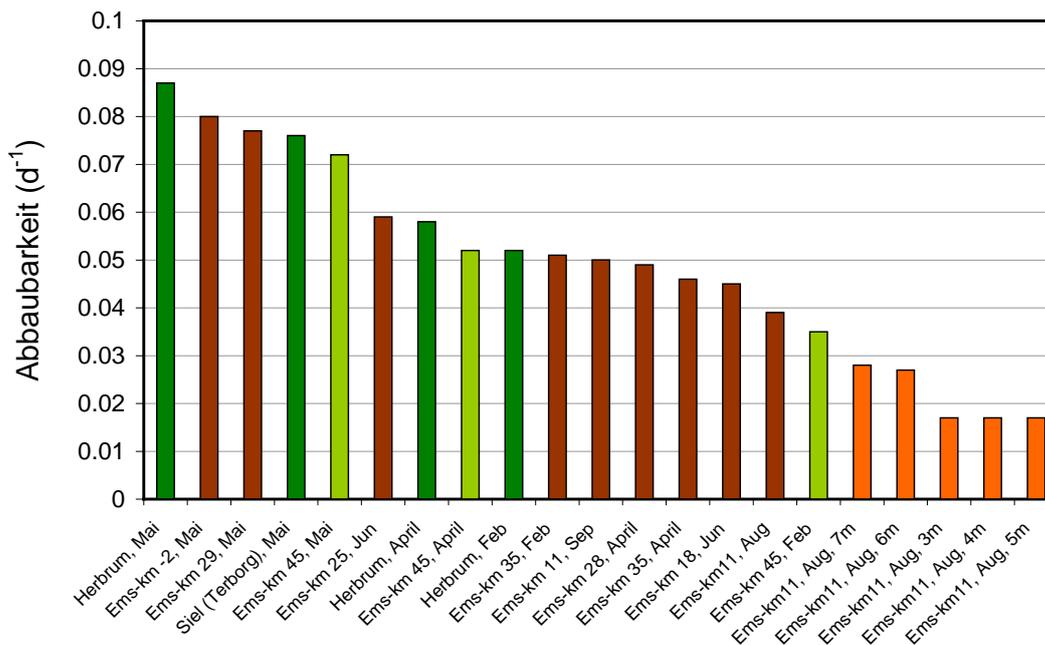
dem Flutstrom konnten nur noch sehr geringe vertikale Unterschiede im Sauerstoffgehalt gemessen werden und die Sauerstoffgehalte stiegen in der gesamten Wassersäule leicht auf 2 - 4 mg/l an.

Die aufgeführten Abbildungen 3.4-8 bis 3.4-10 zeigen den Zusammenhang von Schwebstoffgehalt, organischem Anteil und Sauerstoffzehrung. Der organische Anteil der Schwebstoffe kann messtechnisch aus Differenz der Messwerte TOC und DOC als POC ermittelt werden oder auch als Glühverlust der Schwebstoffe bestimmt werden. POC und Glühverlust geben ein Maß für das für die mikrobielle Sauerstoffzehrung zur Verfügung stehende organische Material, welches das Substrat (= Nahrungsquelle) für die Mikroorganismen darstellt. Bei Untersuchungen der Schwebstoffe der Tideems ist zu sehen, dass hohe Schwebstoffgehalte eher mit geringen organischen Anteilen korrespondieren (Abbildung 3.4-8).



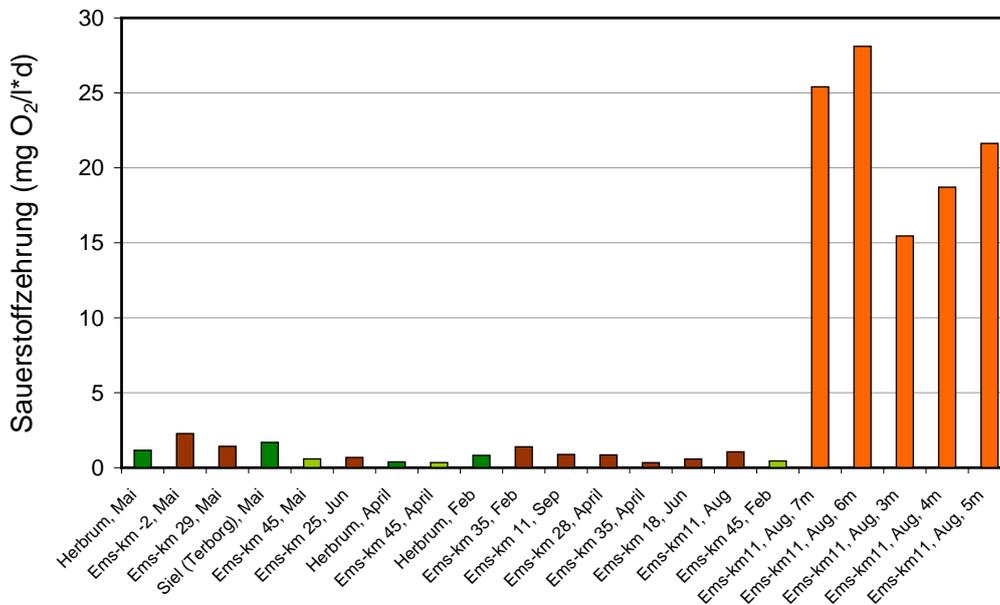
**Abbildung 3.4-8: Anteil des Glühverlustes der Schwebstoffe gegenüber dem Gehalt der Schwebstoffe in unterschiedlichen Proben aus der Unterems**

Durch Versuche zur Sauerstoffzehrung der Schwebstoffe lässt sich die Abbaubarkeit des organischen Materials und damit die Qualität der Schwebstoffe beschreiben (Abbildung 3.4-9). Es wird deutlich, dass Proben mit geringen Schwebstoffgehalten aus dem Bereich nahe des Wehres Herbrum und dem Bereich bei Emden hohe Zehrungsraten aufweisen, also gut bzw. schnell abbaubares organisches Material enthalten, während sohlennah in der Unterems zwischen Weener und Leerort bei Ems-km 11 entnommene Proben schlechter bzw. deutlich langsamer abbaubares organisches Material aufweisen.



**Abbildung 3.4-9: Abbaubarkeit des Schwebstoffs aus unterschiedlichen Proben aus der Unterems (grüne Balken = Proben nahe Herbrum sowie seewärts von Emden, braune Balken = oberflächennahe Proben aus der Unterems, orange Balken = sohlennahe Proben bei Ems-km 11)**

Betrachtet man nun den quantitativen (Schwebstoffgehalt) und den qualitativen (Abbaubarkeit) Aspekt des organischen Materials zusammen, ergibt sich die tatsächlich verursachte Sauerstoffzehrung. Hier dominiert der quantitative Aspekt deutlich (Abbildung 3.4-10), d. h. die extrem schwebstoffhaltigen sohlennahen Proben können eine ca. 10-fach höhere Sauerstoffzehrung in einem Liter Emswasser bewirken als die übrigen Proben.



**Abbildung 3.4-10: Sauerstoffzehrungsraten verschiedener Proben aus der Unterems (grüne Balken = Proben nahe Herbrum sowie seewärts von Emden, braune Balken = oberflächennahe Proben aus der Unterems, orange Balken = sohlennahe Proben bei Ems-km 11)**

## Nährstoffe

Stickstoff und Phosphor sowie Silizium speziell für Kieselalgen sind die relevanten Makro-nährstoffe in Gewässern. Die Nährstoffe liegen in gelöster und partikulärer Form vor, wobei im Wasser gelöste Nährstoffe physikalisch/chemisch partikulär gebunden werden oder durch Stoffwechselaktivität von Organismen in Biomasse umgewandelt werden können. Die partikulären Verbindungen können sich als Sedimente ablagern und bei Sedimentumlagerungen wieder freigesetzt werden.

Die Tideems weist eine hohe Nährstoffbelastung auf (vgl. Tabelle 3.4-2), wobei die Einträge im Wesentlichen im Einzugsgebiet (oberhalb des Wehres Herbrum) erfolgen. Die Nährstoffe gelangen durch punktuelle und diffuse Einträge in das Gewässersystem Ems. Dabei stammen nach Schätzungen ca. 56 % der Stickstoff- und ca. 66 % der Phosphor-Gesamteinträge aus landwirtschaftlichen Nutzflächen (FGG Ems 2009).

**Tabelle 3.4-2: Nährstoffgehalte (90-Perzentile) im Ems-Ästuar im Zeitraum 2000 - 2011 (aus IBL & IMS 2012)**

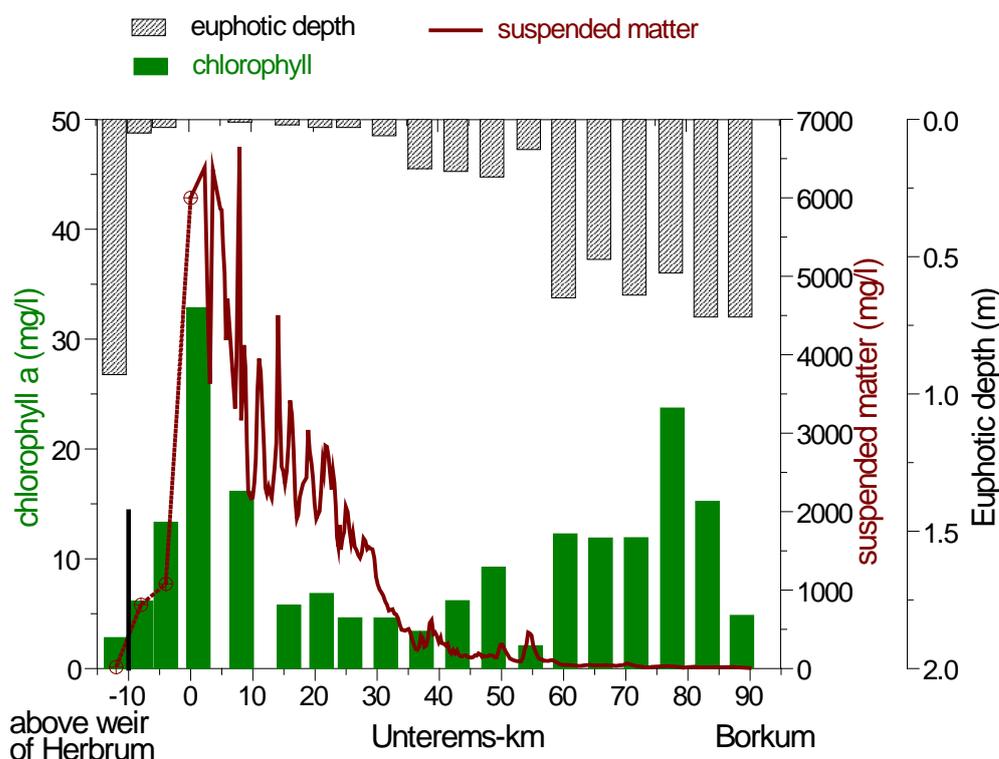
2000 - 11	Ammonium	Nitrat	Gesamt-N	ortho-Phosphat	Gesamt-P
	90-Perzentil				
	NH <sub>4</sub> -N mg/l	NO <sub>3</sub> -N mg/l	N mg/l	o-PO <sub>4</sub> -P mg/l	P mg/l
Papenburg km 0,4	0,46	6,4	13	0,08	3,3
Terborg km 24,6	0,44	5,9	12	0,07	2,4
Gandersum km 31,7	0,36	6,2	13	0,072	2,2
Bocht van Watum Nord (ca. km 65)	0,24	2,6	3,8	0,07	0,09
Huibertsgat (ca. km 90)	0,17	0,8	1,2	0,05	0,06

Die hohen Phosphorgehalte in der der Unterems bis Gandersum sind durch die hohen Schwebstoffgehalte bedingt, da sich Phosphor an den Schwebstoffen anlagert (= adsorbiert).

## Phytoplankton

Für den Ist-Zustand des Phytoplanktons liegen aufgrund methodischer Probleme kaum verlässliche Daten für die Unterems vor. In extrem schwebstoffhaltigen Gewässern können die Algen kaum vor dem Hintergrund der vielen Partikel detektiert werden. Ebenfalls sind für die Chlorophyll-Bestimmungen notwendige Anreicherungen der Algen auf Filtern durch die hohen Schwebstoffgehalte kaum möglich, so dass auch die Ermittlung dieser Biomasseparameter in der Ems nicht zuverlässig erfolgen kann. Indirekt zeigt der beobachtete Rückgang der Sauerstoffübersättigungen (Sättigungswerte über 100 %) an verschiedenen Messstellen in der Unterems an, dass die Bedeutung des biogenen Sauerstoffeintrags durch photosynthetisch aktive Algen in das Wasser abgenommen hat. Insgesamt ist aufgrund der hohen Trübung der Unterems zu vermuten, dass erst seewärts von Emden das Phytoplankton genügend Licht vorfindet, ein autochthones (= im System stattfindendes) Wachstum zu zeigen. Inwieweit

seewärts von Emden produziertes Phytoplankton - vergleichbar wie Schwebstoffe - stromaufwärts transportiert wird, wird zzt. noch diskutiert. Die nachfolgende Abbildung 3.4-11 zeigt, dass im Mai 2007 im Bereich des Wattenmeers bei geringen Schwebstoffgehalten und damit guter Lichtversorgung (= hohe euphotische Tiefe) Chlorophyllgehalt von 10 - 20 µg/l zu messen waren. In Richtung Emden und weiter stromauf nahmen die Gehalte auf ca. 5 µg/l ab. Im Trübungsmaximum bei Papenburg wurden dann wieder mit über 30 µg/l hohe Chlorophyllgehalte gemessen, obwohl die euphotische Schicht nur wenige Zentimeter der Wassersäule umfasste. Hierfür können messtechnische Probleme mitverantwortlich sein, da die hohen Schwebstoffgehalte dazu führen, dass nur eine sehr geringe Probenmenge zur Analyse des Chlorophylls zur Verfügung stehen und damit die Messungen dieser Proben an die Nachweisgrenze der Methode gehen.



**Abbildung 3.4-11: Verteilung des Chlorophylls in der Tideems ermittelt mittels HPLC-Analytik (HighPressureLiquidChromatographie) im Mai 2007. Weiterhin sind Schwebstoffwerte und die hieraus ermittelte Lichteindringtiefe (= euphotische Tiefe) dargestellt.**

### 3.4.2 Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen

Wie beschrieben weist die Tideems extrem schlechte Sauerstoffverhältnisse im Abschnitt Terborg (Ems-km 25) bis Wehr Hebrum (DEK-km 212) auf. Die Defizite im Sauerstoffhaushalt sind durch die hohen Schwebstoffgehalte und die damit verbundenen hohen organischen Kohlenstoffgehalte verursacht. Die sohlennahen Fluid-Mud-Schichten sind über lange Zeiträume im Sommer sauerstofffrei. Der Sauerstoffhaushalt zählt ebenso wie Temperaturverhältnisse, Salzgehalt, Nährstoffverhältnisse, Versauerungszustand (nur Flüsse) und Sichttiefe (nur Übergangs- und Küstengewässer) zu den allgemeinen physikalisch-chemischen

Komponenten zur Einstufung des ökologischen Zustands nach WRRL. Nach NLWKN (2010) wurden diese für den Bewirtschaftungsplan 2009 insgesamt für Übergangs- und Küstengewässer der Ems mit „mäßig“ bewertet; detailliertere und aktuellere Informationen sowie Angaben für den Bereich stromauf von Leer sind nicht allgemein verfügbar.

Derzeit wird die Qualitätskomponente Phytoplankton im Küstengewässer Ems (DE = N3 bzw. NL = K1) unterschiedlich bewertet: von niederländischer Seite mit „gut“ und von deutscher Seite mit „mäßig“. Nach derzeitiger deutscher Auffassung ist die Qualitätskomponente Phytoplankton im Übergangsgewässer der Ems zur Bewertung des ökologischen Zustandes nicht geeignet. Die hier vorkommende Phytoplanktonlebensgemeinschaft wird aus dem limnischen und dem marinen Bereich eingetragen. Zudem minimiert die im Übergangsgewässer der Ems vorherrschende starke Trübung das Lichtangebot und verhindert damit die Entwicklung des Phytoplanktons (FGG Ems 2009). Auch für die Fließgewässer im Betrachtungsraum gibt es derzeit keine Bewertung der Qualitätskomponente Phytoplankton (NLWKN 2012).

Großalgen sollen im Übergangs- und Küstengewässer als Parameter der WRRL-Qualitätskomponente Makrophyten bewertet werden. Erste Überwachungsarbeiten wurden von deutscher Seite durchgeführt. Ein Bewertungsverfahren ist noch nicht abgeschlossen und noch nicht in den Interkalibrationsprozess einbezogen (FGG Ems 2009).

Im Fachbeitrag Natura 2000 zum IBP Ems (KÜFOG 2014) ist für das Sublitoral der Funktionsräume 1 und 2 (Pogum bis Ems-km 67,5, inkl. Dollart) eine Bewertung der Salinität sowie von Schad- und Nährstoffen als Teil der Bewertung des LRT Ästuarien erfolgt. Der Erhaltungszustand für den Teilaspekt „Salinität“ wird in beiden Fällen mit „zwischen hervorragend und durchschnittlich“ bewertet, auch wenn von einer - möglicherweise nur geringfügigen - Verschiebung der Salinitätszonen ausgegangen wird. Der Erhaltungszustand für den Teilaspekt „Nährstoffe und Schadstoffe“ wird in beiden Fällen mit „durchschnittlich oder eingeschränkt“ bewertet; der Eintrag von Schadstoffen und Nährstoffen habe insgesamt abgenommen, sei aber noch hoch. Für die oligohaline Zone der Unterems (Funktionsraum 3) ist in KÜFOG (2014) keine Bewertung von Teilaspekten des LRT Ästuarien aufgeführt, aus der Beschreibung der abiotischen Parameter lässt sich jedoch ablesen, dass die sehr geringen Sauerstoffgehalte, insbesondere in den Sommermonaten, als wesentliches Defizit bewertet werden.

## **3.5 Schadstoffe in Sediment und Schwebstoffen/Ökotoxikologie**

### **3.5.1 Charakterisierung des derzeitigen Zustands**

Zur Beurteilung der Schadstoffgehalte und des ökotoxikologischen Belastungspotenzials der Sedimente aus der Unterems, dem Emders Fahrwasser und der Außenems werden Untersuchungsdaten aus dem Zeitraum 1999 bis 2012 genutzt.

Untersuchungen:

- > Vorhafen Schleuse Herbrum (tideseitig) (DEK-km 213,5) aus den Jahren 2009 und 2011 (BfG 2010 und Nowak 2012)

- > Ems-km 2 - 34 aus dem Jahr 2002 (BfG 2002)
- > Ems-km 0-2 Versuch zur Sedimentkonditionierung (GBA 2012a)
- > Ems-km 0 - 24 aus den Jahren 2009 - 2012 (Löffler 2009a + b, 2010b, 2011b, 2012, 2013)
- > Ems-km 33 - 44 aus dem Jahr 2012 (BfG 2013a)
- > Ems-km 30 -75 aus den Jahren 1999 (BfG 2000a, 2001) und 2007 (Leuchs et al. 2008)
- > Ems-km 40,8 - 50 aus dem Jahr 2007 (Leuchs et al. 2008)
- > Ems-km 40,7 - 68 aus dem Jahr 2009 (Löffler 2010a)
- > Ems Dollart aus dem Jahr 2011 (GBA 2012 b + c)
- > Daten der Messstationen Herbrum, Terborg und Knock 1989 - 2012 (BfG 2013b)

BfG-1944

Weiterhin wurden Sedimente der Unterbringungsstellen chemisch und ökotoxikologisch untersucht.

- > Klappstellen 5, 6 und 7 in den Jahren 1999 (BfG 2000a, 2001a und 2007 (Leuchs et al. 2008)
- > Klappstelle K2 im Dollartmund, in den Jahren 2007 - 2010 (Leuchs et al. 2008, Löffler 2011a)

Für den Bereich der Fahrrinne außerhalb Ems-km 75 seewärts sowie für die beiden ebenfalls im Betrachtungsraum bis Ems-km 112,5 gelegenen Klappstellen 4 (Borkum Südstrand) und 2 (Riffgat) stehen keine Untersuchungsdaten zu Schadstoffkonzentrationen und ökotoxischen Wirkungen zur Verfügung.

### 3.5.1.1 Schadstoffe

Die sehr hohen Schwebstoffkonzentrationen im Bereich der tidebeeinflussten Ems sind von großer Bedeutung für die Schadstoffkonzentrationen im partikulären Material der Ems.

So unterliegt das partikuläre Material in der Tide-Ems einer sehr starken Durchmischung, welches vorwiegend aus dem Tidegeschehen, den hohen Schwebstofffrachten, der ausgeprägten Sedimentation und auch den Sedimententnahmen im Rahmen der Baggerei folgt. Daraus resultieren, unter Berücksichtigung von Korngrößeneffekten, relativ einheitliche Schadstoffkonzentrationen im gesamten Bereich der tidebeeinflussten Ems. Im Folgenden sind Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze (BG) xy als < xy dargestellt. Diese Werte treffen keine Aussage über die tatsächlich vorliegende Konzentration, sondern entsprechen der höchsten Konzentration, die nach der Messung möglich wäre.

#### Messstation Knock (Ems-km 50,85)

Das Niveau der einzelnen Schadstoffkonzentrationen im Schwebstoff der Außenems (Messstation Knock) war in der letzten Dekade für viele Schadstoffe weitgehend stabil (siehe Tabelle 3.5-1).

Für die Schwebstoffkonzentrationen von Zink, polychlorierten Biphenylen (PCB Σ7) und Tributylzinn (TBT) ist ein abnehmender Trend zu beobachten. Bei den anderen Parametern

lässt sich über den Erhebungszeitraum praktisch keine Tendenz zur Änderung der Belastungshöhe ableiten.

Im Mittel liegen die Konzentrationen aller organischen und anorganischen Schadstoffe unterhalb von Richtwert 1 nach GÜBAK. Generell ist die Schadstoffbelastung als relativ niedrig einzustufen.

**Tabelle 3.5-1: Jahresmittelwerte der Schadstoffkonzentrationen im Schwebstoff der Dauermessstation Knock**

	Untersuchte Fraktion	Einheit	RW 1 / RW 2 nach GÜBAK	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Mittelwert 2002-2012
Arsen	<20 µm	mg/kg TS	40 / 120	28	28	32	28	24	20	22	20	25	26	20	25
Cadmium	<20 µm	mg/kg TS	1,5 / 4,5	0,7	0,7	0,6	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5
Chrom	<20 µm	mg/kg TS	120 / 360	89	67	74	67	65	78	57	62	80	84	74	72
Kupfer	<20 µm	mg/kg TS	30 / 90	22	25	23	25	18	17	18	17	24	24	17	21
Nickel	<20 µm	mg/kg TS	70 / 210	39	40	39	40	32	33	33	32	38	38	29	36
Blei	<20 µm	mg/kg TS	90 / 270	52	53	54	53	40	35	39	37	40	41	35	44
Zink	<20 µm	mg/kg TS	300 / 900	190	183	190	188	148	144	135	134	142	145	121	156
Quecksilber	<20 µm	mg/kg TS	0,7 / 2,1	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3
Kohlenwasserstoffe (C10 bis C40) <sup>1</sup>	<2000 µm	mg/kg TS	200 / 600	n.b.	55	66	85	124	n.b.	61	63	89	117	82	82
PAK Summe 16 nach EPA <sup>1</sup>	<2000 µm	mg/kg TS	1,8 / 5,5	0,86	1,4	1,4	1,5	0,96	n.b.	1	0,83	0,94	0,95	1,4	1,1
PCB Summe 7 <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	13 / 40	7,3	4,9	6,4	6,1	5,6	n.b.	4,7	4,6	3,9	3,5	3,4	5
α-HCH <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	0,5 / 1,5	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	n.b.	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
γ-HCH <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	0,5 / 1,5	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	n.b.	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Hexachlorbenzol <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1,8 / 5,5	0,5	1,1	0,8	0,9	1,4	n.b.	1,2	0,7	1,4	0,4	0,5	0,9
p,p'-DDT <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1 / 3	0,6	0,3	0,8	0,7	0,1	n.b.	0,4	0,2	0,2	0,2	0,6	0,4
p,p'-DDD <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	2 / 6	0,3	0,4	0,8	0,8	0,3	n.b.	0,4	0,3	0,2	0,2	0,9	0,5
p,p'-DDE <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1 / 3	0,3	0,6	0,8	0,8	0,3	n.b.	0,4	0,3	0,2	0,3	0,7	0,5
Tributylzinn	<2000 µm	µg/kg TS	20 / 100	12	30	21	12	9,6	n.b.	6,9	8,1	6,2	3,5	5	11

<sup>1</sup> rechnerisch normiert auf den <63µm-Anteil, n. b. = nicht bestimmt

### Ems-km 30 - 75 und Klappstellen 5 - 7

Generell sind die Sedimente der Außenems seeseitig von Knock, weitestgehend sandig mit lediglich geringen Feinkornanteilen (BfG 2001a). Hieraus resultieren geringe Schadstoffkonzentrationen in den Gesamtproben (ohne Normierung auf < 63 µm-Fraktion). In Untersuchungen aus den Jahren 2009 (Löffler 2010a) und 2007 (BfG 2008a) lagen nach GÜBAK (2009) im oberflächennahen Sediment im Bereich von Ems-km 30 - 68,0 keine Überschreitungen von Richtwert 1 durch Schadstoffe vor (Tabelle 3.5-2). Ebenso lag in den sehr stark sandigen Sedimenten der Klappstellen 5 - 7 keine Richtwertüberschreitungen vor (BfG 2008a).

Einzelne Messungen wiesen auf eine lokal erhöhte Belastung im Bereich der Emdener Hafeneinfahrt hin (Leuchs et al. 2008).

**Tabelle 3.5-2: Untersuchungsergebnisse zu Sedimenten der Klappstellen 5 - 7 und des Emdener Fahrwassers**

BfG-1944

	Untersuchte Fraktion	Einheit	RW 1 / RW 2 nach GÜBAK	Klappstellen K5/K6/K7 Mittelwert Daten 2007	Ems-km 40-75 Mittelwert Daten 2009	Ems-km 30-39 Mittelwert Daten 2007
TOC	Gesamt	%		0,74	1,84	3,02
Anteil Kornfraktion <63 µm		%		27	56	90
Arsen	<20 µm	mg/kg	40 / 120	23	30	26
Cadmium	<20 µm	mg/kg	1,5 / 4,5	0,49	0,61	1,03
Chrom	<20 µm	mg/kg	120 / 360	82	74	76
Kupfer	<20 µm	mg/kg	30 / 90	24	24	23
Nickel	<20 µm	mg/kg	70 / 210	43	34	39
Blei	<20 µm	mg/kg	90 / 270	55	57	66
Zink	<20 µm	mg/kg	300 / 900	190	207	212
Quecksilber	<20 µm	mg/kg	0,7 / 2,1	0,33	0,36	0,35
Kohlenwasserstoffe (C10 bis C40) <sup>1</sup>	<2000µm	mg/kg	200 / 600	118	143	92
PAK Summe 16 nach EPA <sup>1</sup>	<2000µm	mg/kg	1,8 / 5,5	1,13	1,54	0,93
PCB Summe 7 <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg	13 / 40	5,8	10,3	5,3
Pentachlorbenzol <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg	1 / 3	0,14	< 1,38	0,24
Hexachlorbenzol <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg	1,8 / 5,5	0,42	< 1,38	0,47
α-HCH <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg	0,5 / 1,5	0,05	< 0,28	0,04
β-HCH <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg		< 0,03	< 0,28	0,04
γ-HCH <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg	0,5 / 1,5	0,11	< 0,28	0,21
o,p'-DDT <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg		< 0,01	< 1,38	0,03
p,p'-DDT <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg	1 / 3	0,14	< 1,38	0,16
o,p'-DDD <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg		0,22	< 1,38	0,18
p,p'-DDD <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg	2 / 6	0,60	< 1,38	0,35
o,p'-DDE <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg		0,06	< 1,38	0,07
p,p'-DDE <sup>1</sup>	<2000µm	µg/kg	1 / 3	0,57	< 1,38	0,49
Monobutylzinn	<2000µm	µg/kg		5	3	12
Dibutylzinn	<2000µm	µg/kg		5	2	7
Tributylzinn	<2000µm	µg/kg	20 / 100	< 1	3	15
Tetrabutylzinn	<2000µm	µg/kg		< 1	< 1	2

<sup>1</sup> rechnerisch normiert auf den <63µm-Anteil, Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze xy werden als < xy dargestellt

### Klappstelle K2 im Dollartmund und Dollart

Die Klappstelle K2 wurde 2007 vor der ersten Beschickung beprobt. Weitere Beprobungen erfolgten 2009 und 2010 im Rahmen des Testbetriebes (BfG 2009, Löffler 2011a).

Die Unterbringungsstelle liegt im Bereich eines Kolkes, bei dem sich die Ems tief in den Untergrund eingegraben hat. Das bei der Beprobung entnommene Material war meist grobkörnig, entspricht teilweise der geogen gewachsenen Gewässersohle, und ist nur gering mit anthropogenen Schadstoffen belastet.

Bei Klappstelle K2 wurde im Mittel der Richtwert 1 nach GÜBAK (BMVBS 2009) nicht überschritten (Tabelle 3.5-3). In den Messungen lagen nur einzelne Richtwertüberschreitungen vor. Das angetroffene Material der Gewässersohle war sehr heterogen. Dies zeigt

bereits ein Vergleich des mittleren Feinkornanteils < 63 µm zwischen den Kampagnen 2007 - 2010 (Tabelle 3.5-3). Aus den Ergebnissen kann keine Verschlechterung der Schadstoffkonzentrationen in den Sedimenten abgeleitet werden.

Im Jahr 2011 wurden aus dem Dollart Sedimentkerne in einer Beprobungskampagne entnommen. Die Untersuchungsergebnisse sind ebenso in Tabelle 3.5-3 dargestellt.

Die Schadstoffkonzentrationen in den oberflächennahen Sedimenten des Dollarts liegen höher als in dem Material der Klappstelle K2. Bei einem Vergleich wird deutlich, dass das Oberflächensediment in Belastungshöhe und -muster weitgehend dem Schwebstoff der Messstation Herbrum entspricht. Dies deutet darauf hin, dass der Dollart im Ästuar als Sedimentationsgebiet fungiert, in dem vor allem feines Material sedimentiert.

**Tabelle 3.5-3: Untersuchungsergebnisse zu Sedimenten der Klappstelle K2 und Sedimentbohrkernen aus dem Dollart**

	Untersuchte Fraktion	Einheit	RW 1 / RW 2 nach GÜBAK	Klappstelle 2 - Dollartmund				Dollart Bohrkerne 0-20 cm
				2007	2009	2010	Mittelwert 2007/2009/2010	
Anteil der Kornfraktion:								
2-63 mm	Gesamt	%		2	5	2	3	0
0,63-2 mm	Gesamt	%		5	10	3	6	0
0,2-0,63 mm	Gesamt	%		22	25	12	20	1
0,063-0,2 mm	Gesamt	%		24	42	40	36	37
0,02-0,063 mm	Gesamt	%		9	7	11	9	19
<0,02 mm	Gesamt	%		39	14	32	28	43
Feinkornanteil (<0,063 mm)	Gesamt	%		47	20	43	37	62
TOC	Gesamt	%		3,7	3,0	3,3	3,3	1,9
Arsen	<20 µm	mg/kg TS	40 / 120	28	21	21	23	27
Blei	<20 µm	mg/kg TS	90 / 270	45	46	41	44	63
Cadmium	<20 µm	mg/kg TS	1,5 / 4,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6
Chrom	<20 µm	mg/kg TS	120 / 360	76	54	43	57	100
Kupfer	<20 µm	mg/kg TS	30 / 90	22	25	22	23	35
Nickel	<20 µm	mg/kg TS	70 / 210	36	31	29	32	40
Quecksilber	<20 µm	mg/kg TS	0,7 / 2,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,6
Zink	<20 µm	mg/kg TS	300 / 900	174	155	154	161	224
Kohlenwasserstoffe (C10 bis C40) <sup>1</sup>	<2000 µm	mg/kg TS	200 / 600	104	51	50	68	141
PAK Summe 16 nach EPA <sup>1</sup>	<2000 µm	mg/kg TS	1,8 / 5,5	0,7	0,4	0,4	0,5	1,5
PCB Summe 7 <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	13 / 40	7,8	3,6	1,4	4,3	11,2
α-HCH <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	0,5 / 1,5	<0,17	<0,1	<0,1	<0,1	0,2
β-HCH <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS		<0,17	<0,1	<0,1	<0,1	0,2
γ-HCH <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	0,5 / 1,5	<0,17	<0,1	<0,1	<0,1	0,2
o,p'-DDT <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS		<0,84	<0,5	<0,1	<0,5	0,2
p,p'-DDT <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1 / 3	<0,84	<0,5	0,1	<0,5	0,2
o,p'-DDD <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS		<0,84	<0,5	<0,1	<0,5	0,3
p,p'-DDD <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	2 / 6	<0,84	<0,5	0,2	<0,5	0,7
o,p'-DDE <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS		<0,84	<0,5	<0,1	<0,5	0,2
p,p'-DDE <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1 / 3	<0,84	<0,5	0,2	<0,5	0,7
Pentachlorbenzol <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1 / 3	<0,84	<0,5	0,2	<0,5	0,5
Hexachlorbenzol <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1,8 / 5,5	<1,12	0,9	0,3	0,8	1,5
Monobutylzinn	<2000 µm	µg/kg TS		9,0	1,5	1,3	3,9	2,1
Dibutylzinn	<2000 µm	µg/kg TS		7,0	1,2	1,2	3,1	2,4
Tributylzinn	<2000 µm	µg/kg TS	20 / 100	11,0	1,5	2,1	4,9	1,9
Tetrabutylzinn	<2000 µm	µg/kg TS		<1	<1	<1	<1	<1

<sup>1</sup> rechnerisch normiert auf den <63µm-Anteil, n. b. = nicht bestimmt, Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze xy werden als < xy dargestellt

## Ems-km 0 - 24

An der Unterems findet jährlich ein Untersuchungsprogramm für das Baggergut von Ems-km 0 - 24 sowie Leda-km 22,9 - 24,9 statt. In Tabelle 3.5-4 sind Untersuchungsergebnisse aus den Jahren 2009 bis 2013 dargestellt.

Die Sedimente der Unterems sind sehr feinkörnig. Sie weisen einen mittleren Feinkornanteil (< 63 µm) von 77 % auf.

Nach GÜBAK liegen bei den Mittelwerten der untersuchten Sedimente aus der Unterems keine Richtwertüberschreitungen vor. Lediglich in vereinzelt Proben treten für einzelne Parameter Überschreitungen von Richtwert 1 auf (Löffler 2009a + b, 2010b, 2011b, 2012, 2013, GBA 2012a). Innerhalb des Zeitraumes 2009 - 2013 ist kein signifikanter zeitlicher Trend bei den Untersuchungsergebnissen ableitbar. Die Gesamtbelastungen mit Schwermetallen und Leuchs et al. 2008, BfG 2008b).

**Tabelle 3.5-4: Schadstoffkonzentrationen in Sedimenten von Unterems und Leda 2009 - 2013**

	Untersuchte Fraktion	Einheit	RW 1 / RW 2 nach GÜBAK	2009	2010	2011	2012	2013	Mittelwert 2009-2013
Anteil der Kornfraktion:									
2-63 mm	Gesamt	%		0	0	0	0	0	0
0,63-2 mm	Gesamt	%		0	0	0	0	0	0
0,2-0,63 mm	Gesamt	%		2	2	6	4	3	3
0,063-0,2 mm	Gesamt	%		20	22	24	21	11	20
0,02-0,063 mm	Gesamt	%		27	31	25	21	18	25
<0,02 mm	Gesamt	%		51	44	44	54	67	52
Feinkornanteil (<0,063 mm)	Gesamt	%		78	75	69	75	85	77
TOC	<2000 µm	Gew.% TS		2,8	2,4	2,3	2,6	3,2	2,7
Arsen	<20 µm	mg/kg TS	40 / 120	25	23	30	28	24	26
Blei	<20 µm	mg/kg TS	90 / 270	57	55	62	57	56	57
Cadmium	<20 µm	mg/kg TS	1,5 / 4,5	0,53	0,46	0,59	0,40	0,41	0,48
Chrom	<20 µm	mg/kg TS	120 / 360	56	54	89	91	92	77
Kupfer	<20 µm	mg/kg TS	30 / 90	27	22	26	25	26	25
Nickel	<20 µm	mg/kg TS	70 / 210	31	31	39	38	38	35
Quecksilber	<20 µm	mg/kg TS	0,7 / 2,1	0,12	0,34	0,42	0,41	0,28	0,31
Zink	<20 µm	mg/kg TS	300 / 900	206	167	210	200	176	192
Arsen	<2000 µm	mg/kg TS		n.b.	13	15	18	18	16
Blei	<2000 µm	mg/kg TS		n.b.	28	30	35	39	33
Cadmium	<2000 µm	mg/kg TS		n.b.	0,30	0,33	0,27	0,35	0,31
Chrom	<2000 µm	mg/kg TS		n.b.	30	47	57	68	50
Kupfer	<2000 µm	mg/kg TS		n.b.	14	14	17	16	15
Nickel	<2000 µm	mg/kg TS		n.b.	19	20	24	28	23
Quecksilber	<2000 µm	mg/kg TS		n.b.	0,14	0,20	0,27	0,23	0,21
Zink	<2000 µm	mg/kg TS		n.b.	87	99	123	126	109
Thallium	<2000 µm	mg/kg TS		<0,2	0,19	0,24	0,33	0,38	0,27
KW (C10 bis C22) <sup>1</sup>	<2000 µm	mg/kg TS		64	66	72	66	59	65
KW (C10 bis C40) <sup>1</sup>	<2000 µm	mg/kg TS	200 / 600	93	67	80	66	71	75
PAK Summe 16 nach EPA <sup>1</sup>	<2000 µm	mg/kg TS	1,8 / 5,5	0,80	0,78	0,87	1,07	0,70	0,84
PCB Summe 7 <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	13 / 40	6,7	5,9	5,4	6,2	6,7	6,2
α-HCH <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	0,5 / 1,5	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
β-HCH <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS		<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
γ-HCH <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	0,5 / 1,5	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
o,p'-DDT <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS		<0,75	<0,75	<0,15	<0,15	<0,15	<0,75
p,p'-DDT <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1 / 3	<0,75	<0,75	<0,15	<0,15	<0,15	<0,75
o,p'-DDD <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS		<0,75	<0,75	<0,15	<0,15	0,07	<0,75
p,p'-DDD <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	2 / 6	<0,75	<0,75	0,27	0,41	0,42	<0,75
o,p'-DDE <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS		<0,75	<0,75	<0,15	<0,15	0,07	<0,75
p,p'-DDE <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1 / 3	<0,75	<0,75	0,31	0,44	0,36	<0,75
Pentachlorbenzol <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1 / 3	<0,75	<0,75	0,18	0,30	0,32	<0,75
Hexachlorbenzol <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1,8 / 5,5	<0,75	<0,75	0,45	0,68	0,59	<0,75
Monobutylzinn	<2000 µm	µg OZK/kg TS		4	3	5	2	5	4
Dibutylzinn	<2000 µm	µg OZK/kg TS		2	2	3	2	1	2
Tributylzinn	<2000 µm	µg OZK/kg TS	20 / 100	6	4	6	3	5	5
Tetrabutylzinn	<2000 µm	µg OZK/kg TS		<1	<1	<1	<1	<1	<1

<sup>1</sup> rechnerisch normiert auf den <63µm-Anteil, n. b. = nicht bestimmt, Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze xy werden als < xy dargestellt

### Tidebeeinflusster DEK / Schleuse Herbrum

In Herbrum liegen die mittleren Konzentrationen von Kupfer, oberhalb von Richtwert 1 nach GÜBAK. Richtwert 1 wird für alle weiteren Parameter der drei Messstellen eingehalten. Für Herbrum sind jedoch vereinbarungsgemäß die ortsbezogenen Richtwerte nach HABAB 2001 bindend, die hier nicht überschritten sind (BfG 2010).

### **Untersuchung zur Dioxinbelastung der Unterems**

Zur Belastung von Sedimenten aus Unterems und Leda mit polychlorierten Dibenzodioxinen (PCDD), -furanen (PCDF) und dioxinartigen PCBs (dl-PCBs) wurden 2009 Untersuchungen durchgeführt (Löffler 2009b).

Das Mittel der TEQ-Werte<sup>8</sup> der PCDD/F (inkl. Bestimmungsgrenze) der Sedimente aus Ems und Leda liegt bei 4,62 ng/kg, wobei die TEQs der einzelnen untersuchten Mischproben zwischen 1,12 ng/kg und 8,29 ng/kg variieren. Die TEQ-Werte (inkl. BG) der dl-PCBs bewegen sich in einem engen Bereich zwischen 0,53 und 1,46 ng. Eine Betrachtung des Kongenerenmusters in den Sedimentproben zeigt die sehr häufig in Umweltproben anzutreffende Dominanz der Octachlor-Kongeneren.

Von den dl-PCBs treten die Kongenere 118 und 105 in den höchsten Konzentrationen auf. Die größte Bedeutung für den TEQ dl-PCB haben aufgrund ihrer Wichtungsfaktoren PCB 126, 118, 156 und 169.

Die in den Sohlsedimenten von Unterems und Leda gefundenen PCDD/F-Konzentrationen zwischen 1,12 und 8,29 ng TEQ/kg TS (inkl. BG) liegen in einem Bereich, der nach einer Erhebung der Bund-/Länderarbeitsgruppe DIOXINE (Umweltbundesamt 2005) in kleineren deutschen Flüssen häufig angetroffen wird ( $\bar{\varnothing} = 7,5$  ng TEQ/kg TS, n = 89 (inkl. BG)) und damit im Bereich der für diese Matrix in Deutschland ubiquitär (allgegenwärtig) vorzufindenden Belastung. Im Sohlsediment der tidebeeinflussten Ems liegt keine erhöhte Belastung mit PCDD/F und dl-PCBs vor.

Die zusätzlichen Untersuchungen an archivierten Schwebstoffproben der Messstation Knock aus den Jahren 2004 - 2008 zeigen schließlich, dass die untersuchten rezenten Sedimente der Unterems und die Schwebstoffproben der Messstation Knock im stark durchmischten Gewässer Ems hinsichtlich ihrer Konzentrationen von PCDD/F und dl-PCB vergleichbar sind. Für die PCDD/F wurde ein mittlerer TEQ von 3,8 ng/kg TS und für die dl-PCB ein mittlerer TEQ von 0,7 ng/kg TS ermittelt. Der mittlere Gesamt-TEQ lag bei 4,5 ng/kg TS.

Die Konzentrationen der PCDD/F und dl-PCBs im Schwebstoff und den Sedimenten haben sich im untersuchten Zeitraum kaum verändert.

### **Langfristige und abschnittsübergeordnete Betrachtung**

Im Ems-Ästuar, das überwiegend von marinen Sedimenten geprägt ist, spielen Schadstoffe durch deren geringe Konzentrationen eine deutlich geringere Rolle als in den Ästuaren von

---

<sup>8</sup> Die dioxinartigen PCBs werden hier nicht berücksichtigt, da hier eine Summenbildung für die Toxizitätsäquivalente (TEQ) nach NATO/CCMS zugrunde liegt.

Weser und Elbe. Bei einer abschnittsübergeordneten Betrachtung zeigt sich dass die Konzentrationen einer Reihe von Schadstoffen (z. B. Blei, Zink, PAK, PCB) von Herbrum über Terborg nach Knock etwas abnehmen. Dies spricht tendenziell für eine Verdünnung durch den seeseitigen Eintrag mit neuem und weitgehend unbelastetem partikulärem Material. Daneben kann ein zusätzlicher Korngrößeneffekt vorliegen, da in der Unterems mit abnehmender Kilometrierung bis zur Tidegrenze (Herbrum) immer feineres Material abgelagert wird, welches vergleichsweise höhere Belastungen trägt.

**Tabelle 3.5-5: Mittlere Schadstoffkonzentrationen in Sedimenten und Schwebstoffen der Dauermessstationen Herbrum, Terborg und Knock**

	Untersuchte Fraktion	Einheit	RW 1 / RW 2 nach GÜBAK	Herbrum <sup>2</sup> (2002-2012)	Terborg <sup>3</sup> (2002-2010)	Knock <sup>3</sup> (2002-2012)
Arsen	<20 µm	mg/kg TS	40 / 120	29	25	25
Cadmium	<20 µm	mg/kg TS	1,5 / 4,5	0,93	0,53	0,53
Chrom	<20 µm	mg/kg TS	120 / 360	77	60	72
Kupfer	<20 µm	mg/kg TS	30 / 90	33	21	21
Nickel	<20 µm	mg/kg TS	70 / 210	43	36	36
Blei	<20 µm	mg/kg TS	90 / 270	68	52	44
Zink	<20 µm	mg/kg TS	300 / 900	242	169	156
Quecksilber	<20 µm	mg/kg TS	0,7 / 2,1	0,38	0,28	0,27
KW (C10 bis C40) <sup>1</sup>	<2000 µm	mg/kg TS	200 / 600	93	92	82
PAK Summe 16 nach EPA <sup>1</sup>	<2000 µm	mg/kg TS	1,8 / 5,5	1,5	1,4	1,1
PCB Summe 7 <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	13 / 40	10,2	7,7	5,0
α-HCH <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	0,5 / 1,5	0,11	0,08	0,13
γ-HCH <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	0,5 / 1,5	0,15	0,14	0,13
Hexachlorbenzol <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1,8 / 5,5	1,14	0,84	0,90
p,p'-DDT <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1 / 3	0,43	0,34	0,41
p,p'-DDD <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	2 / 6	0,60	0,55	0,49
p,p'-DDE <sup>1</sup>	<2000 µm	µg/kg TS	1 / 3	0,67	0,60	0,46
Tributylzinn	<2000 µm	µg/kg TS	20 / 100	15	18	7

<sup>1</sup> rechnerisch normiert auf den <63µm-Anteil, <sup>2</sup> rezentes Sediment, <sup>3</sup> Schwebstoff

An den Messstationen Knock, Terborg und Herbrum sind die Feststoffkonzentrationen positionsabhängig über den Zeitraum 1989 – 2013 für Cadmium, Zink, γ-HCH, Hexachlorbenzol, PCB-Summe 7, und Tributylzinn tendenziell rückläufig (BfG 2013b). Für die anderen Parameter liegt kein gerichteter Trend für eine zeitliche Änderung der Feststoffkonzentrationen vor. Ein rückläufiger Trend der HCB-Konzentration im Schwebstoff wird durch niederländische Daten unterstützt (Eggens and Bakker 2001).

### 3.5.1.2 Ökotoxikologie

Im Unterschied zur spezifischen chemischen Analyse, mit der die Konzentration der jeweils untersuchten Stoffkomponente festgestellt wird, kann mit Biotesten das Gefährdungspotenzial eines Testgutes erfasst werden. In Abhängigkeit von den vorherrschenden Salinitätsverhältnissen werden unterschiedliche Biotestpaletten für die Prüfung der ökotoxikologischen Belastung eingesetzt, die genormte Testverfahren mit Vertretern mehrerer trophischer Ebenen als Testorganismen beinhalten. Die Untersuchungen erfolgten gemäß HABAB-WSV, HABAK-WSV und GÜBAK (BfG 1999, BfG 2000b, BMVBS 2009).

Für Sedimente aus der Unterems, dem Emders Fahrwasser und der Außenems liegen aus verschiedenen Jahren Daten ökotoxikologischer Sedimentuntersuchungen vor. Für die Bewertung der Sedimente aus dem brackigen und marinen Bereich im Jahr 1999 wurde nur

der Leuchtbakterientest zugrunde gelegt, da zu diesem Zeitpunkt noch keine entsprechende Testpalette etabliert war. Die ab 2007 angegebenen Bewertungen basieren auf Ergebnissen der marinen Biotestpalette (Peters & Ahlf 2003), die neben dem Leuchtbakterientest Untersuchungen mit marinen Algen und teilweise den Sedimentkontakttest mit Schlickkrebse einschließt.

### **Bestimmung des ökotoxikologischen Potenzials der untersuchten Sedimente**

In der

Tabelle 3.5-6 sind die aus den ökotoxikologischen Untersuchungsergebnissen resultierenden Toxizitätsklassen der untersuchten Sedimente aus den Jahren 1999, 2002, 2007, 2009 und 2012 von Ems-km 1,5 bis 70 zusammenfassend dargestellt. Die jeweiligen Einzeldaten finden sich in den angeführten BfG-Berichten (BfG 2001 a, 2002, 2013a, Leuchs et al. 2008, Löffler 2010a). Bei der Untersuchung mehrerer Proben an einem Probenahmebereich (Ems-km) ist in der Tabelle die höhere Toxizitätsklasse angegeben. Entsprechend der Sedimentklassifizierung (Krebs 2000, 2001) sind die Toxizitätsklassen farbig hinterlegt (blau und grün = unbedenklich belastet, gelb = kritisch belastet, rot = gefährlich belastet). Für die untersuchten Sedimente der Ems wurden nicht nachweisbare bis geringe toxische Belastungen festgestellt (Toxizitätsklassen zwischen 0 und II), entsprechend der Richtlinien (HABAB, HABAK, GÜBAK) werden die Wirkungen als unbedenklich eingestuft.

**Tabelle 3.5-6: Ökotoxikologische Klassifizierung der Ems-Sedimente 1999 (BfG 2001a), 2002 (BfG 2002), 2007 (Leuchs et al. 2008, 2009 (Löffler 2010a, GBA 2009), 2012 (BfG 2013a)**

Ems-km	Toxizitätsklasse				
	1999	2002	2007	2009	2012
1,5-2,5				I	
2,0-5,5		0			
6,5-8,5		0			
12,0-13,0		0			
13,0-14,5				0	
23,0-26,5		0			
29,5-34,0		I			
30	II		I		
33	II		II		0
36	II		II		0
39	I		I		
40,8			II		
41	II		II		0
42	II		II	0	I
44	I		0		0
46				0	
47	II		0	0	
50	II		0	0	
55	0		0		
60	0		I		
65	0		0		
72	0		0		
75	0		0		

#### Klappstellen 5 bis 7

Für Sedimente aus der Klappstelle 5 wurde eine sehr geringe toxische Belastung (Toxizitätsklasse I) festgestellt, für die die beiden Klappstellen 6 und 7 repräsentierenden Sedimente wurden keine toxischen Wirkungen mit den eingesetzten marinen Biotesten ermittelt (Toxizitätsklasse 0) (BfG 2000a, 2001a, Leuchs et al. 2008).

#### Klappstelle K2 und Dollart

Für Sedimente aus dem Bereich der Klappstelle K2 im Probetrieb und dazugehörigem Monitoring wurde ebenso kein ökotoxikologisches Belastungspotenzial festgestellt (Toxizitätsklasse 0) (BfG 2008a, 2009, Löffler 2011a).

Mit der marinen Biotestpalette untersuchte Sedimente aus dem Dollart (BfG 2011) zeigten keine oder nur sehr geringe Wirkung (Toxizitätsklasse 0 bis I) und werden ebenfalls als unbedenklich belastet klassifiziert.

### Tidebeeinflusster DEK / Schleuse Herbrum

Sedimente aus dem Vorhafen der Schleuse Herbrum im tidebeeinflussten DEK, von denen Porenwasser und Eluat mit der limnischen Biotestpalette untersucht wurden, sind entsprechend HABAB-WSV klassifiziert und als unbedenklich belastet eingestuft (Toxizitätsklasse 0 bis I) worden (BfG 2010).

#### **3.5.1.3 Zusammenfassung Schadstoffbelastung und Ökotoxikologie**

Die Schadstoffbelastung der Sedimente und Schwebstoffe aus dem betrachteten Ems-Ästuar ist relativ gering.

Für die den tidebeeinflussten Bereich der Ems zwischen Herbrum und Ems-km 75 repräsentierenden Sedimente wurden in den Biotesten keine oder nur geringe ökotoxische Wirkungen festgestellt (Toxizitätsklasse 0 bis II). Damit wird das ökotoxikologische Belastungspotenzial als unbedenklich eingestuft. Relevante Veränderungen sind während des betrachteten Untersuchungszeitraumes nicht zu erkennen, im Bereich Ems-km 30 bis 50 nahm die ohnehin nur geringe toxische Belastung der Sedimente im zeitlichen Verlauf noch ab.

#### **3.5.2 Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen**

Die Bewertung des chemischen Zustandes wurde basierend auf Messungen der Gesamtwasserphase 2011 (NLWKN 2012) an den beiden Stationen Gandersum und Papenburg entsprechend der Oberflächengewässerverordnung und der Richtlinie 2008/105/EG vorgenommen.

Hiernach wurden sowohl in Gandersum als auch in Papenburg in 2011 Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen (UQN) für die nachfolgenden Parameter festgestellt, was auf den gesamten tidebeeinflussten Bereich der Ems übertragbar ist:

- > Tributylzinn
- >  $\Sigma$ (Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen)
- >  $\Sigma$ (Benzo(ghi)perylen, Indeno(1,2,3-cd)pyren)

Ausschlaggebend für die Überschreitung der UQN ist im gesamten tidebeeinflussten Bereich der Ems die hohe Schwebstoffkonzentration. Obgleich der Schwebstoff lediglich relativ geringe Konzentrationen organischer Schadstoffe aufweist, überschreitet die resultierende Schadstoffkonzentration in der Gesamtwasserphase (Wasser + Schwebstoff) die Umweltqualitätsnorm oben genannter Schadstoffe, da der faktoriell eingehende Schwebstoffgehalt sehr hoch ist.

Für die betroffenen Wasserkörper wurde ein nicht guter chemischer Zustand festgestellt.

Bezüglich der ökotoxikologischen Sedimentbewertung sind im Bewirtschaftungsplan nach WRRL (FGG Ems 2009) und im Fachbeitrag Natura 2000 zum IBP Ems (KÜFOG 2014) keine konkreten Angaben vorhanden. Die in der Richtlinie 2008/105/EG vorgeschlagenen Umweltqualitätsnormen (UQN) für Biota von

- 20 µg/kg für Quecksilber und Quecksilberverbindungen und/oder
- 10 µg/kg für Hexachlorbenzol und/oder
- 55 µg/kg für Hexachlorbutadien

(bezogen auf das Nassgewicht des Gewebes) sind nicht durch Messwerte hinterlegt. Umweltqualitätsnormen (UQN) für Sedimente sind nicht enthalten.

Im Fachbeitrag Natura 2000 zum IBP Ems (KÜFOG 2014) ist für das Sublitoral der Funktionsräume 1 und 2 (Außenems bis Ems-km 67,5) eine Bewertung von Schad- und Nährstoffen als Teil der Bewertung des LRT Ästuariens erfolgt. Der Erhaltungszustand für den Teilaspekt „Nährstoffe und Schadstoffe“ wird in beiden Fällen mit „durchschnittlich oder eingeschränkt“ bewertet. Für die oligohaline Zone der Unterems (Funktionsraum 3) ist in KÜFOG (2014) keine Bewertung von Teilaspekten des LRT Ästuariens aufgeführt.

## 3.6 Fauna

### 3.6.1 Charakterisierung des derzeitigen Zustands

#### 3.6.1.1 Makrozoobenthos

##### Außenems (inkl. Emders Fahrwasser)

Für den Zeitraum von 2005 bis 2011 wurden in der Außenems insgesamt 187 Arten und 21 nicht bis zur Art bestimmte Taxa erfasst (IBL & IMS 2012), wobei sich die Taxa auf 16 Großgruppen verteilen. Die größten Gruppen sind hierbei die Crustacea (70 Arten) und Polychaeta (62 Arten) gefolgt von den Mollusca (19 Arten) und Hydrozoa (13 Arten). Von allen 187 Arten in der Außenems sind 24 in der Roten Liste Deutschlands (Rachor 1998) vermerkt. Hierzu gehören z. B. *Alcyonium digitatum* und *Urtica felina* (beide stark gefährdet), *Sertularia cupressina*, *Assimineia grayana*, *Scrobicularia plana* und *Astropecten irregularis*, (alle gefährdet) (IBL & IMS 2012), aber keine der Arten ist nach § 7 (2) BNatSchG besonders geschützt oder in den Anhängen der FFH-Richtlinie aufgeführt. In der Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) von IBL & IMS (2012) werden des Weiteren 16 Arten als sogenannte genuine Brackwasserarten aufgeführt. Bezüglich der Neozoen wurden im Rahmen der UVU insgesamt 22 Arten erfasst.

Aufgrund der mäßigen Abweichung der Artenzusammensetzung, -zahl und Abundanz von der zu erwartenden Zönose, des mittleren Abundanzanteils an sensitiven Arten, der mittleren Anzahl an Brackwasserarten sowie des Vorkommens von 10 Arten der Rote Listen (darunter eine stark gefährdete und zwei gefährdete Arten) wird der Makrozoobenthosbestand in der UVU zur Vertiefung der Außenems im Teilbereich zwischen Emden und der Linie Eemshaven-Pilsum zusammenfassend als „mittel“ bewertet. Seewärts der Linie Eemshaven - Pilsum wird der Makrozoobenthosbestand aufgrund der geringen Abweichung der Artenzusammensetzung, -zahl und Abundanz von der zu erwartenden Zönose, der hohen Dominanz sensitiver Arten, sowie des Vorkommens von 15 Arten der Rote Listen (darunter eine stark gefährdete und eine gefährdete Art) als „hoch“ bewertet (IBL & IMS 2012).

Im Ems-Ästuar kommen eulitorale Miesmuschelbänke auf dem Randzel und dem Hund und Paapsand vor (BioConsult & COFAD 2012, KÜFOG 2014), im Sublitoral wurden versprengte anthropogen verursachte Vorkommen von Miesmuscheln bei Eemshaven gefunden (IBL & IMS 2012).

### Unterems (inkl. DEK)

Das Benthos im Bereich der Unterems ist sehr stark reduziert (Artenzahl und Individuendichte). Hier kommen nur wenige Individuen mit geringen Dichten vor. Die Benthosfauna in der Unterems ist sogar soweit reduziert, dass in diesem Bereich selbst Arten nicht mehr vorkommen, die für die inneren Bereiche von Ästuaren normalerweise typisch sind, für gewöhnlich in sehr hohen Abundanzen auftreten und allgemein als ausgesprochen unempfindlich gelten. Diese Tiergruppe, die Oligochaeten, fehlt in der Unterems vollständig. Erst ab etwa Ems-km 44 lassen sich Oligochaeten in relativ geringen Abundanzen wieder nachweisen (vgl. Nehring & Leuchs 1999; Leuchs et al. 2005).

In der UVU zur Außenemsvertiefung wird der Makrozoobenthosbestand im Teilbereich „Ems Leer bis Dollart“ aufgrund der deutlichen Abweichungen in der Artenzusammensetzung und -zahl von der zu erwartenden Zönose, der mittleren bis geringen Anzahl an Brackwasserarten, der geringen Anzahl an gefährdeten Arten sowie des während der meisten Probenahmetermine sehr geringen Anteils an sensitiven Arten als „gering“ bewertet. Im Teilbereich „Herbrum bis Leer“ wird das Makrozoobenthos aufgrund der sehr deutlichen Abweichungen in der Artenzahl und Artenzusammensetzung von der zu erwartenden Zönose, des Fehlens von gefährdeten Arten sowie des sehr geringen Anteils an sensitiven Arten sogar nur noch als „sehr gering“ bewertet (IBL & IMS 2012).

#### **3.6.1.2 Fische und Rundmäuler**

Aktuelle Daten und Beschreibungen der Fischfauna der Tideems können insbesondere der Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Vertiefung der Außenems entnommen werden (IBL & IMS 2012). Der dort gewählte Betrachtungsraum entsprach dem Ems-km 100 bis zum Wehr Herbrum, schloss also die Unterems mit ein. Innerhalb des Betrachtungsraums konnten zwischen Ems-km 41 bis 100 Daten zu Fischen und Rundmäulern mittels Hamenbefischungen erhoben werden. Darüber hinaus erfolgten weitere Bestandsaufnahmen zwischen Ems-km 0,5 bis 30,5 mittels Hamenbefischungen sowie vereinzelt mittels Reusen und Elektrobefischungen (IBL & IMS 2012).

Im Bereich der Tideems von Herbrum bis zur Linie zwischen Eemshaven und Pilsum wurden so insgesamt 64 Fischarten sowie zwei Neunaugenarten (Meerneunauge, Flussneunauge) nachgewiesen. Die Verbreitung der Fisch- und Neunaugenarten im Längsverlauf des Ästuars wird hierbei im Wesentlichen durch den Salzgehalt bestimmt. Weitere wichtige Einflussfaktoren sind das Nahrungsangebot, die Sauerstoffverhältnisse sowie saisonale Aspekte (z. B. Laichwanderungen).

Von den erfassten Arten werden zehn in den relevanten Roten Listen (RL) für im Süßwasser laichende Arten (Freyhof 2009) bzw. Arten mariner Gewässer (THIEL et al. 2013) aufgeführt. Hierbei ist der Lachs, dessen Nachweis in der Ems auf Besatzmaßnahmen zurückzuführen ist, nach beiden Roten Listen als vom Aussterben bedroht (RL Süßwasser) und die Finte als gefährdet (RL marine Gewässer) bewertet. Das Flussneunauge ist als gefährdet (RL Süßwasser), der Aal als stark gefährdet und der Zwergdorsch als gefährdet eingestuft (RL marine Gewässer). Meerneunauge und Stint stehen auf der Vorwarnliste der RL Süßwasser und der Steinbutt und der Franzosendorsch auf der Vorwarnliste der RL mariner

Gewässer. Die Art Pollack ist eine Art mit geografischer Restriktion d. h. aufgrund der im deutschen Meeresbereich kleinen Verbreitungsgebiete dort potenziell gefährdet (Thiel et al. 2013).

Nach der FFH-Richtlinie werden Finte, Flussneunauge, Meerneunauge, Lachs und Rapfen jeweils in den Anhängen II und V aufgeführt. Zudem sind das Fluss- und das Meerneunauge auch nach dem Bundesnaturschutzgesetz besonders geschützte Arten.

#### Außenems (inkl. Emders Fahrwasser)

Im Übergangsgewässer zwischen Emden und der Linie Eemshaven-Pilsum sowie im Küstengewässer der Ems wurden insgesamt 51 Fisch- und Neunaugenarten nachgewiesen; davon sechs Arten der Roten Listen für Meeres- bzw. Süßwasserfische (Thiel et al. 2013, Freyhof 2009) (Aal, Finte, Flussneunauge, Franzosendorsch, Steinbutt, Pollack,) und drei Arten der Anhänge II und V der FFH-Richtlinie (Finte, Flussneunauge, Meerneunauge) (IBL & IMS 2012).

Die häufigsten Fischarten waren im Herbst 2009 und im Frühjahr 2010 Heringe (Ø Dominanz 41,5 %) und Stinte (Ø Dominanz 23,1 %) (vgl. IBL & IMS 2012). Als dritthäufigste Art ist die Sprotte (Ø Dominanz 16,9 %) und als vierthäufigste Art die Sandgrundel (Ø Dominanz 11,3 %) zu nennen (IBL & IMS 2012). Die größten Gesamtbiomassenanteile im Herbst 2009 und Frühling 2010 entfallen auf Hering (Ø 32,8 %), Stint (Ø 20,8 %), Flussneunauge (Ø 6,8 %) und Flunder (Ø 6,2 %). Die Fischdichte ist insgesamt im Übergangsbereich des Ems-Ästuars am höchsten und wird in IBL & IMS (2012) durchschnittlich mit über 800 Fischen pro Stunde im Hamen mit einer Öffnungsfläche von 80 m<sup>2</sup> angegeben (offene Küstengewässer des Ems-Ästuars Ø über 400 Fische/h/80 m<sup>2</sup>). Die Bedeutung dieses Emsabschnittes (Übergangsgewässer des Ems-Ästuars) für den Fischbestand wird als „hoch“ bewertet (IBL & IMS 2012). Als Gründe hierfür sind die hohe Artenzahl und der hohe Anteil an nachgewiesenen Arten der Referenzartenliste herangeführt. Dieser Teilbereich übernimmt wichtige Funktionen als Fortpflanzungs- und Aufwuchshabitat für viele lebensraumtypische Arten inkl. gefährdeter und geschützter Arten. Darüber hinaus fungiert dieser Abschnitt als Adaptationsraum für diadrome Fischarten, die sich bei ihren Wanderungen in diesem Abschnitt auf wechselnde Salzkonzentrationen einstellen.

Die Abundanzen der lebensraumtypischen Arten weichen jedoch - mit Ausnahme des Herings - deutlich vom typspezifischen Referenzzustand dieses Abschnittes ab. Beispielsweise werden die Abundanzen der Flunder als „sehr gering“, die verschiedener Altersstadien der Stinte als „sehr gering“ bzw. „gering“ und die adulter und subadulter Finten in einzelnen Jahren als „sehr gering“ bewertet (IBL & IMS 2012). Während sich die Bestandssituation der Finte in der gesamten Nordsee und den deutschen Zuflüssen Weser und Elbe zu erholen scheint (vgl. Neudecker & Damm 2005; Magath & Thiel 2013), kann der Erhaltungszustand der Fintepopulation in der Ems nach wie vor als hoch defizitär bezeichnet werden (FGE EMS 2012). Die Ursachen für die geringen Abundanzen der genannten Arten sind vorwiegend auf Beeinträchtigungen der Lebensbedingungen für Fische im Bereich der Unterems, in der die Reproduktions- und Aufwuchsgebiete dieser Arten zu finden sind, zurückzuführen (s. u.).

### Unterems (inkl. DEK)

Für die Unterems werden in IBL & IMS (2012) Nachweise von insgesamt 50 Fisch- und Neunaugenarten genannt; davon sieben Arten der Roten Listen mariner Gewässer bzw. im Süßwasser reproduzierender Arten (Aal, Finte, Flussneunauge, Lachs, Stint, Steinbutt, Zwergdorsch) (Thiel et al. 2013; Freyhof 2009) und fünf Arten der Anhänge II und V der FFH-Richtlinie (Finte, Flussneunauge, Lachs, Meerneunauge, Rapfen).

Die häufigsten Fischarten im oligohalinen Abschnitt flussabwärts von Leer sind der Stint und artlich nicht bestimmte Grundelarten (*Pomatoschistus* spp.). Im limnischen Abschnitt zwischen Leer und Papenburg nehmen die Dominanzen der limnischen Fischarten, z. B. Güster und Brassen deutlich zu (IBL & IMS 2012), wobei die Abundanz des Stints mit über 78 % (Ø Herbst 2010 und Frühjahr 2011) immer noch sehr groß ist. In dem ebenfalls limnischen Flussabschnitt flussaufwärts von Papenburg bis Herbrum nimmt die Bedeutung des Stints (Abundanz 11,4 %) ab und für die Arten Aal (26 %) Kaulbarsch (11,4 %), Brassen (10,6 %) und Flunder (10,6 %) zu (Ø Herbst 2010 und Frühjahr 2011) (IBL & IMS 2012). Die Dichte an Fischen ist insgesamt (oligohaliner und limnischer Abschnitt) deutlich geringer als in dem meso- und polyhalinen Bereich der Außenems. Hierbei ist die Fischdichte im oligohalinen Abschnitt nach IBL & IMS (2012) durchschnittlich mit rund 560 Fischen pro Stunde im Hamen mit einer Öffnungsfläche von 80 m<sup>2</sup> noch deutlich höher als im limnischen Abschnitt mit nur 130 Fischen.

Dem oligohalinen Abschnitt der Unterems wird eine „mittlere Bedeutung“ für den Fischbestand beigemessen (IBL & IMS 2012). Bewertungsrelevant war der mittlere Anteil an Referenzarten für diesen Bereich, der geringe Abundanzanteil des für diesen Bereich charakteristischen Kaulbarschs und der hohe Anteil limnischer, strömungsindifferenter Fischarten wie Brassen, Güster und Rotaugen. Die lebensraumtypischen Arten Flunder, Kaulbarsch, Finte und Stint weisen sehr geringe Abundanzen auf und deuten auf eine deutliche Störung der typspezifischen Fischgemeinschaft hin. Dem limnischen Abschnitt der Ems wird eine „geringe Bedeutung“ für den Fischbestand beigemessen (IBL & IMS 2012). Als Grund hierfür kann die geringe Dominanz der für diesen Abschnitt in Laves (2010) als Leitarten definierten Fischarten (Aal, Aland, Brassen, Dreistachliger Stichling, Flunder, Güster, Kaulbarsch, Rotaugen, Stint und Ukelei) angeführt werden (IBL & IMS 2012). Zudem sind vorwiegend strömungsindifferente und unspezialisierte Arten verbreitet und bis auf den Stint sind nur wenige Jungfische nachweisbar (IBL & IMS 2012). Somit ist die ökologische Funktion als Fortpflanzungs- und Aufwuchsgebiet kaum gegeben. Obwohl die Bedeutung des Fischbestandes innerhalb der Unterems stromaufwärts abnimmt hat der stromaufwärts gelegene Abschnitt der Ems zumindest zeitweise eine wichtige Funktion als Wanderkorridor z. B. für die Arten Flussneunauge und Aal (IBL & IMS 2012). Darüber hinaus dient er einigen, gegenüber geringen Sauerstoffkonzentrationen toleranten Arten ganzjährig als Nahrungsgebiet (z. B. Aal), während die Funktion als Reproduktionsgebiet für viele Arten derzeit nicht mehr vorhanden ist (z. B. Finte). Regelmäßig, aber in geringen Dichten, konnten in diesem Gewässerabschnitt adulte Finten nachgewiesen werden (BioConsult 2007b, IBL & IMS 2012), im Herbst des Jahres 2006 auch juvenile Tiere (BioConsult 2006a); beide Altersstadien sehr wahrscheinlich aus benachbarten Ästuaren stammend (IBL & IMS 2012). Nach BioConsult (2007) wandern adulte Finten in die Unterems zum Abbläuen zwar sehr

vereinzelt ein, jedoch konnte keine erfolgreiche Reproduktion in diesem Abschnitt nachgewiesen werden. Derzeit gibt es in der Ems daher mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit keine sich selbst erhaltende Fintenpopulation. Die ehemals ausgeprägte fischökologische Bedeutung kann somit derzeit nur temporär und für einige Fisch- und Neunaugenarten erfüllt werden.

Die Beeinträchtigungen der Fischfauna der Unterems resultieren im Wesentlichen aus den extrem erhöhten Schwebstoffkonzentrationen, die sich über zeitweise geringe Sauerstoffgehalte nachteilig auf die Funktion der Unterems als Nahrungshabitat, Laichgebiet (insbesondere Finte und Stint) und als Wanderkorridor auswirken. Derzeitig sind in der Unterems keine geeigneten Laichhabitats für die ehemals charakteristischen Fischarten Stint und Finte vorhanden und die Überlebensbedingungen für Eier und Larven sind schlecht (vgl. Bos et al. 2012). Als Hauptursache hierfür sind die Sauerstoffdefizite in den Monaten Mai bis Oktober anzusehen, die im Kapitel 3.4.1 ausführlich beschrieben sind. Aber auch der hohe Gehalt an Trübstoffen im Wasser reduziert zusammen mit dem geringen Sauerstoffgehalt das Besiedlungspotenzial der Ems. Die Sauerstoffdefizite sind auch als Hauptursache für die geringe Anzahl an Fischarten mit einer hohen Sensibilität gegenüber geringen Sauerstoffkonzentrationen und einer geringen Fischbiomasse, insbesondere im limnischen Bereich der Unterems, zu sehen.

Die Auswirkungen der Wasserentnahme der Emskraftwerke auf die Fischfauna durch die direkte Entnahme von Tieren sowie die Folgen der thermischen Belastung des Kühlwassers lassen sich derzeitig noch nicht genauer quantifizieren (vgl. Bos et al. 2012).

Weiterhin wirken sich strukturelle Defizite in der Unterems (geringe Anteile an Flachwasserzonen, Alt- und Nebenarmen), aber insbesondere auch in weiter stromauf gelegenen Gebieten (z.B. zu wenig gut strukturierte Laichplätze für Lachs und Neunaugen) nachteilig auf eine intakte Fischartenzusammensetzung aus. Zudem wird die funktionale Bedeutung der wenigen Flachwasserzonen und Alt- und Nebenarme für Fische durch die beschriebene Akkumulation von Feinsubstraten deutlich reduziert. Somit stehen die für viele Fischarten benötigten ursprünglichen Substrate durch die zunehmende Belastung mit Fluid Mud als Nahrungs- und Reproduktionsraum nahezu nicht mehr zur Verfügung. Ferner wirkt sich, trotz erster Verbesserungen durch den Bau einiger Fischaufstiegsanlagen, die große Anzahl noch fischunpassierbarer Querbauwerke im Einzugsgebiet nachteilig auf die Bestände wandernder Fisch- und Neunaugenarten aus.

### **3.6.1.3 Avifauna**

Im Bereich der Außenems kommen insgesamt zwölf Brutvogelarten vor (vgl. IBL & IMS 2012). Mit Feldschwirl, Kuckuck, Schilfrohrsänger und Wiesenpieper sind darunter vier in Niedersachsen gefährdete Arten, mit Rotschenkel sogar eine stark gefährdete (Krüger & Oltmanns 2007). Blaukehlchen und Rotschenkel sind nach BNatSchG streng geschützt, zudem ist das Blaukehlchen Art des Anhangs I der EU-Vogelschutzrichtlinie (VS-RL). Vor allem ist der Bereich des südlichen Dollarts mit großflächigen Schilfbeständen und Salzwiesen für viele Brutvögel ein wichtiges Refugium, wie auch alle Bereiche entlang der Ems, wo ähnliche Habitats vorkommen.

Der Betrachtungsraum der UVU zur Außenemsvertiefung für die Brutvögel umfasst Vordeichsflächen, Watt- und Wasserflächen von Leer bis zur Knock. Von 37 Brutvogelerfassungsgebieten in diesem Betrachtungsraum weisen acht Gebiete eine hohe Bedeutung und alle weiteren eine sehr hohe Bedeutung auf (IBL & IMS 2012).

In den Gastvogelzählgebieten des NLWKN wurden 95 Gastvogelarten nachgewiesen (IBL & IMS 2012). 36 Arten erreichen in den Gastvogelzählgebieten mindestens lokal bedeutende Bestandsgrößen. International bedeutsame Bestände werden von der Nonnengans, dem Säbelschnäbler und der Spießente erreicht (vgl. IBL & IMS 2012).

Im Rahmen der UVU zur Außenemsvertiefung wurden bei Erfassungen 2009 - 2010 insgesamt 42 gastierende Arten nachgewiesen, darunter 12 streng geschützte Arten.

Aufenthaltsschwerpunkte von Eiderenten sind die Westseite von Borkum, die Fischerbalje, die Watten und Priele am Emshörngat, der Blinde Randzelgat und der Hundsand.

#### **3.6.1.4 Meeressäuger**

Es werden die Meeressäugerarten Schweinswal (*Phocoena phocoena*), Seehund (*Phoca vitulina*) und Kegelrobbe (*Halichoerus grypus*) betrachtet, die alle im Anhang II der FFH-RL aufgeführt sind.

Die geschätzte Schweinswaldichte in der deutschen Bucht schwankte in den letzten Jahren zwischen 11.000 bis 51.000 Individuen (Gilles et al. 2007), so dass in der Nordsee von einer durchschnittlichen Dichte von knapp über einem Tier pro Quadratkilometer ausgegangen werden kann (Gilles et al. 2010). Im Frühjahr finden sich Schweinswale vor allem im Bereich des Borkum Riffgrunds und bei Sylt (Gilles et al. 2007). In Bezug auf die Außen- und Unterems kann aufgrund dieser starken Konzentration außerhalb des Ästuars davon ausgegangen werden, dass das Ästuar als Lebensraum für Schweinswale nur eine untergeordnete Rolle spielt. Schweinswale werden ab und an im Bereich der Außenems gesichtet. Es könnte sich hierbei zumindest saisonal um ein Nahrungsgebiet handeln. Hinsichtlich der Aussagekraft der Schweinswalsichtungen wird jedoch im Fachbeitrag 1 zum IBP Ems darauf hingewiesen, dass es sich nicht um systematische Erhebungen sondern um reine Zufallsbeobachtungen handelt, die zudem auch von Laien durchgeführt werden. Belastbare Erkenntnisse zum Vorkommen der Art in der Außenems gibt es daher noch nicht.

In der UVU zur Außenemsvertiefung wird das Gebiet zwischen Knock und Borkum als „mittel“ und der Emsabschnitt zwischen Knock und Gandersum als „gering“ für den Bestand der Schweinswale bewertet (IBL & IMS 2012).

Anders verhält es sich in Bezug auf die Seehunde. Sie nutzen regelmäßig Sandbänke im Dollart und in der Außenems als Ruheplätze und sind vor allem im nördlichen Hund-Paap-sand, im westlichen Randzel und im Bereich des hohen Riffs nordwestlich vor Borkum zu finden. Der Seehund ist aufgrund der positiven Bestandsentwicklung in der Roten-Liste Deutschlands als „ungefährdet“ eingestuft. Für die Populationsentwicklung sind ungestörte

Ruheplätze entscheidend. Dies gilt insbesondere für die Sommermonate (Geburt, Aufzucht und Paarung).

In der UVU zur Außenemsvertiefung wird der Bestand der Seehunde im Teilbereich von Borkum bis Knock sowie im westlichen Dollart als „hoch“ und im Teilbereich Knock bis Gandersum als „mittel“ bewertet (IBL & IMS 2012).

Kegelrobben nutzen regelmäßig die Sandbänke im westlichen Randzel und auf dem Hohen Riff nord-westlich vor Borkum. Jungtiere wurden bisher in geringer Anzahl ausschließlich im Bereich des hohen Riffs nordwestlich vor Borkum gesichtet (max. acht Jungtiere im Winter 2008/2009, ein Jungtier im Januar 2011). In der UVU zur Außenemsvertiefung wird der Betrachtungsraum von Borkum bis Knock mit hoch bewertet. Von Knock bis Gandersum kommen keine Kegelrobben vor (IBL & IMS 2012).

### **3.6.2 Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen**

#### **3.6.2.1 Makrozoobenthos**

Im Rahmen der Bestandsbewertung für den Bewirtschaftungsplan gemäß WRRL von 2009 wurde die Qualitätskomponente Makrozoobenthos im Bereich der Unterems (Papenburg bis Pogum) als „schlecht“ (ökologisches Potenzial), zwischen Pogum bis Linie Eemshaven - Pilsum als „mäßig“ (ökologisches Potenzial) und seewärts von Eemshaven - Pilsum als „mäßig“ (ökologischer Zustand) bewertet (NLWKN 2010 & 2012). Auch für den Bereich vom Wehr Herbrum bis Papenburg ist eine aktuelle vorläufige Bewertung in NLWKN (2012) „schlecht“, die bisherige Einstufung ist „unbefriedigend“.

Im Fachbeitrag Natura 2000 zum IBP Ems (KÜFOG 2014) ist für die Funktionsräume 1 und 2 (Pogum bis Ems-km 67,5, inkl. Dollart) eine Bewertung der lebensraumtypischen Zönose des Makrozoobenthos als Teil der Bewertung des LRT Ästuarien erfolgt. Für den Funktionsraum 1, den polyhalinen Bereich, ist die Bewertung „zwischen hervorragend und durchschnittlich“. Begründet wird dies mit dem Vorkommen einer hohen Anzahl lebensraumtypischer und sensibler, teilweise gefährdeter Arten (allerdings zumeist nur in geringer Präsenz). Der Teilaspekt Miesmuschel für den Hund und Paapsand würde nach KÜFOG (2014) aktuell vermutlich noch als günstig bewertet, die Entwicklung der Bestände sei jedoch unsicher. Das Makrozoobenthos im Sublitoral des Funktionsraums 2, also der mesohalinen Zone, wurde mit „durchschnittlich oder eingeschränkt“ bewertet, da hier lebensraumtypische und sensible Arten nur mit geringer Stetigkeit gefunden wurden; die Bewertung für das Eulitoral ist hier aufgrund der hohen Stetigkeit lebensraumtypischer Arten trotz des Fehlens einiger Arten (z. B. Miesmuscheln) „zwischen hervorragend und durchschnittlich“. Allerdings wird für eine fundierte Bewertung beider Funktionsräume (1 und 2) die Einrichtung zusätzlicher Messstationen als notwendig angesehen.

Für die oligohaline Zone der Unterems (Funktionsraum 3) ist in KÜFOG (2014) keine Bewertung von Teilaspekten des LRT Ästuarien aufgeführt, bei der Beschreibung der lebensraumtypischen Makrozoobenthoszönose wird jedoch hervorgehoben, dass die Zönose flussaufwärts stark verarmt und nur noch wenige Arten bei Beprobungen gefunden werden.

Im Funktionsraum 4 sind keine FFH-Lebensraumtypen erfasst, für deren Bewertung das Makrozoobenthos relevant ist.

### **3.6.2.2 Fische und Rundmäuler**

Die WRRL-Qualitätskomponente Fischfauna wird in den Küstengewässern, d. h. seewärts einer gedachten Linie von Eemshaven nach Pilsum nicht bewertet. Das fischökologische Potenzial des Übergangsgewässer Ems (Linie Eemshaven-Pilsum bis Leer) sowie des Wasserkörpers zwischen Papenburg und Leer werden mit „mäßig“ angegeben (NLWKN 2012). Diese Bewertung der Fischzönose beruht insbesondere auf den Bestandsaufnahmen aus dem Monitoring der letzten Jahre vor der Veröffentlichung im Jahr 2012 (NLWKN 2012). Als Ursachen werden in NLWKN (2012) u. a. die extrem schwebstoffreichen und zeitweise sauerstoffarmen Bedingungen in der Unterems, die sich beeinträchtigend auf die Vermehrung diadromer Fischarten (z. B. Finte und Stint) auswirken, genannt. Ferner werden Migrationsbarrieren zwischen Ems/Leda und Oberläufen bzw. Zuflüssen als beeinträchtigender Faktor für die Fischbestände angeführt (NLWKN 2012). Das fischökologische Potenzial der Unterems von Herbrum bis Papenburg wird mit unbefriedigend angegeben (NLWKN 2012). Artenzahl und Individuendichten dieses Wasserkörpers sind aufgrund der ungünstigen Sauerstoffbedingungen deutlich reduziert (BioConsult 2008).

Eine zusammenfassende Bewertung des Erhaltungszustands relevanter Fische und Rundmäuler der FFH-Richtlinie in den Natura 2000 Gebieten des Betrachtungsraumes Tideems befindet sich ohne eine Differenzierung nach Funktionsräumen in Laves (2012). Die Betrachtung lebensraumtypischer Arten und die Beschreibung der funktionalen Bedeutung erfolgt hingegen differenziert nach den vier „Funktionsräumen“ der Ems in KÜFOG (2014 in Anlehnung an Laves 2012).

#### Funktionsraum 1 (polyhaline Zone der Außenems bis km 67,5) und Funktionsraum 2 (mesohaline Zone)

Der Funktionsraum 1 und 2 dient den anadromen Wanderfischen als Sammelraum zur Anpassung der Osmoregulation sowie zur Synchronisierung der Laichwanderung (KÜFOG 2014). Die Bewertung der lebensraumtypischen Zönose als Teil der Bewertung des LRT Ästuarien in KÜFOG (2014) ist „zwischen hervorragend und durchschnittlich“ für den Funktionsraum 1 und „durchschnittlich oder eingeschränkt“ für den Funktionsraum 2.

#### Funktionsraum 3 (oligohaline Zone)

Der Funktionsraum 3 dient insbesondere den anadromen Wanderarten als Wanderkorridor zu ihren Laichplätzen bzw. in umgekehrter Richtung zu ihren Nahrungsgebieten im Meer (Finte, Lachs, Flussneunauge, Meerneunauge). Für die Finte dient der flussaufwärtsgelegene Abschnitt des Funktionsraum 3 (Unterlauf der Leda, sowie flussaufwärts von Leer) als potenzieller Laichplatz (BioConsult 2007a), wobei die Funktion aufgrund der schlechten Wasserqualität (insbesondere geringe Sauerstoffgehalte) mittlerweile stark herabgesetzt ist (KÜFOG 2014). Es wurde keine Bewertung der lebensraumtypischen Zönose als Teil der Bewertung des LRT Ästuarien in KÜFOG (2014) vorgenommen.

#### Funktionsraum 4 (Limnische Zone der Unterems einschließlich tidebeeinflusstem DEK)

Der Funktionsraum 4 dient insbesondere den anadromen Wanderarten als Wanderkorridor zu ihren Laichplätzen bzw. in umgekehrter Richtung zu ihren Nahrungsgebieten im Meer (Finte, Lachs, Flussneunauge, Meerneunauge). Der flussabwärts gelegene Abschnitt des Funktionsraums 4 diente ehemals als Laichgebiet für die Finte, wobei die Funktion aufgrund der schlechten Wasserqualität (insbesondere geringe Sauerstoffgehalte) mittlerweile stark herabgesetzt ist (KÜFOG 2014). Zudem werden in dem Funktionsraum 4 auch noch die Fischarten Steinbeißer, Groppe und Schlammpeitzger mit dem Erhaltungszustand C aufgeführt. Diese Arten haben jedoch ihren Verbreitungsschwerpunkt stromauf von Herbrum und liegen somit außerhalb des Betrachtungsraumes.

Für die FFH-Art Finte des Anhangs II ergibt sich für das Übergangsgewässer Ems (IBP-Funktionsräume 1, 2 und 3) ein Erhaltungszustand von C (mittel bis schlecht), wobei hierbei die Bewertungskriterien „Zustand der Population“, „Habitatqualität“ und „Beeinträchtigungen“ in gleicher Gewichtung bewertet wurden (Laves 2012). Auch im Funktionsraum 4 wird der Erhaltungszustand der Finte mit C „mittel bis schlecht“ bewertet (KÜFOG 2014). Die Beeinträchtigung im Übergangsgewässer Ems und der limnischen Zone als Migrationsroute wird für die FFH-Arten Flussneunauge mit B (mittel), für das Meerneunauge und den Lachs mit C (stark) bewertet (Laves 2012).

#### **3.6.2.3 Meeressäuger**

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

Alle drei Arten sind jedoch Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie und ihr Erhaltungszustand wird daher im Fachbeitrag Natura 2000 zum IBP Ems (KÜFOG 2014) für die Funktionsräume 1 und 2 (Außenems bis Ems-km 67,5) bewertet.

Schweinswale werden für beide Funktionsräume aufgrund der großen Wissensdefizite als „unbekannt“ (u) eingestuft. Der Bereich stellt derzeit vermutlich keinen wesentlichen Bestandteil für den Schweinswal dar, er wird als Wanderungsraum und Nahrungsgebiet genutzt (KÜFOG 2014).

Bei einer Gesamtbewertung des Erhaltungszustands des Seehunds für die Funktionsräume 1 und 2 (Pogum bis Ems-km 67,5, inkl. Dollart) ergibt sich aufgrund der vorherrschenden Ausprägung eine Gesamtbewertung mit II „zwischen hervorragend und durchschnittlich“. Die Begründung ergibt sich - bei positiver Bestandsentwicklung - aus der geringen Zahl von Jungtieren, aus der relativ großen Entfernung von Nahrungshabitaten von den Liegeplätzen auf dem Hund und Paapsand sowie aus Beeinträchtigungen wie Schiffsverkehr und Baggergutverklappungen (KÜFOG 2014).

Die Kegelrobbe wurde in dem im IBP Ems betrachteten Teil der Außenems (bis km 67,5) bisher nur in Einzelexemplaren beobachtet. Das Vorkommen der Art wird daher für die Funktionsräume 1 und 2 als nicht signifikant (D) bewertet (KÜFOG 2014).

### 3.6.2.4 Avifauna

Vögel spielen bei der Bewertung nach WRRL keine Rolle.

Der Erhaltungszustand der meisten wertbestimmenden Gastvogelarten in europäischen Vogelschutzgebieten bzw. bewerteten Teillebensräumen im Betrachtungsraum des IBP Ems ist II „zwischen hervorragend und durchschnittlich“, teilweise sogar I „hervorragend“ (KÜFOG 2014). Im unteren Teil der Unterems (nördlich Jemgum/ab ca. Ems-km 20) und am Ostufer des Dollart sind Außendeichbereiche vom NLWKN als Gastvogellebensräume von internationaler Bedeutung eingestuft worden (KÜFOG 2014).

Der Erhaltungszustand vieler Brutvogelarten ist dagegen „durchschnittlich oder beschränkt“ (III). Dies begründet sich vielfach in einem schlechten Erhaltungszustand der Population (geringe bis nicht mehr vorhandene Populationsgröße in Verbindung mit einem abnehmenden Bestandstrend). Oft werden auch Beeinträchtigungen und damit verbundene ungünstige Veränderungen in der Habitatqualität als Ursache genannt, z. B. im südlichen Dollart Entwässerungsmaßnahmen hinsichtlich des Erhaltungszustandes der Limikolen (KÜFOG 2014).

## 3.7 Vegetation

### 3.7.1 Charakterisierung des derzeitigen Zustands

Die Vegetation des Ems-Ästuars folgt in ihrer räumlichen Abfolge (Zonierung) den ausgeprägten Längs- und Quergradienten des Ästuars. Der wichtigste Standortfaktor für die Vegetation im Längsverlauf des Gewässers ist der Salzgehalt in der Bodenlösung. Im Querprofil ordnen sich die Vegetationszonen anhand des Tideregimes an, wobei der Lage des MThw die größte Bedeutung zukommt. Strömungsverhältnisse bestimmen über die Korngrößenverteilung des Substrats die Vegetationszusammensetzung mit.

Ungenutzte Bereiche des Ems-Ästuars und breite Vorländer unter extensiver landwirtschaftlicher Nutzung tragen eine naturschutzfachlich wertvolle ästuartypische Vegetation. Der tidebeeinflusste 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. Unbefestigte Ufer werden durch den Bewuchs vor Erosion geschützt. Die Vegetation dient zudem als Zeiger für den Gesamtzustand des Systems, unter anderem als Indikator für den Erhaltungszustand von FFH-Lebensraumtypen. Die Makrophytenvegetation ist eine der biologischen Qualitätskomponenten zur Bewertung des ökologischen Zustands nach Wasserrahmenrichtlinie. Änderungen der Ästuar-morphologie, des Tidehubs, der Nährstoffverhältnisse oder der Nutzung lassen sich an den Vegetationsverhältnissen ablesen. Beispielsweise lassen sich langfristig ablaufende Erosions- und Sedimentationsprozesse im Sub- und Eulitoral an der Dynamik der Vegetation ungesicherter Ufer erkennen, wie Schröder (2005) für das Elbe-Ästuar zeigen konnte.

Durch den Ausbauzustand des Gewässers, Hochwasserschutz, Urbanisierung und landwirtschaftliche Nutzung sind allerdings nur wenige naturbetonte Flächen vorhanden. Defizite

bestehen durch die zu geringe Ausdehnung von Vorländern, die steilen Ufer mit Ufersicherungen und die intensive landwirtschaftliche Nutzung und Entwässerung. Des Weiteren gilt nach wie vor die hohe Nährstoffbelastung aus diffusen Quellen als Ursache für Defizite (NLWKN 2012). Ästuartypische Vegetationsbestände sind daher oft nur kleinräumig mit zu geringem Vernetzungsgrad entwickelt. Pflanzenmasse, Zonierung oder Artenzusammensetzung weichen oftmals deutlich vom naturnahen Zustand ab.

Im Folgenden wird auf die für das Sedimentmanagement relevante tidebeeinflusste Vegetation des Eulitorals eingegangen. Ständig untergetauchte aquatische Vegetation des Sublitorals ist im Untersuchungsgebiet nicht vorhanden.

#### Außenems (inkl. Emders Fahrwasser und Dollart)

Neben der Fahrrinne der Ems und den Flachwasserzonen des Küstenmeeres prägen ausgedehnte, von Prielen durchzogene, bei Ebbe trocken fallende Wattflächen das Ästuar der Außenems. Im weitgehend vegetationslosen Watt kommen stellenweise Seegraswiesen, Queller- und Schlickgrasbestände vor.

Die Seegraswiesen des Wattenmeeres werden durch die Arten Zwerg-Seegras (*Zostera noltii*) oder das Gewöhnliche Seegras (*Zostera marina*) aufgebaut. Heute beschränken sich die Seegraswiesen des europäischen Wattenmeeres auf das Eulitoral. 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. Nach derzeitigem Kenntnisstand werden sich diese Bestände und Wuchsformen nicht wieder etablieren. Das Gewöhnliche Seegras ist heute nur noch als einjährige Varietät mit einer schmalblättrigen Wuchsform vertreten (Bio-Büro Kolbe 2006, NLWKN & SUBV 2012). Seegraswiesen gelten nach der Roten Liste der Biotoptypen (Riecken et al. 2006) als stark gefährdet und stehen unter Naturschutz (Hinsichtlich der Auswirkungen der Unterhaltung ist in der Unterems der Baggervorgang der Prozess, der am ehesten negative Auswirkungen). Die beiden Seegrasarten gehören zur Liste der zu beobachtenden Arten des TMAP (Trilateral Monitoring and Assessment Program) der dänisch-deutsch-niederländischen Wattenmeerkooperation (Adolph et al. 2003, BfG 2008b).

Nach der von De Jong et al. (2005) erarbeiteten Lebensraumeignungskarte für die beiden Seegras-Arten im niederländischen Wattenmeer (abgedruckt in NLWKN & ZiltWater Advies 2013) gibt es im Eulitoral der Außenems kaum geeignete Standorte für Seegras. Da Seegrasvorkommen vom Redoxpotenzial des Porenwassers ihrer Substrate und vom Lichtgenuss in der Wassersäule abhängen, kann Seegras in der Außenems nur in einem relativ schmalen Höhenband einige Dezimeter unter dem mittleren Tide-Wasserstand optimal gedeihen (van der Heide et al. 2009). Nach den Habitatmodellen, die der Lebensraumeignungskarte zugrunde liegen, kommen nur das Randzel, Hund-Paapsand und Voolhok als geeignete Wattflächen für eine Seegrasbesiedelung in Frage.

In der Außenems lag das wichtigste Vorkommen des Gewöhnlichen Seegrases auf den Wattflächen des Hund-Paapsand. Die Bestandsentwicklung wurde hier durch NLWKN &

ZiltWater Advies (2013) auf der Basis jährlicher deutscher und niederländischer Daten von 1995 bis 2011 und einer Begehung im Jahr 2012 analysiert. Das Gewöhnliche Seegras zeigte von 1995 bis zum Jahr 2004 einen relativ kontinuierlichen Zuwachs, die Seegraswiesen auf Hund-Paapsand erreichten eine maximale Ausdehnung von 300 ha. Zu dieser Zeit galten sie als die größten zusammenhängenden Bestände Niedersachsens (Adolph 2010). Seit dem Jahr 2005 musste ein kontinuierlicher Abwärtstrend hinsichtlich der Dichte und Ausdehnung der Seegraswiesen festgestellt werden. Der Rückgang des Seegrases lief dem allgemeinen Trend in den niedersächsischen Küstengebieten, in denen sich die Art langsam ausbreitet, entgegen. Der Verbreitungsschwerpunkt des Gewöhnlichen Seegrases hat sich damit von der Emsmündung in die Wattbereiche zwischen Weser und Elbe verlagert und größere zusammenhängende Seegraswiesen kommen in der Außenems nicht mehr vor (Adolph 2010).

In ihrer Analyse der Seegraswiesendynamik auf Hund-Paapsand kommen NLWKN & ZiltWater Advies (2013) zu dem Ergebnis, dass vor allem die Morphodynamik der Wattflächen des Hund-Paapsand verantwortlich für diese Entwicklung ist, möglicherweise in Kombination mit Nährstoffeinträgen und einer Erhöhung der suspendierten Sedimentfracht. Die Zunahme der Seegrasbestände zwischen den Jahren 1995 und 2004 wurde mit einem Sedimenteintrag und damit dem Wachstum der Wattflächen vor allem in den Jahren 1999 bis 2002 in Verbindung gebracht. Die danach einsetzende Absenkung der Wattflächen könnte mit dem Bau des Zeehavenkanaals Delfzijl und einer dadurch veränderten Hydrodynamik, aber auch mit Landabsenkungen durch die Erdgasförderung zusammenhängen. Aufgrund der morphologischen Veränderungen werden sich Seegraswiesen in nennenswertem Ausmaß auf Hund-Paapsand in naher Zukunft nicht wieder etablieren (NLWKN & ZiltWater Advies (2013)).

Außerhalb von Hund-Paapsand kommen heute die bedeutendsten Seegrasbestände im Ems-Ästuar auf dem Randzel vor. Die vor allem von Zwerg-Seegras aufgebauten Bestände zeigten keine Rückgangstendenz wie auf Hund-Paapsand (Adolph 2010, IBL & IMS 2012). Des Weiteren wurde ein Bestand des Gewöhnlichen Seegrases bei Voolhok in der Bucht von Watum an der holländischen Küste, unmittelbar nördlich des Hund-Paapsand entdeckt. Die im Jahr 2003 nachgewiesenen Bestände erreichten bisher maximal 15 ha Ausdehnung. Sie zeigten ebenfalls keine so ausgeprägte Abnahmetendenz wie im benachbarten Hund-Paapsand (NLWKN & ZiltWater Advies 2013). In den vorgelagerten Wattflächen des Rysumer Nackens wurde erstmals von Adolph (2010) ein Einzelvorkommen des Zwerg-Seegrases (*Zostera noltii*) nachgewiesen.

Als weiterer Bewuchs des Watts mit höheren Pflanzen kommen in einem Höhenband von etwa MThw bis MThw-40 cm Schlickgrasbestände und Quellerfluren vor, etwa auf den ausgedehnten Wattflächen des Dollart und den breiten Watten des Knock. Am Mahlbusen findet sich kleinräumig eine ästuartypische Zonierung aus Wattflächen, Schlickgras- und Quellerbeständen, Salzwiesen, Strandsimsen- und Schilf-Röhricht. Bei Delfzijl hat sich außendeichs auf einer durch Aufspülung entstandenen Fläche eine naturnahe Küstenvegetation eingestellt.

Einer ästuartypischen Vegetationszonierung stehen vielerorts, z. B. zwischen Emden und Knock, die naturfernen Küstenschutzbauwerke und Ufersicherungen entgegen (BfG 2008b, IBL & IMS 2012). Limitierend auf die Entwicklung der Queller- und Schlickgrasvegetation wirkt sich möglicherweise auch die zu feine Korngrößenzusammensetzung des Schlicks aus (NLWKN 2012).

Die Vorlandvegetation der Außenems besteht im Bereich des MThw und wenige Dezimeter oberhalb dieses Höhenniveaus aus Salzwiesen mit unterschiedlicher Beweidungsintensität. Ufer und nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen können Brackwasserröhricht tragen.

Die breitesten Vorlandflächen liegen rund um den Dollart und auf der Halbinsel Punt van Reide. Das bis zu 1.200 m breite Vorland wird von Salzwiesen geprägt, die ein dichtes Gruppen- und Grabensystem aufweisen, auf Punt van Reide sind Kleingewässer eingestreut. Die Salzwiesen werden überwiegend mit Rindern intensiv beweidet, auf Punt van Reide auch mit Schafen. Ungenutzte Bereiche mit von Schilf dominiertem Brackwasser-Röhricht befinden sich im Mündungsbereich der Westerwoldschen Aa und im Vorland bei Pogum (IBL 1997, IBL & IMS 2012, Liebenstein & Backfisch 1990, 2008). Je nach Feuchtegrad, Mikrorelief und lokaler Beweidungsintensität zeigen die Salzwiesen ein struktur- und artenreiches Vegetationsmosaik.

In den Salzwiesen sind naturnahe Prielstrukturen mit einer tidegesteuerten Morphodynamik aus Erosion und Akkumulation defizitär. Die Ufer unterliegen aus vegetationskundlicher Sicht einer zu geringen Morphodynamik, so dass kleinräumige artenreiche Störungszonen fehlen. Das Spektrum der Salzwiesen- und Brackwasser-Biototypen wird in der Roten Liste der Biotypen als stark gefährdet bis gefährdet eingestuft, die Bestände stehen unter Naturschutz (§28a NNatG) und gelten als Biotypen von besonderer Bedeutung sowie als bedingt oder schwer regenerierbar (Riecken et al. 2006, Bierhals et al. 2004).

#### Unterems (inkl. DEK)

Die Unterems mit tidebeeinflusstem DEK und die Leda von der Mündung bis zum Sperrwerk zeichnen sich auf weiten Strecken durch relativ strukturarme, gesicherte Ufer, wenige Wattflächen und schmale Vorländer aus. Wattflächen und Vorländer werden nach Unterstrom zu breiter.

Die Ufersicherungen können mit Schilf-Röhricht oder Rohr-Glanzgras bewachsen sein oder sind vegetationslos. Entlang des tidebeeinflussten DEK treten Uferabbrüche auf, die im Zuge der Unterhaltung saniert werden (WSA Meppen & BfG 2010, 2012).

Beweidetes oder gemähtes Grünland unterschiedlicher Nutzungsintensität prägt die überwiegend schmalen Vorländer. Einige Flächen unterliegen keiner Nutzung und stehen unter natürlicher Sukzession. Unterschiedliche Sukzessionsstadien sind in Form von Hochstaudenfluren, Röhrichten und Weidengebüschen vorhanden, die ergänzt werden um Tideauwaldreste, Aufforstungen mit standortgerechten Gehölzen und Kleingewässern (BfG 2008b, WSA & BfG 2010, 2012). Die breitesten Vordeichflächen befinden sich bei Bingum, Hohegast, Oldersum, Nendorp, Petkum und Midlum, wo eine maximale Breite von 800 m erreicht wird.

Mit zunehmender Nähe zur Küste werden salztolerante Arten im Grünland häufiger, etwa im Nendorper und Petkumer Vorland (IBL & IMS 2012). Süßwasserröhricht wird von Brackwasserröhricht abgelöst. Im Petkumer Vorland gibt es einen reich strukturierten tidebeeinflussten Uferbereich mit Prielen und Salzwiesen (Planungsbüro Stelzer GmbH 2007).

Zwischen Leer und Pogum finden sich die Inseln Hatzumer und Bingumer Sand, die zu den letzten verbliebenen Inseln der Unterems zählen. Auf der Emsinsel bei Hatzum finden sich hochwertige, ausgedehnte, zusammenhängende Schilfröhricht-Bestände (BfG 2008b). Der Bingumer Sand ist von Schilf- und Tideröhrichten gesäumt, vor dem Sommerdeich sind breite Feuchtgrünlandflächen vorhanden. Im Inselinneren ist mesophiles Grünland ausgebildet.

Vereinzelt kommen entlang der Unterems tidebeeinflusste Seitenräume vor, die bei Ebbe trocken fallen. Unter diesen ist der Ems-Altarm bei Vellage der bedeutendste. Das Gebiet ist durch ein Mosaik aus tidebeeinflussten Süßwasserwatten, Prielen, ungesicherten Ufern, Röhrichten, Seggenrieden, Hochstaudenfluren sowie Weidengebüschen gekennzeichnet (WSA & BfG 2010, 2012). Altarme gelten als von vollständiger Vernichtung bedroht und schwer regenerierbar, Röhrichte sind bundesweit gefährdet oder stark gefährdet, landesweit geschützt und werden in Niedersachsen als „von besonderer bis allgemeiner Bedeutung“ eingestuft (Riecken et al. 2006, Bierhals et al. 2004).

Durch den starken Tidehub sind im oligohalinen und limnischen Bereich ständig untergetaucht lebende Wasserpflanzen und einjährige Uferpionierfluren zugunsten von Süßwasserwatt aus dem System verdrängt worden. Diese Vegetationseinheiten ertragen den periodischen Wechsel von Trockenfallen und Überflutung nicht.

### **3.7.2 Zustandsbewertung in WRRL- und Natura 2000-Planungen**

Für den Wasserkörper „Polyhalines offenes Küstengewässer des Ems-Ästuars“ liegen keine Bewertungen für die WRRL-Qualitätskomponente Makrophyten vor, da der Wasserkörper kaum dementsprechende Habitate bietet. Das oberstrom angrenzende polyhaline Übergangsgewässer wird derzeit sowohl von niederländischer als auch von deutscher Seite mit „mäßig“ bewertet. Der Grund hierfür ist vor allem in den nahezu fehlenden Seegrasbeständen zu finden (negative Tendenz während der letzten Jahre). Auch der weiter oberstrom liegende meso- bis oligohaline Bereich des Übergangsgewässers der Ems (Leer bis Dollart) wird derzeit anhand der Brack-/Salzwiesen und Röhrichte mit „mäßig“ eingestuft. Für den limnischen Bereich der Unterems (Herbrum bis Papenburg und Papenburg bis Leer) und der Leda (Sperrwerk bis Ledamündung) lagen bis zur Abgabe des Bewirtschaftungsplans noch keine endgültigen Bewertungen vor. Nach der derzeitigen Datenlage zu den Makrophyten ist für diese Wasserkörper von einem unbefriedigenden bis schlechten Zustand auszugehen (NLWKN 2012).

Ästuartypische Vegetationseinheiten werden in den großflächig ausgewiesenen FFH-Gebieten des Betrachtungsraumes unter dem Lebensraumtyp (LRT) 1130 „Ästuarien“ nach Anhang I der FFH-Richtlinie zusammengefasst. In der Außenems und der oligohalinen Zone der Unterems bedeckt der LRT 1130 die gesamte von hohen Wasserständen erreichbare Fläche

der ausgewiesenen Natura 2000-Gebiete mit Ausnahme der Hafenbecken und bebauten Bereiche (KÜFOG 2014). Weitere ästuartypische Vegetationseinheiten werden als eigenständige Lebensraumtypen geführt, z. B. Schlick-, Sand- und Mischwatt (LRT 1140), Queller- und Schlickwatt (LRT 1310 und 1320), atlantische Salzwiesen (LRT 1330), Tide-Auwälder (prioritärer LRT 91E0 und LRT 91F0), extensiv genutzte, magere Flachland-Mähwiesen (LRT 6510) oder feuchte Hochstaudenfluren (6430). Eine detaillierte flächenmäßige Bilanzierung der Vorkommen aller FFH-Lebensraumtypen für verschiedene Funktionsräume gibt KÜFOG (2014). Pflanzenarten des Anhangs II der FFH-Richtlinie treten im Planungsraum nicht auf.

Der Erhaltungszustand der Lebensraumtypen wird großflächig mit der schlechtesten Wertstufe III (durchschnittlicher bis eingeschränkter Erhaltungszustand) bzw. C (mittlere bis schlechte Ausprägung) bewertet (die Wertstufen werden unterschiedlich definiert, da bisher kein international einheitliches Vorgehen abgestimmt ist). So befinden sich im polyhalinen Bereich der Außenems zusammengenommen nur 2 % der Fläche mit FFH-LRT in einem „hervorragenden“ (Stufe I) oder „durchschnittlichen bis hervorragenden“ Erhaltungszustand (Stufe II). Einen relativ guten Zustand weisen dabei die atlantischen Salzwiesen auf. Im mesohalinen Bereich der Außenems steigt der Flächenanteil der Wertstufen I und II durch den höheren Flächenanteil von Salzwiesen rund um den Dollart in der Summe auf etwa 7 %.

Auch in der Unterems dominiert flächenmäßig bei weitem die schlechteste Wertstufe C. Die höchsten Flächenanteile der Wertstufe B (guter Erhaltungszustand) werden mit rund 25 % im limnischen Bereich der Unterems erreicht, vor allem durch den hohen Flächenanteil magerer Flachland-Mähwiesen und Hochstaudenfluren. Lebensraumtypen im besten Erhaltungszustand A kommen nicht vor.

### **3.8 Diskussion der wichtigsten Defizite und Bezug zum Sedimentmanagement**

In diesem Kapitel werden die in den vorangegangenen Fachkapiteln beschriebenen Defizite (= Abweichungen vom Leitbildzustand, vgl. Kap. 3.1) zusammengefasst und diskutiert. Weiterhin wird der Bezug zum Sedimentmanagementkonzept verdeutlicht.

#### **Hydrologie**

Der Tidehub im oberen Bereich der Unterems ist - wie auch in anderen Nordseeästuarren - infolge des Gewässerausbaus im Vergleich zu historischen Zuständen stark angestiegen. Verbunden hiermit ist eine deutlich verstärkte Asymmetrie der Tidekurve, welche höhere Flutstromgeschwindigkeiten als Ebbestromgeschwindigkeiten bedeutet. In der Tideems hat sich in Zusammenhang hiermit ein ausgeprägter Stromauftransport und eine Akkumulation von Feinmaterial eingestellt (siehe folgender Abschnitt zur Hydromorphologie), was seinerseits Veränderungen der hydrodynamischen Verhältnisse bewirken kann.

#### **Hydromorphologie/Sedimenthaushalt**

Insgesamt lässt sich festhalten, dass anthropogene Eingriffe in die hydromorphologischen Verhältnisse das gewässerökologische System tiefgreifend verändert haben. Die ästuartypische Ausprägung und Variabilität der hydromorphologischen Prozesse und Verhältnisse

müssen als stark gestört betrachtet werden. Das zentrale hydromorphologische Defizit, vor allem für die Unterems, sind die hohen und auch weiterhin steigenden Schwebstoff- und Trübungsverhältnisse und in Zusammenhang damit auch die starke Verschlickung des Gewässerbodens sowie das inzwischen permanente Auftreten von Fluid Mud. Dies sind alles Zeichen eines erheblich veränderten Schwebstoffregimes, das sich deutlich von dem natürlichen Schwebstoffdargebot in einem Ästuar mit räumlich begrenzter Trübungszone und viel geringeren Schwebstoffgehalten unterscheidet (Habermann 2006, BfG 2008; vgl. auch de Jonge 1983, 2010, Stelzer, Diekmann & Mosebach 2007, Wattenrat 2010, Winterwerp 2013, Deltares 2012, Quick & Schriever 2014, Engels 2016 etc.). Dieser Zustand wirkt sich limitierend auf die Ausprägung der physikalischen Lebensräume für Flora und Fauna aus. Viele Eingriffe wurden bereits vor Jahrhunderten in Gang gesetzt (Eindeichung, Landgewinnung und damit Verlust von Sedimentationsräumen), viele einschneidende Eingriffe (Durchstiche, Fahrrinnenausbau, begleitende strombauliche Maßnahmen zur Sicherung der Fahrrinne wie z. B. Buhnen und Ufersicherungen) sind jedoch jüngeren Datums. Aber auch außerhalb des Ems-Ästuars gibt es Entwicklungen, die Einfluss auf den Ist-Zustand des Ems-Ästuars nehmen, wie z. B. Meeresspiegelanstieg oder steigende Schwebstoffgehalte im Küstenlängstransport. Der mögliche Einfluss von unterhaltungsbedingten Tätigkeiten v.a. auf die Entwicklung der Schwebstoffkonzentrationen und die Substratzusammensetzung der Gewässerbodens wird in Kapitel 4 diskutiert.

Die Problematik aufgrund der extrem hohen Schwebstoffgehalte und der starken Verschlickung des Gewässerbodens wurde für das Ems-Ästuar bereits im Internationalen Bewirtschaftungsplan für die Flussgebietseinheit Ems zur Umsetzung der WRRL (FGG Ems 2009), im IBP Ems sowie in zahlreichen anderen Berichten und Publikationen als herausragendes Defizit benannt. In den Ästuaren von Weser und Elbe treten solche Phänomene nicht, bzw. nicht in dieser Intensität, auf, obwohl auch hier der Tidehub stark zugenommen hat.

Eine Wiederherstellung der ursprünglichen morphologischen Verhältnisse ist nicht vereinbar mit den bestehenden Nutzungen und damit auch nicht Bestandteil des Leitbilds, dennoch erscheint in gewissen Bereichen z. B. eine Wiederanbindung von Altarmen an das Tide- und Überflutungsgeschehen möglich. Darüber hinaus sind Wattflächen, strömungsberuhigte Flachwasserzonen und besondere Strukturen wie Nebenarme und -rinnen in der Unterems als Bestandteil des Leitbilds zu betrachten und ihr aktuell vermindertes Vorkommen demnach als Defizit, für das Verbesserungen anzustreben sind. Auch ob relevante Verbesserungen des Ist-Zustandes beim Sedimenthaushalt (hier Schwebstoffe und Gewässerboden und damit z. B. auch der Sauerstoffverhältnisse und der Qualität als Lebensraum, vgl. folgende Abschnitte) bei weitgehender Aufrechterhaltung der derzeitigen Nutzungen realisierbar sind ist zum jetzigen Zeitpunkt fachlich schwer zu beurteilen. Anderenfalls wären die aktuellen Verhältnisse eigentlich als Teil des Leitbilds zu betrachten, welches dann deutlich von dem für andere Nordseeästuar abweichen würde und insgesamt als ökologisches Leitbild schwer akzeptabel wäre.

### **Wasserbeschaffenheit und Phytoplankton**

Die hohen Schwebstoffgehalte in der Unterems und das Auftreten von Fluid-Mud-Schichten großer Mächtigkeit führen in der Tideems abschnittsweise zu starken Trübungen und - auch im Vergleich mit den anderen Nordsee-Ästuaren - zu extrem schlechten Sauerstoffverhältnissen. Vor allem die sohlennahen Fluid-Mud-Schichten sind im Sommer über lange Zeiträume sauerstofffrei und haben damit negative Auswirkungen auf die Gewässergüte und die Lebensgemeinschaften der Ems.

Ein weiteres Defizit ist die starke Lichtlimitation des Phytoplanktons in der Unterems. Dadurch ist das Wachstum unterdrückt und die Primärproduktion als Nahrungsgrundlage stark eingeschränkt. Ebenso ist das Phytobenthos in der Unterems wegen der sehr geringen Ausdehnung der Wattflächen und hohen Schwebstoffbelastung der Watten in seinen ökologischen Funktionen deutlich gestört.

### **Schadstoffbelastungen und ökotoxikologische Wirkungen**

Die Höhe der Schadstoffbelastung und der resultierenden ökotoxikologischen Wirkungen von rezenten Sedimenten und von suspendierten Schwebstoffen (Korngrößennormierung vorausgesetzt) ist im Ems-Ästuar sowohl relativ gering als auch sehr einheitlich. Im Ems-Ästuar spielen Schadstoffe durch deren geringe Konzentrationen eine deutlich geringere Rolle als in den Ästuaren von Weser und Elbe. Ausgeprägte Defizite können hier weder zur Kenntnis der Belastungen, noch bezüglich der Durchführung von Minimierungsmaßnahmen abgeleitet werden.

### **Fauna**

Insbesondere in der Unterems beeinflussen die hohen Schwebstoff- und zeitweilig geringen Sauerstoffkonzentrationen die Zusammensetzung der aquatischen Fauna (Fische/Rundmäuler, Zoobenthos) und wirken sich nachteilig auf die Funktion der Unterems als Nahrungshabitat, Laichgebiet (insbes. Finte und Stint) und Wanderkorridor aus. Dies spiegelt sich u. a. in der sehr geringen Besiedlung der vom Fluid Mud beeinträchtigten Gebiete durch Makrozoobenthos und Fische wider.

Das Artenspektrum der Benthosfauna ist - insbesondere in der Unterems - gegenüber historischen Zuständen verarmt, auch die Abundanzen sind teilweise deutlich reduziert. Eine Ursache hierfür ist - neben den o.g. Schwebstoff- und Sauerstoffverhältnissen - der Verlust von Lebensräumen (z. B. Rückgang von Wattflächen und Flachwasserbereichen, Befestigung von Ufern). Einen gewissen Einfluss haben möglicherweise auch mechanische Störungen durch Schiffswellen und wiederholte Schädigungen durch Unterhaltungs-baggerungen und Baggergutunterbringung im Bereich von Fahrinne und Unterbringungsstellen. 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 Ästuaren, 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 als unumgänglich zu betrachten und daher mittlerweile Teil des Leitbildzustands; nichtsdestotrotz ist eine Verminderung der Beeinträchtigungen anzustreben. Durchgreifende Verbesserungen für die Benthosfauna im Sinne einer Erhöhung der Diversität und der Etablierung auch anspruchsvollerer Arten in der Unterems sind nur dann zu erwarten, wenn es in Zukunft gelingt, die Fluid-Mud-Problematik in den Griff zu bekommen.

Bezüglich der Fischfauna sind - insbesondere in der Unterems - der Rückgang von Artenvielfalt und der Abundanzen der noch vorkommenden Arten die wichtigsten Defizite. Eine erfolgreiche Reproduktion der Finte findet derzeit nicht statt. Es ist anzunehmen, dass die Funktion der Unterems als Wanderkorridor für diadrome Arten wie den Lachs zeitweilig stark beeinträchtigt ist. Diese Defizite resultieren neben den bereits genannten Schwebstoff- und Sauerstoffverhältnissen im Wesentlichen aus Veränderungen von Lebensräumen (Konzentration des Wassers auf eine tiefe Fahrrinne mit einheitlichem Profil bei gleichzeitigem Rückgang produktiver Flachwasserzonen). Ferner wirkt sich, trotz erster Verbesserungen durch den Bau einiger Fischaufstiegsanlagen, die große Anzahl noch fischunpassierbarer Querbauwerke sowie die z. T. stark beeinträchtigte Gewässerstruktur stromauf des Bearbeitungsgebiets nachteilig auf die Bestände wandernder Fisch- und Neunaugenarten aus.

Die Vorkommen von Seehund (*Phoca vitulina*) und Kegelrobbe (*Halichoerus grypus*) in der Außenems sind trotz Störungen - etwa durch Schiffsverkehr (insbes. auch Freizeitnutzung) - als stabil zu betrachten. In wie weit die Funktion der Tideems als Nahrungshabitat für den Schweinswal etwa durch Unterwasserlärm beeinträchtigt ist, lässt sich schwer abschätzen.

Während die ausgedehnten Wattflächen im Bereich der Außenems 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**

Im Ems-Ästuar sind durch den Ausbauzustand des Systems, Hochwasserschutz, Urbanisierung und landwirtschaftliche Nutzung nur wenige naturbetonte Flächen mit einer ästuartypischen Vegetationsausprägung vorhanden. Die wesentlichen Defizite sind damit ausbaue- und nicht unterhaltungsbedingt. Eine Verbesserung des ökologischen Zustands der Vegetation ist daher vor allem über Modifikationen der ausbaubedingten Einflussgrößen zu erreichen. Als Ursache für Defizite gilt auch die nach wie vor hohe Nährstoffbelastung aus diffusen Quellen (NLWKN 2012).

Größere zusammenhängende Seegraswiesen kommen im Ems-Ästuar nur noch auf dem Randzel vor. Sublitorale Bestände sind im Wattenmeer bereits ausgestorben und werden sich nach derzeitigem Kenntnisstand nicht wieder etablieren. Der vormals größte eulitorale Seegrasbestand des Ems-Ästuars hat sich in den letzten Jahren gegen den niedersächsischen Trend negativ entwickelt (Adolph 2010) und wird sich aufgrund morphologischer Verände-

rungen der dortigen Wattflächen vermutlich in naher Zukunft nicht wieder erholen (NLWKN & ZiltWater Advies 2013).

Weitere Defizite bestehen durch die zu geringe Ausdehnung von Vorländern, die steilen Ufer mit Ufersicherungen und die intensive landwirtschaftliche Nutzung und Entwässerung. Ästuartypische Vegetationsbestände sind daher oft nur kleinräumig mit zu geringem Vernetzungsgrad entwickelt. In den Salzwiesen fehlen naturnahe Prielstrukturen mit einer tidegesteuerten Morphodynamik aus Erosion und Akkumulation. Die Ufer unterliegen aus vegetationskundlicher Sicht einer zu geringen Morphodynamik, so dass kleinräumige artenreiche Störungszonen fehlen. Pflanzenmasse, Zonierung oder Artenzusammensetzung weichen oftmals deutlich von naturnahen Verhältnissen ab.

Durch den starken Tidehub sind im oligohalinen und limnischen Bereich ständig untergetaucht lebende Wasserpflanzen und einjährige Uferpionierfluren zugunsten von Süßwasserpflanzen aus dem System verdrängt worden.

Verglichen mit dem Weser- und Elbeästuar ist die Zonierung der Röhrichte im Querprofil der Unterems deutlich verändert. Es dominiert das konkurrenzstarke Schilf-Röhricht, zum Wasser hin ist die tief gelegene Zone mit den Pionierröhrichtarten Strand- und Teichsimse nur selten vorhanden. Die schlechte Ausbildung der Röhrichtzonierung in der Unter- und Außenems ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die tief gelegenen Pionierröhrichte im feinen Schlick keine geeigneten Wuchsbedingungen vorfinden (NLWKN 2012). Die im Vergleich zu Tideelbe und Tideweser sicherlich seltener auftretende schiffsinduzierte hydraulische Uferbelastung fördert im Bereich des MThw-Niveaus vermutlich das Schilf als konkurrenzkräftigere, aber strömungsempfindlichere Art.

### **Fazit aus der Defizitanalyse für das Sedimentmanagement**

Die Beschreibung und Analyse der Defizite des ökologischen Zustands der Tideems zeigt dass der Gewässerausbau eine wichtige Ursache vorhandener Defizite ist. Hierbei sind insbesondere die Veränderungen des hydrodynamisch/morphologischen Systems von zentraler Bedeutung, weniger die Auswirkungen der Baggerungen selbst. In Kapitel 4.2 werden die Auswirkungen von Unterhaltungsbaggerungen in der Tideems explizit beschrieben und eingeschätzt, um in Kapitel 5 Handlungsoptionen daraufhin zu bewerten, ob Auswirkungen weiter vermindert werden können.

Die Zusammenfassung der Defizite macht deutlich, dass insbesondere die hohen Schwebstoffkonzentrationen und die damit in Verbindung stehenden Sauerstoffdefizite reglementierende Faktoren für eine ökologische Verbesserung darstellen. Somit ist wichtigstes ökologisches Ziel des Sedimentmanagements an der Tideems - soweit möglich - diese Beeinträchtigungen nachhaltig zu reduzieren. Weiterhin sind strukturelle Aufwertungen anzustreben (z. B. Erhaltung und Neuentwicklung von strömungsberuhigten Flachwasserzonen und naturnahen Uferbereichen, evtl. auch von Neben- und Altarmen).

Allerdings ist zu beachten, dass unter Sedimentmanagement im vorliegenden Konzept nur die Unterhaltung verstanden wird und die Handlungsoptionen in diesem Rahmen begrenzt sind.

## 4 Auswirkungen von Unterhaltungsbaggerung und Baggergutunterbringung auf das ökologische System der Tideems

Nach der Beschreibung und Analyse des ökologischen Zustands der Tideems in Kapitel 3 werden in diesem Kapitel die direkten und indirekten Folgen von Unterhaltungsbaggerung und Baggergutunterbringung auf das System betrachtet. Im Fokus stehen die Auswirkungen der WSV-seitig durchgeführten Unterhaltungsaktivitäten; bei den Aspekten Hydromorphologie/Sedimenthaushalt und Wasserbeschaffenheit werden auch Unterhaltungsaktivitäten Dritter (z. B. niederländische und deutsche Häfen) kurz angesprochen.

Im Folgenden werden für verschiedene Fachaspekte die wesentlichen beeinflussten Parameter und Prozesse hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Tideems eingeordnet. Es handelt sich hierbei um eine rein fachliche Betrachtung ohne spezielle Prüfung von Vorgaben des Naturschutzrechts oder des Wasserhaushaltsgesetzes. Die Analyse von Auswirkungen stellt die Basis für die Herleitung und Beurteilung von Handlungsoptionen des Sedimentmanagements im Kapitel 5 dar.

### 4.1 Hydrologie/Hydrodynamik

Änderungen der Form und Größe der Gerinnegeometrie durch Baggern und Unterbringen von Sediment wirken sich grundsätzlich 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. Die insbesondere durch verschiedene Ausbaumaßnahmen in der Tideems 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 aufrechterhalten. Trotz des Umfangs der Unterhaltungskampagnen in der Unterems sind in den Wasserstandsdaten sowie in den Tidekennwerten keine Effekte dieser Kampagnen feststellbar.

### 4.2 Hydromorphologie/Sedimenthaushalt

Unterhaltungsbedingte Auswirkungen auf Hydromorphologie/Sedimenthaushalt finden auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen statt. Dieses wird berücksichtigt, indem zunächst die Auswirkungen am Ort bzw. im Umfeld der verschiedenen, entlang der Tideems stattfindenden Unterhaltungstätigkeiten genannt werden (Kapitel 4.2.1). Die Summe und Überlagerung dieser Auswirkungen zu einer möglichen unterhaltungsbedingten Gesamt-

auswirkung auf den Zustand des Gesamtsystems (Hydromorphologie/Sedimenthaushalt) werden darauf aufbauend diskutiert (Kapitel 4.2.2).

Bei unterhaltungsbedingten Tätigkeiten kann es zu den folgenden Auswirkungen auf Hydromorphologie/Sedimenthaushalt kommen:

- > Änderung der Schwebstoffkonzentrationen (bzw. Trübungsverhältnisse) am Ort der Baggerung und Unterbringung
- > Änderung des durch Strömung transportierten bzw. mobilisierbaren Sediment- und Schwebstoffinventars (Gesamtfracht Feststofftransporte und residuelle Transporte), inklusive Aspekte von Mehrfachbaggerung und Kreislaufbaggerung
- > Änderung der Substratzusammensetzung der Gewässersohle
- > Änderung der Sohltopographie und Morphodynamik

#### **4.2.1 Auswirkungen der Unterhaltungstätigkeiten (Baggerung und Baggergutunterbringung)**

Die Beschreibung der Auswirkungen der aktuell durchgeführten Unterhaltungsmaßnahmen folgt dem Flussverlauf der Tideems von Herbrum über die Unterems und das Emder Fahrwasser bis zur Außenems. Im Einzelnen betrachtet werden hier nur die Auswirkungen der WSV-seitig durchgeführten Unterhaltungsaktivitäten (vgl. Kap. 1). Die Verantwortung für die Durchführung der anderen Aktivitäten liegt bei Dritten (z. B. niederländische und deutsche Häfen); diese sollen Gegenstand eines vom IBP Ems geforderten deutsch-niederländischen Gesamt-Sedimentmanagementkonzepts sein.

WSV-seitige Unterhaltungsaktivitäten:

- 1) Schleuse Herbrum (Unterhaltungsbaggerungen mit Schlickegge und Wasserinjektionsgerät)
- 2) Fahrrinne Unterems (kampagnenweise Unterhaltungsbaggerungen mit Hopperbagger)
- 3) Fahrrinne Emder Fahrwasser und Gatjebogen (Unterhaltungsbaggerungen mit Hopperbagger)
- 4) Klappstelle K2 im Dollartmund (probeweise Unterbringung von überwiegend feinkörnigem Baggergut)<sup>9</sup>
- 5) Klappstellen 5 bis 7 (Unterbringung von überwiegend feinkörnigem Baggergut)
- 6) Fahrrinne Außenems ab Ems-km 53 (Unterhaltungsbaggerungen mit Hopperbagger)
- 7) Klappstellen 1 bis 4 (Unterbringung von sandigem Baggergut)

Die für eine Beurteilung der zu erwartenden Auswirkungen auf Hydromorphologie/Sedimenthaushalt erforderlichen Kennzahlen (z. B. durchschnittliche Menge bzw. Masse an Baggergut pro Jahr) können Kapitel 2 entnommen werden. Ein Überblick über die Arten möglicher Auswirkungen ist in der Einleitung zu Kap 4.2 gegeben. Die Beurteilung der

---

<sup>9</sup> Die Klappstelle K2 im Dollartmund wurde bisher nur im Probetrieb genutzt, um mögliche Auswirkungen bei Unterbringung größerer Baggermengen im normalen Unterhaltungsbetrieb besser abschätzen zu können. Es sollen daher mit Blick auf die in Kapitel 5 aufgezeigten Handlungsoptionen die in den Planungsunterlagen zur Inbetriebnahme von Klappstelle K2 prognostizierten Auswirkungen hier zusammengefasst werden.

Auswirkungen der Unterhaltungstätigkeit basiert auf der Grundlage vorhandener Untersuchungsergebnisse und Literaturquellen. Eigene Untersuchungen zum Fachthema Hydromorphologie/Sedimenthaushalt wurden im Rahmen des Auftrags zur Erstellung eines Sedimentmanagementkonzeptes für die Tideems nicht durchgeführt. Umfang, Tiefe und Aktualität an Untersuchungsergebnissen, welche zur Beurteilung unterhaltungsbedingter Auswirkungen herangezogen werden konnten, sind stark unterschiedlich und werden bei jeder Bewertung von Auswirkungen berücksichtigt.

### 1) Tidebeeinflusster DEK / Schleuse Herbrum

#### **Auswirkung auf Schwebstoffkonzentrationen (bzw. Trübungsverhältnisse)**

Insbesondere bei Baggerung feinkörniger Sedimente bewirken Schlickegge und Wasserinjektionsgerät eine Erhöhung der Trübung durch Resuspension der gebaggerten Sedimente. Das belegen im März 2010 durchgeführte Untersuchungen im unteren Hafen der Schleuse Herbrum mit einem großen und daher leistungsstarken WI-Gerät (BfG 2010). Es konnte festgestellt werden:

- > Auswirkung während der WI-Baggerung ist eine anhaltende Trübungserhöhung (messbar bis Rhede).
- > Zusätzlich zu dieser Erhöhung gibt es einen sprunghaften Anstieg der Trübung bei Spülstößen (messbar bis in eine Entfernung von ca. 12 km auf Höhe Papenburg).
- > Eine Beeinflussung der Trübungsverhältnisse weiter stromab ist nicht ausgeschlossen.
- > Die Ausbildung einer sohlnahen Dichteströmung konnte im Nahbereich der WI-Baggerung bei DEK-km 214,2 nicht nachgewiesen werden.

Unter Beachtung bestimmter Randbedingungen (ausreichend große Oberwasserabflüsse und damit eine permanent stromabwärts gerichtete Strömung unterhalb der Schleuse Herbrum sowie geringe Hintergrundwerte der Schwebstoffkonzentrationen, niedrige Wassertemperaturen, hohe Sauerstoffgehalte) wurde der Einsatz in Wintermonaten jedoch als ökologisch vertretbar und als gute Alternative zur Schlickegge beurteilt. Der Einsatz des WI-Gerätes im Spätsommer ist aufgrund geringerer Oberwasserabflüsse und weiterer veränderter Randbedingungen kritischer zu bewerten.

Im Sommer 2011 und 2012 wurden begleitende Untersuchungen zum Einsatz eines kleineren und daher leistungsschwächeren WI-Gerätes durchgeführt. Im Sommer 2011 zeigten die Messergebnisse, welche den WI-Einsatz und die Spülungsereignisse der Schleuse begleitet haben, nur geringe Auswirkungen wie z. B. Umlagerungseffekte im direkten Vorhafenbereich (IM+P 2011, WSA Meppen 2012). Im Sommer 2012 ergaben die Untersuchungen eine temporäre Beeinflussung der Trübung in der Wassersäule durch den WI-Einsatz zwischen DEK-km 213 bis 217 (IM+P 2013, WSA Meppen 2013). Weitere Auswirkungen auf die Trübungsverhältnisse stromab konnten messtechnisch nicht nachgewiesen werden.

Aufgrund der starken Wechselwirkung des Sedimenthaushaltes mit äußeren Randbedingungen wie z. B. Oberwasserabfluss, Tideverhältnisse etc. sind zum einen die Wirkungen der WI-Baggerung messtechnisch schwer zu detektieren, zum anderen variieren die Randbedin-

gungen zwischen den einzelnen Messungen (Nullmessung, Kampagnenmessung etc.). Des Weiteren ist bei einem Vergleich der beiden Messkampagnen mit dem kleinen WI-Gerät zu beachten, dass unterschiedliche WI-Geräte zum Einsatz kamen und im Jahr 2011 die umgelagerte Baggermenge nur die Hälfte und die Einsatzstunden nur ca. ein Viertel verglichen mit 2012 betragen.

Aufgrund der Erfahrungen beim Einsatz von WI-Geräten ist bei gleichen Randbedingungen in Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit des WI-Gerätes und der damit verbundenen Intensität der Maßnahme mit unterschiedlich starken Auswirkungen auf die Umwelt zu rechnen. Somit ist bei leistungsschwächeren WI-Geräten, die eine kleinere Menge an Schlick mobilisieren können mit lokal begrenzteren Auswirkungen zu rechnen als beim Einsatz des WI-Gerätes bei Herbrum im März 2010 als ca. 100.000 m<sup>3</sup> innerhalb von 14 Tagen bewegt wurden.

### **Auswirkung auf das durch Strömung transportierte bzw. mobilisierbare Sediment- und Schwebstoffinventar**

Untersuchungen im unteren Hafen der Schleuse Herbrum belegen eine deutliche Zunahme des Schwebstofftransportes um das ca. 4- bis 4,5-fache während der WI-Baggerung mit einem großen und daher leistungsstarken WI-Gerät (BfG 2010). Um den Unterhaltungseffekt zu optimieren (Minimierung des Wiedereintriebs) wird der Abtransport des mobilisierten Materials gezielt durch gleichzeitige Schleusenspülung unterstützt. Der direkte Wiedereintritt und damit die erneute Baggerung desselben Sediments kann damit verringert werden. Richtet man den Blick auf die Unterhaltungsbaggerei weiter stromab im Bereich der Unterems ist hierbei von einer Verlagerung der durch WI bzw. Schlickegge mobilisierten Feinsedimente auszugehen. Diese Sedimente können in der Unterems erneut zur Ablagerung kommen und werden dann ggf. wiederholt gebaggert.

### **Auswirkungen auf Sohltopographie und Morphodynamik (inkl. Auswirkungen auf Substratzusammensetzung)**

Bei der Unterhaltung werden überwiegend frisch abgelagerte und daher nur wenig konsolidierte Sedimente baggertechnisch entfernt. Die Substratzusammensetzung der nach Wiederherstellung der für die Schifffahrt erforderlichen Wassertiefe sich erneut ablagernden Sedimente wird vor allem durch hydrologische Randbedingungen gesteuert (Oberwassereinfluss). Untersuchungsergebnisse, ob die im Bereich Wehr Herbrum/DEK durchgeführten Unterhaltungsaktivitäten die Substratzusammensetzung am Ort der Baggerung oder auch in Bereichen weiter stromab beeinflussen können, liegen nicht vor.

In Abbildung 4.2-1 ist die starke Abnahme der Sedimentmengen - damit verbunden eine Vertiefung der Sohlage - nach Einsatz des großen WI-Gerätes in Kombination mit hohen Oberwasserabflüssen erkennbar. Im Vergleich dazu bewirkt der Einsatz des kleinen WI-Gerätes eine nur kleinere Abnahme der Sedimentmenge. Weiterhin ist ein schneller Wiederanstieg der Sohlage durch Sedimentation nach allen WI-Einsätzen erkennbar.

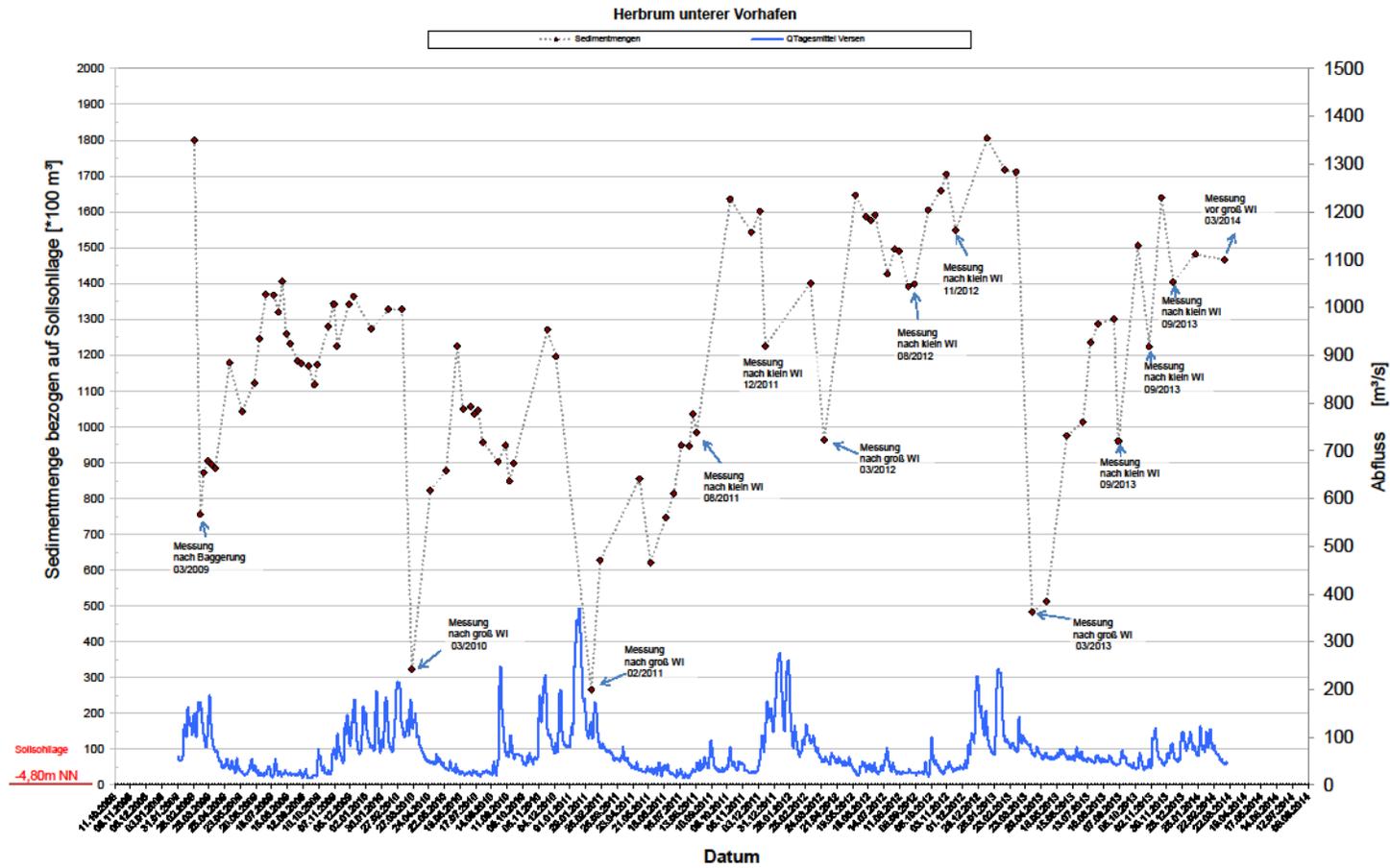


Abbildung 4.2-1: Sedimentmengenentwicklung im unteren Vorhafen der Schleuse Herbrum (Quelle: WSA Meppen)

## 2) Unterhaltungsbaggerungen Fahrinne Unterems

### **Auswirkung auf Schwebstoffkonzentrationen (bzw. Trübungsverhältnisse)**

An Dauermessstellen entlang der Unterems werden Schwebstoffgehalte kontinuierlich und in hoher zeitlicher Auflösung erfasst. In BfG (2006) wurde der mögliche Einfluss von Unterhaltungsbaggerungen auf die Trübungssituation der Unterems untersucht. Zwischen April 2004 und März 2005 hat es keine Überführung von großen Schiffen gegeben, entsprechend war der Zeitraum baggerungsfrei. Diese Situation wurde genutzt, um die durch Baggerei unbeeinflusste Schwebstoffdynamik der Ems zu beschreiben und durch den Vergleich mit den Vorjahren auf den Einfluss der Baggerungen zu schließen. Für diesen baggerungsfreien Zeitraum konnte keine Abnahme der Schwebstoffgehalte beobachtet werden. Auch im gesamten betrachteten Zeitraum zwischen Januar 2001 und Juli 2005 konnte kein Einfluss der Unterhaltungsbaggerungen auf die Schwebstoffsituation der Unterems festgestellt werden. Ob Baggereinsätze zu kurzzeitigen Trübungserhöhungen im Nahbereich des Einsatzortes führen, wurde im Rahmen dieser Untersuchung nicht betrachtet. Die Ergebnisse einer Trübungslängsfahrt von 2005 (Messebene 1,5 m unter Wasseroberfläche) deuten jedoch darauf hin, dass kurzfristig geringfügige Trübungserhöhungen auftreten können (Habermann 2006).

Durch den Baggervorgang kommt es am Schleppkopf zu Aufwirbelungen und Eintrag von Sohlsedimenten in den Wasserkörper, insbesondere bei einem hohen Feinkornanteil des Baggerguts. Dieser mögliche Verlust an Sedimenten, die beim Baggervorgang aus der Gewässersohle zwar gelöst aber nicht in den Laderaum gelangen ist jedoch gering. Spezielle Untersuchungen an der Unterems und an den dort eingesetzten Baggergeräten liegen nicht vor.

Eine über alle Einzelbaggervorgänge kumulative und vor allem länger anhaltende Wirkung auf die Schwebstoffverhältnisse der Unterems kann aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht geschlussfolgert werden. Es sind vor allem saisonale- und tidebedingte Randbedingungen wie z. B. Oberwasserabfluss, Temperatur und der Spring/Nipp-Zyklus sowie das Auftreten von Fluid Mud, welche maßgeblich die Schwebstoffverhältnisse in der Unterems beeinflussen.

### Auswirkungen auf das durch Strömung transportierte bzw. mobilisierbare Sediment- und Schwebstoffinventar

Das durch Hopperbaggerung im Bereich der Unterems entfernte Sediment wird vollständig auf Land in Spülfeldern /-seen untergebracht. Damit werden dem Sedimenthaushalt der Unterems dauerhaft jährlich 0,3 bis 0,6 Mio. t<sup>10</sup> pro Jahr an Feinsedimenten entnommen, was mit Blick auf die im Bereich Unterems sehr stark unausgeglichene Feinsedimentbilanz (vgl. Kapitel 3) tendenziell positiv zu bewerten ist. Des Weiteren ergaben Auswertungen von Peildaten, dass während des baggerfreien Zeitraumes von April 2004 bis März 2005 die auf

---

<sup>10</sup>Die durchschnittlich pro Jahr anfallende Baggermenge beträgt etwa 1,5 Mio. m<sup>3</sup> (Zeitraum 1991 - 2012). Unter der Annahme einer mittleren Laderaumdichte zwischen 1,1 und 1,2 t/m<sup>3</sup> ergäbe sich, dass im Zuge der Unterhaltungsbaggerungen aus der Unterems pro Jahr im Durchschnitt zwischen 0,3 und 0,6 Mio. t an Sediment gebaggert und an Land untergebracht würden.

der Gewässersohle sich abgelagerten Sedimentmengen nicht deutlicher angestiegen sind als in Jahren mit entsprechender Baggerung (Krebs 2005, Habermann 2006). Eine mögliche, geringe Reduktion des Sedimentinventars durch die Entnahme des Baggerguts ist nicht erkennbar, was vermutlich auf den stets größeren Stromauftransport und damit einem Nettoimport von Feinsedimenten von See her in die Unterems zu erklären ist. Die tatsächliche Größenordnung des resultierenden Importes von See her ist unbekannt. Zwei Einzelmessungen über die Dauer einer Tide auf Höhe Gandersum bei Ems-km 34 haben Nettoimporte von 7.581 t (28.06.2011) und 5.128 t (06.07.2009) ergeben (BAW 2014). Durch Unterhaltungsbaggerung hingegen werden im langjährigen Mittel pro Tide nur 425 bis 850 t der Unterems entnommen<sup>11</sup>.

In Abhängigkeit der hydrologischen Randbedingungen werden geringe Mengen an sandigen Sedimenten in der Unterems gebaggert, welche zur Zeit häufig an Land (Spülfeld Colde-müntje) oder auf der Klappstelle 5 in der Außenems untergebracht und somit aus dem System entfernt werden. Auch die Entnahme vergleichsweise geringer Mengen an sandigen Sedimenten bedeutet eine weitere Schwächung des stark defizitären Sandhaushaltes der Unterems (vgl. Kap. 3.3-1). Teilweise wird Sand aus der Strecke zwischen Ems-km 20 und 40,5 auch ortsnah zur Stabilisierung von Strombauwerken genutzt.

#### **Auswirkungen auf Sohltopographie und Morphodynamik (inkl. Auswirkungen auf Substratzusammensetzung)**

Die erforderliche Überführungstiefe wird nicht dauerhaft vorgehalten, sondern nur im Vorfeld einer Überführung hergestellt. Dabei werden nur frisch abgelagerte Sedimente baggertechnisch entfernt. Im Gegensatz zu einer kontinuierlichen Unterhaltung werden große Sedimentmengen in kurzer Zeit dem Gewässer entnommen. In den Wochen nach einer Baggerkampagne findet eine fortlaufende Aufkonzentration von Sedimenten im sohnahen Bereich und Konsolidierung von Sedimenten statt. Sedimente, die sich nach Abschluss der Baggerkampagne erneut an der Sohle ablagern, sind unverändert feinkörnig. Das ist Folge des anhaltenden Importes von Schwebstoffen von See her in die Unterems (siehe oben). Nur stromab des Wehres Herbrum (tidebeeinflusster Bereich des DEK) können abhängig vom Oberwasserabfluss sandige Sedimente aus der „Mittelems“ eingetragen und abgelagert werden.

#### 3) Unterhaltungsbaggerungen Emders Fahrwasser und Gatjebogen

##### **Auswirkungen auf Schwebstoffkonzentrationen (bzw. Trübungsverhältnisse)**

Messdaten zu lokalen Trübungseffekten aufgrund singulärer Baggervorgänge liegen für das Emders Fahrwasser und den Gatjebogen nicht vor. Zur Einordnung möglicher Effekte ist daher nur ein relativer Vergleich zur Unterems möglich. Im Bereich Gatjebogen sind die Feinkornanteile (Schluff und Ton) am Baggergut z. T. deutlich geringer, was eine Abschwächung des absoluten Effektes bewirkt. Andererseits befinden sich beide Baggerabschnitte stromabwärts des Trübungsmaximums, eine entsprechend geringere Hintergrundtrübung

---

<sup>11</sup> Diese Zahl ergibt sich, wenn man die durchschnittliche Jahresbaggermenge von 0,3 bis 0,6 Mio. t/a an Feinsedimenten auf die Jahresanzahl von etwa 705 Tidezyklen gleichmäßig verteilt.

bedeutet wiederum eine relative Verstärkung des durch den Baggervorgang verursachten Trübungssignals.

#### **Auswirkungen auf das durch Strömung transportierte bzw. mobilisierbare Sediment- und Schwebstoffinventar**

Bei der Unterhaltungsbaggerung werden nur frisch auf der Gewässersohle abgelagerte Sedimente entfernt, die nicht aktiv am Transportgeschehen teilnehmen, sodass keine weiteren Auswirkungen am Ort der Baggerung zu erwarten sind.

#### **Auswirkung auf Sohltopographie und Morphodynamik (inkl. Auswirkungen auf Substratzusammensetzung)**

Im Bereich Emders Fahrwasser und Gatjebogen werden frisch abgelagerte Sedimente kontinuierlich gebaggert und an anderer Stellen auf ausgewiesenen Unterbringungsstellen dem Sedimenthaushalt wieder zugegeben. Unmittelbar nach Abschluss der Unterhaltungs-baggerung kommt es erneut zur Aufsedimentation mit feinkörnigen Sedimenten, weiter seewärts im Abschnitt Gatjebogen auch von Sedimenten mit ansteigendem Sandgehalt.

#### 4) Klappstelle K2 im Dollartmund

Die Klappstelle K2 wurde bisher nur im Probetrieb genutzt, um mögliche Auswirkungen bei Unterbringung größerer Baggermengen im normalen Unterhaltungsbetrieb besser abschätzen zu können.

#### **Auswirkungen auf Schwebstoffkonzentrationen (bzw. Trübungsverhältnisse)**

In BfG-1335 (BfG 2001b) sind die Untersuchungen der Auswirkungen einer Probeverklappung auf der Klappstelle K2 im Bereich der Dollarmündung dokumentiert. Auf drei Messprofilen wurden bis 20 min nach Abschluss des Entladevorgangs (1.073 m<sup>3</sup> Baggergut, frischer Schlick aus dem Emders Fahrwasser) die Schwebstoffkonzentrationen per Wasserproben und geeichter Trübungssonde bestimmt. Ein Anstieg der Schwebstoffkonzentrationen konnte bei dieser Probeverklappung nicht festgestellt werden. Bei einer Nachfolgeuntersuchung in 2005 (2 Probeverklappungen kurz vor Flutstromkenterung (5.000 m<sup>3</sup>) und kurz vor Ebbstromkenterung (3.500 m<sup>3</sup>), jeweils schluffiges Material mit Feinsandanteil mit Herkunft Emders Fahrwasser) haben die Ergebnisse zeigen können, dass durch einen einzelnen Verklappvorgang gegebenenfalls kurzzeitige Erhöhungen der Schwebstoffgehalte in der Wassersäule hervorgerufen werden (vgl. BfG 2008a). Mit einer anhaltenden Erhöhung der Schwebstoff-/Trübungsverhältnisse im Bereich der Unterbringungsstelle muss jedoch für den Fall gerechnet werden, dass im normalen Unterhaltungsbetrieb pro Halbtide mehrere Verklappvorgänge erfolgen.

#### **Auswirkungen auf das durch Strömung transportierte bzw. mobilisierbare Sediment- und Schwebstoffinventar**

Modelluntersuchungen (BAW 2014) zeigen eine Verdriftung der auf Klappstelle K2 umgelagerten Feinsedimente weit in den Dollart hinein, wo das Material zu einem großen Anteil verbleibt. Durch Ablagerung im Bereich der dortigen Watten kann es dem Sedimenttransportgeschehen zeitweise bzw. auch dauerhaft entzogen werden. Eine Entlastung des Feinsedimenthaushaltes der Tideems durch den seewärtigen Austrag in Richtung Deutsche Bucht

wird mit der Klappstelle K2 nicht erreicht. Es verdriftet jedoch nur ein kleiner Teil zurück in das Emder Fahrwasser, so dass eine Kreislaufbaggerung mit nur geringer Intensität zu erwarten ist. Zugleich wird damit der Transport weiter stromauf in die Unterems reduziert.

### **Auswirkungen auf Substratzusammensetzung**

Untersuchungen der Gewässersohle im Bereich der Klappstelle K2 vor und nach den Probeverklappungen in 2005 (siehe BfG 2008a) haben keinen Hinweis auf eine dauerhafte Ablagerung des hier verklappten und überwiegend schluffigen Baggergutes ergeben.

### **Auswirkungen auf Sohltopographie und Morphodynamik (inklusive Auswirkungen auf die Substratzusammensetzung)**

Bei Unterbringung von ausschließlich feinkörnigem Baggergut auf Klappstelle K2 muss nicht mit der Bildung von Ablagerungskörpern gerechnet werden. Untersuchungen der Gewässersohle im Bereich der Klappstelle K2 vor und nach den Probeverklappungen in 2005 haben keinen Hinweis auf eine dauerhafte Ablagerung des hier untergebrachten und überwiegend schluffigen Baggergutes ergeben (BfG 2008a). Die Verdriftung ist großflächig, so dass auch eine morphologisch relevante Ablagerung größerer Baggergutmengen im Nahbereich zur Unterbringungsstelle als sehr unwahrscheinlich einzuschätzen ist. Modellrechnungen in BAW (2014) zeigen eine Verdriftung weit in den Dollart hinein.

### 5) Klappstellen 5 bis 7

#### **Auswirkungen auf Schwebstoffkonzentrationen (bzw. Trübungsverhältnisse)**

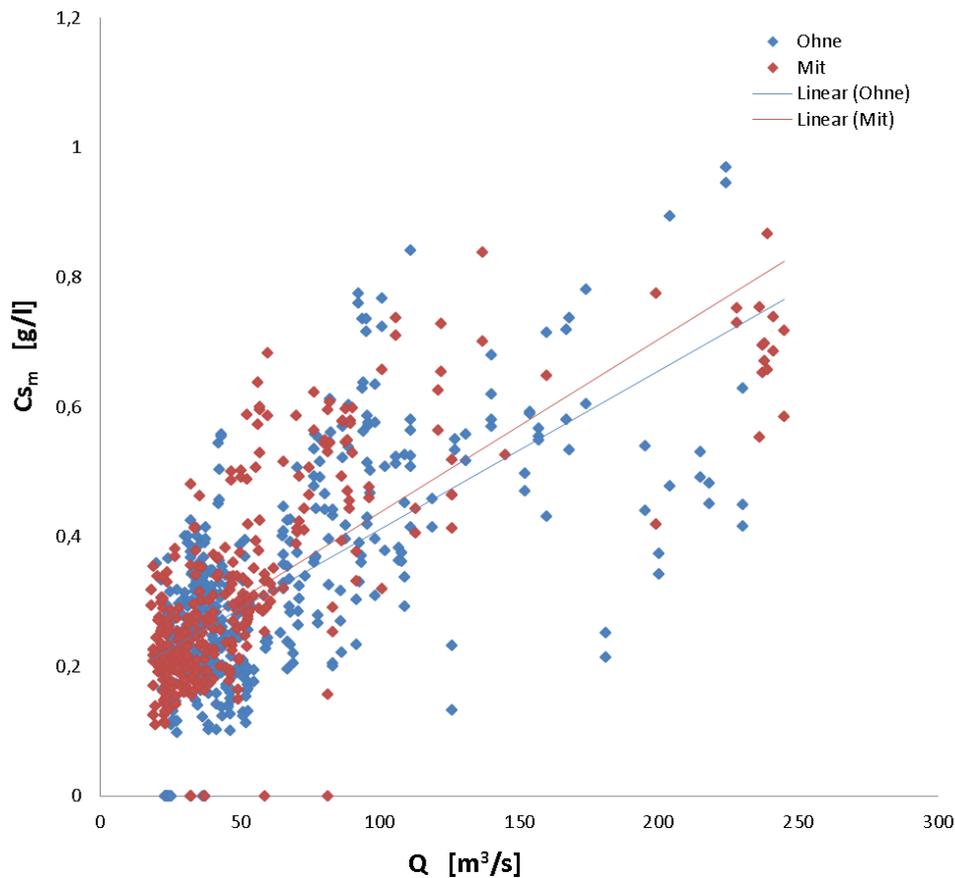
Die beim Entladevorgang möglichen Fallhöhen des Baggergutes liegen im Bereich von maximal etwa 6 m, berücksichtigt man den Tiefgang der eingesetzten Hopperbagger, der je nach Schiff und Ladung variiert (z. B. Tiefgang 7,1 m bei Hopperbagger „Crestway“ und 4,6 m bei Hopperbagger „Shoreway“).

Die Auswirkungen des Einbringens sehr feinkörniger Sedimente in den Wasserkörper auf der Klappstelle 5 ist auf mehreren Messprofilen stromauf der Unterbringungsstelle messtechnisch erfasst worden (siehe BfG-1329 (BfG 2001a)). Eine Zunahme der Trübung bzw. Schwebstoffkonzentrationen über eine Halbtide hinaus konnte großflächig (Entfernung < 2 km stromauf Klappstelle 5, laterale Ausdehnung noch geringer) nicht festgestellt werden. Innerhalb dieses Bereiches ist die Zunahme der Trübung auf den unteren Bereich der Wassersäule beschränkt. Oberflächennah hingegen konnte eine Ausbreitung von Baggergut messtechnisch nicht nachgewiesen werden. Diese Untersuchungsergebnisse basieren auf einer einzelnen Probeverklappung auf die Klappstelle 5 (ca. 5350 m<sup>3</sup> Laderaumvolumen an Baggergut, Unterbringung ca. 2 h nach Tnw). Von einem vergleichbaren Effekt ist auf Klappstellen 6 und 7 auszugehen. Maximale (messtechnisch nachweisbare) Ausbreitungsentfernungen von wenigen Kilometern bestätigten auch weitere in der Literatur beschriebene Untersuchungen (z. B. BfG 2010 oder Meyer-Nehls 2001).

Der Effekt eines singulären Verbringvorganges auf die Trübungsverhältnisse ist zwar kurzzeitig, d. h. in der Größenordnung von Stunden, allerdings werden die Klappstellen 5 und 7 mehrmals täglich beaufschlagt und während des gesamten Jahres genutzt. Es ist daher

möglich, dass durch Überlagerung von Einzeleffekten eine im Nahbereich zur Unterbringungsstelle anhaltend erhöhte Trübung verursacht werden könnte.

Um den Einfluss der Baggergutunterbringungen auf die Klappstellen 5 und 7 auf die Schwebstoffgehalte in der Außenems zu untersuchen, wurden die an der Dauermessstelle Knock erfassten Schwebstoffgehalte jeweils an Tagen mit und ohne Unterbringungsaktivitäten verglichen (Abbildung 4.2-2). Eine umlagerungsbedingte Erhöhung der Schwebstoffgehalte war an der Dauermessstelle Knock, die etwa 15 km binnenwärts der Klappstellen 5 und 7 gelegen ist, messtechnisch nicht erkennbar.



**Abbildung 4.2-2: Mittlere Schwebstoffgehalte ( $C_{sm}$ ) während des Flutstromes an der Dauermessstelle Knock (km 50,5) in Abhängigkeit des Oberwasserabflusses am Pegel Versen Wehrdurchstich.**

Rote Punkte repräsentieren Schwebstoffgehalte, während Umlagerungen auf den Klappstellen 5 und 7 stattfanden, blaue Punkte stellen Schwebstoffgehalte in Zeiträumen dar, in denen keine Baggergutunterbringung auf den Klappstellen 5 und 7 stattfand. Lineare Trendlinie entsprechend der Punktfarbe. Bestimmtheitsmaß ohne Baggern:  $R^2 = 0,43$ , Bestimmtheitsmaß mit Baggern  $R^2 = 0,57$

### **Auswirkungen auf das durch Strömung transportierte bzw. mobilisierbare Sediment- und Schwebstoffinventar**

Modelluntersuchungen (BAW 2014) zeigen für auf Klappstelle 5 und 7 eingebrachte Feinsedimente einen überwiegend stromauf gerichteten Rücktransport in Richtung Emders Fahrwasser (Kreislaufbaggerung/Mehrfachbaggerung von Sedimenten, die erneut im Bereich des Emders Fahrwassers zur Ablagerung kommen). Eine modellgestützte Querschnittsanalyse an der Klappstelle 5 ergab, dass innerhalb des Simulationszeitraumes nur ca. 20 % des Feinmaterials seewärts transportiert werden, während 80 % der erodierten Sedimente stromauf transportiert werden. Das Ausbreitungsmuster der auf der Klappstelle 7 umgelagerten und verdriftenden Sedimente ist vergleichbar, nur dass feinkörnige Anteile verstärkt in die niedersächsischen Wattengebiete und auch durch die Nebenrinne Emshörn transportiert werden. Im Bereich der Watten ist davon auszugehen, dass sich diese Feinkornanteile in das um Größenordnungen größere „natürliche“ Sedimentinventar einmischen und somit zu deren Entwicklung beitragen. Dort können diese Anteile zeitweise oder längerfristig zur Ablagerung kommen, erneut resuspendieren und damit dem Transportregime wieder zur Verfügung stehen (Morphodynamik der Watten). Eine modellgestützte Querschnittsanalyse für Klappstelle 7 ergibt einen etwas geringeren Rücktransport stromauf von 65 % des umgelagerten Baggergutes; ca. 35 % werden seewärts transportiert (vgl. BAW 2014). Die für die Klappstellen 5 und 7 berechneten Transportverhältnisse sind auch auf die Klappstelle 6 übertragbar.

Im Gegensatz zum stetigen Sedimentimport aus der Deutschen Bucht in das Ems-Ästuar bedeutet die Unterbringung von Baggergut aus den Bereichen Emders Fahrwasser/Gatjebogen auf den Klappstellen 5 und 7 keine externe Zugabe von Sedimenten/Schwebstoffen. Das Baggergut wird demselben Sedimenthaushalt entnommen und an anderer Stelle wieder zurückgeführt; das Baggergut ist Bestandteil eines großen Materialkreislaufes im Bereich der Außenems (vgl. BAW 2014).

Die Baggerung und Umlagerung in Verbindung mit Kreislaufbaggerung bewirkt eine anhaltende Erhöhung von Sediment-/Schwebstofffrachten. Messtechnisch wurde dieser Effekt bislang noch nicht nachgewiesen (siehe Abbildung 4.2-2). Als ein grober Richtwert, abgeleitet aus den modellbasierten Untersuchungsergebnissen in BAW (2014), kann möglicherweise von einem Anteil am Gesamttransport im einstelligen Prozentbereich ausgegangen werden.

Auszuschließen ist, dass die Umlagerung von Baggergut auch in flutstromdominanten Systemen wie dem der Tideems ursächlich für die hohen und weiter ansteigenden Schwebstoffgehalte in Außen- und vor allem Unterems verantwortlich ist.

### **Auswirkungen auf Substratzusammensetzung**

Untersuchungen zeigen, dass sich im überwiegend sandigen Sohlsubstrat der Klappstellen 5 und 6 Schlicklinsen sowie flächigere Schlickeinlagerungen finden, die vermutlich auf die Baggergutunterbringung zurückzuführen sind. Im Bereich der Klappstelle 7 war aufgrund der Umlagerung großer Mengen feinkörniger Sedimente aus dem Emders Fahrwasser eine Verfeinerung des Sohlsubstrates zu beobachten (BfG 2001a, BfG 2000a).

Verdriftungsrechnungen in BAW (2014) zeigen, dass Anteile des Baggergutes von den Unterbringungsstellen in Richtung der Niedersächsischen Watten transportiert werden. Mit wachsender Entfernung zu den Unterbringungsstellen wird sich das verdriftende Baggergut in das erheblich größere Sedimentinventar der Watten vollständig einmischen. Es ist davon auszugehen, dass das von der Unterbringungsstelle verdriftende Feinmaterial großräumig in Bereiche mit vergleichbarer Körnung sedimentiert (natürliche Klassierung). Außerhalb des Nahbereichs der Unterbringungsstellen können Auswirkungen auf die Substratzusammensetzung ausgeschlossen werden.

#### **Auswirkungen auf Sohltopographie und Morphodynamik**

Die Differenzbildung der Geländeaufnahmen von 1985 und 2007/2008 zeigt, dass bei den in den letzten Jahren hauptsächlich beaufschlagten Klappstellen 5 und 7 Auflandungen nahezu nicht zu verzeichnen sind. Von dem auf den Klappstellen 5 und 7 untergebrachten feinkörnigen Baggergut lagert sich nur ein geringer Anteil zwischenzeitlich auf der Sohle ab („Durchgangsklappstelle“), was im Fall einer mengenintensiven Beaufschlagung zu einer Verfeinerung der Sohlimente im Nahbereich, jedoch nicht zu einer signifikanten Aufhöhung der Sohltopographie geführt hat (vgl. BfG 2001a). Baggergutanteile, die sich nicht ablagernd bzw. nach Ablagerung erneut resuspendiert werden, verdriften weiträumig. Die in der weiteren Umgebung zu den Unterbringungsstellen vorhandene Morphodynamik ist das Ergebnis natürlicher Umlagerungsprozesse (Sande, Watten, Verlagerung von Rinnensystemen etc.) und nicht auf die Baggergutunterbringung zurückzuführen.

#### 6) Unterhaltungsbaggerungen Fahrwinne Außenems ab Ems-km 53

##### **Auswirkungen auf Schwebstoffkonzentrationen (bzw. Trübungsverhältnisse)**

Messdaten zu lokalen Trübungseffekten aufgrund singulärer Baggervorgänge liegen nicht vor. Aufgrund des deutlich gröberen Sedimentes (überwiegend sandige, teilweise kiesige Sedimente) werden die Effekte durch Baggerung und Aufnahme des Sedimentes auf die Schwebstoffkonzentration bzw. die Trübungsentwicklung vernachlässigbar gering sein. Nur in Teilbereichen mit Sedimenten schluffig-sandiger Zusammensetzung können Feinkornanteile durch den Baggervorgang in Suspension gelangen.

##### **Auswirkungen auf Sohltopographie und Morphodynamik (zugleich werden in diesem Absatz auch die Auswirkungen auf das durch Strömung transportierte bzw. mobilisierbare Sediment- und Schwebstoffinventar behandelt)**

Im Bereich des Fahrwassers der Außenems werden sowohl flächenhafte Eintreibungen (Morphodynamik der Watten) als auch lokale Einzeluntiefen (Aufwachsen von Transportkörperstrukturen) im Rahmen der Unterhaltung gebaggert. Das sandige Baggergut wird abtransportiert und auf ausgewiesenen Unterbringungsstellen (in den letzten Jahren ausschließlich die Klappstelle 2) dem Sedimenthaushalt wieder zugegeben (Unterbringung von Baggergut).

Zusätzlich werden in den zu unterhaltenen Bereichen der Fahrwinne auch von Dritten sandige Sedimente gebaggert, die beispielsweise zu Bauzwecken genutzt und damit dem Sedimenthaushalt der Außenems entnommen werden (vgl. Kap. 2). Jede Sandentnahme bedeutet grundsätzlich eine Schwächung der weiteren Entwicklung der Wattflächen im Bereich der

Außenems und der Transportkörperstrukturen im Bereich der Fahrrinne. Untersuchungen über die vergangene Entwicklung des Sedimenthaushalts und der Entwicklung dieser morphologischen Strukturen liegen jedoch nicht vor. Diese wären erforderlich für eine weitergehende Beurteilung der Auswirkungen durch Sandentnahmen auf den Sedimenthaushalt und morphologische Strukturen (Watten und Transportkörperstrukturen auf der Gewässersohle). Strömungsdynamisch haben diese Strukturen eine dämpfende Wirkung auf die mit der Flut einströmende Tideenergie.

### **Auswirkungen auf Substratzusammensetzung**

Im Zuge der Unterhaltung werden nur frisch abgelagerte Sedimente baggertechnisch entfernt. Die Substratzusammensetzung der nach Wiederherstellung der für die Schifffahrt erforderlichen Wassertiefen erneut sich ablagernden Sedimente bleibt weiterhin sandig.

### 7) Klappstellen 1 bis 4

#### **Auswirkung auf Schwebstoffkonzentrationen (bzw. Trübungsverhältnisse)**

Beim Unterbringen von sandigem Baggergut kann eine Erhöhung der Schwebstoffgehalte/Trübungsverhältnisse ausgeschlossen werden. Zumeist weist das auf den Klappstellen 1 bis 4 (aktuell nur auf Klappstelle 2) untergebrachte Baggergut vernachlässigbar geringe Schluffanteile (< 5 Gew.-%) auf, die beim Umlagerungsvorgang in Suspension geraten. Mit ansteigenden Schluffanteilen wächst der umlagerungsbedingte Effekt, wird bei Baggergut aus der Außenems aber stets deutlich unter den in 5) beschriebenen Auswirkungen (schlickiges Baggergut) liegen.

#### **Auswirkungen auf das durch Strömung transportierte bzw. mobilisierbare Sediment- und Schwebstoffinventar**

Untersuchungen zur Transportrichtung der sandigen Sedimente, welche nach Baggerung auf die Klappstellen 1 bis 4 (aktuell nur Klappstelle 2) untergebracht werden, liegen nicht vor. Aufgrund des geringen Feinkornanteils sind die unterbringungsbedingten Auswirkungen (z. B. durch Verdriftung) auf Schwebstofftransporte und Feinmaterialbilanzen vernachlässigbar gering.

#### **Auswirkungen auf Substratzusammensetzung**

Die Gewässersohle im Bereich der Klappstellen 1 bis 4 ist sandig, in Teilbereichen auch leicht kiesig. Das auf diesen Stellen untergebrachte Baggergut ist überwiegend sandig. Mögliche Auswirkungen auf die Substratzusammensetzung bleiben damit auf Veränderung innerhalb der Sandfraktionen (Fein-, Mittel-, Grobsand) beschränkt. Aktuell werden die Klappstellen 1, 3 und 4 nicht genutzt. Die weiterhin aktive Klappstelle 2 wird bereits seit Jahrzehnten mit Baggergut beaufschlagt.

#### **Auswirkung auf Sohltopographie und Morphodynamik**

Die sandigen Anteile verbleiben nach der Unterbringung in der Außenems, lagern sich zuerst im Bereich der Unterbringungsstelle ab und werden von dort durch die vorherrschende Morphodynamik abtransportiert und weiter natürlich umgelagert.

## 4.2.2 Summarische Auswirkungen

Zentrales morphologisches Defizit in der Tideems sind die ungünstigen und weiterhin großräumig ansteigenden Schwebstoffverhältnisse und in Folge dessen auch die Verschlickung großer Teile des Ems-Ästuars (vgl. Kap. 3). Die Trübung in der Außenems hat in den letzten Jahrzehnten zugenommen. Noch deutlicher in Bezug auf Schwebstoff und Trübung waren die Veränderungen in der Unterems, die im aktuellen Zustand durch das großräumige Auftreten von Fluid Mud charakterisiert wird. Der Zustand des Sedimenthaushaltes ist weit entfernt von einer ausgeglichenen Sedimentbilanz, die als Zielsetzung im Fachbeitrag „Natura 2000“ zum IBP Ems (KÜFOG 2014) genannt ist.

Entlang des Ems-Ästuars werden verschiedene Unterhaltungsaktivitäten durchgeführt. Die auf den Ort bzw. auf das nähere Umfeld begrenzten Auswirkungen der Unterhaltungstätigkeit der WSV auf Hydromorphologie/Sedimenthaushalt sind auf Grundlage der verfügbaren Literaturbasis in Kapitel 4.2.1 beschrieben. Umfang, Tiefe und Aktualität an Untersuchungsergebnissen, welche zur Beurteilung einer summarischen Auswirkung auf den Schwebstoffhaushalt herangezogen werden konnten, sind jedoch sehr unterschiedlich.

Die unterhaltungsbedingten Auswirkungen müssen getrennt von den Auswirkungen einer Bandbreite an weiteren Einflussfaktoren betrachtet werden, welche die Tidedynamik und den Sedimenthaushalt im Ems-Ästuar in der Vergangenheit stark geprägt und einen erheblichen Einfluss auf die (als nicht positiv zu bewertenden) Entwicklungen der vergangenen Jahrzehnte gehabt haben können (vgl. Kap. 3):

- > die veränderliche Dynamik von Meeresspiegel, Tide, Wind, Oberwasserabfluss, die Morphodynamik der Watten oder die Intensität des Küstenlängstransportes von Feinsedimenten etc.
- > alle anthropogenen Eingriffe in das natürliche Ästuarsystem wie z. B. Verlust an Sedimentationsräumen durch Eindeichung, Anpassungen der Fahrrinnen (inklusive morphologischen Nachlaufs, Tideasymmetrie etc.), Strombau zur Sicherung der Fahrrinne (z. B. Buhnen, Längsbauwerke), Sandentnahmen für bauliche Zwecke sowie deren Einfluss auf die oben genannten Einflussgrößen oder sedimentinduzierte Transporte durch Schiffspassagen.

### **Unterhaltungsbedingte Auswirkungen auf das Gesamtsystem**

Das Ems-Dollart Ästuar ist unabhängig von der Unterhaltungsstrategie ein Importsystem für Feinsedimente. Ursache hierfür sind die hydrodynamischen Verhältnisse (Asymmetrie der Tide) (BAW 2014, vgl. Kap. 3). Eine Quelle dieser Feinsedimente ist der küstenparallele Längstransport. Durch die derzeitige Unterhaltungspraxis werden dem Sedimentinventar des Ems-Dollart Ästuars keine zusätzlichen Feinsedimente von außerhalb hinzugefügt.

Bei allen Maßnahmen der Unterhaltung werden im Bereich der Fahrrinne frisch abgelagerte Sedimente gelöst und je nach Baggerverfahren an derselben Stelle oder im Bereich einer Unterbringungsstelle dem Wasserkörper als Sediment-Wasser Gemisch hinzugegeben. Ausnahme ist die landseitige Unterbringung des Baggergutes aus der Unterems. Auf diese Weise werden WSV-seitig im Durchschnitt ca. 8 Mio. m<sup>3</sup>/a im Ems-Dollart Ästuar (überschlägige Summe aus hydrodynamischen Verfahren und Hopperbaggerung) remobilisiert und

dem Sedimenttransportgeschehen wieder zugeführt. Zusätzlich zu den WSV-seitig gebaggerten Mengen werden im Zuge der Unterhaltungsaktivitäten Dritter (z. B. deutsche und niederländische Häfen) noch weitere, überwiegend feinkörnige Baggermengen in einer ähnlichen Größenordnung umgelagert (vgl. Kap. 2). Sandige Baggeranteile (mindestens 0,5 bis 1,5 Mio. m<sup>3</sup>/a) werden nach Umlagerung auf eine Unterbringungsstelle sohlgebunden bzw. sohlnah transportiert, der Einfluss auf den Schwebstoffgehalt und -transport bleibt daher auf die Feinkornanteile (Schluffe und Ton) des Baggergutes beschränkt.

Mit der aktuellen Unterhaltungsstrategie der WSV und Dritter ist verbunden, dass sich ein Großteil des feinkörnigen Baggergutes im Bereich der Außenems in einem großräumigen Materialkreislauf wiederfindet (für die Einzelwirkungen der WSV-Aktivitäten siehe Kap. 4.2.1). Nur ein sehr kleiner Anteil der im Ems-Dollart Ästuar umgelagerten Sedimente wird dauerhaft mit der Ebbeströmung aus dem Ästuar entfernt und damit dem Feinsedimenthaushalt entnommen. Der Beitrag der Unterhaltung in der Außenems/Emder Fahrwasser zur Erreichung einer ausgeglichenen Feinsedimentbilanz ist damit in Summe gering. Entsprechend schlussfolgert BAW (2014), dass die derzeitig praktizierte Umlagerungspraxis nicht geeignet ist, die Schwebstoffkonzentrationen und die Akkumulation von Feinsedimenten im Ems-Ästuar zu verringern. Für die insgesamt im Ems-Ästuar sehr hohen und weiterhin ansteigenden Schwebstoffgehalte sind jedoch nach derzeitigem Kenntnisstand andere Ursachen maßgeblich (siehe oben und vgl. Kap. 3).

Das in der Unterems anfallende Baggergut wird landseitig untergebracht und somit dem Feinsedimenthaushalt der Tideems dauerhaft entzogen. Daher kann diese Aktivität als ein unterhaltungsbezogener Beitrag zur Entlastung des Feinsedimenthaushaltes der Unterems betrachtet werden. Obwohl die genaue Größenordnung des Nettoschwebstoffimportes in die Unterems unbekannt ist, deuten die in der Vergangenheit angestiegenen Schwebstoffgehalte darauf hin, dass die im Zuge der Unterhaltung entnommenen Feinsedimentmengen um ein Vielfaches geringer sind als der Nettoimport mariner Sedimente von seewärts.

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

Der Parameter der Wasserbeschaffenheit mit der stärksten Sensitivität gegenüber den ökologischen Auswirkungen von Umlagerungen ist der Sauerstoffgehalt im Wasser. Weiterhin kann die Freisetzung von Nährstoffen und eine dadurch bewirkte Zunahme an Algen (= Eutrophierung) relevant sein.

#### Auswirkungen von Unterhaltungsmaßnahmen im tidebeeinflussten DEK

Im Bereich des Vorhafens der Schleuse Herbrum (DEK-km 212,7 bis 213,6) werden Sedimente mittels WI-Verfahren geräumt (Kap. 2.7). Bei einer Untersuchung zu den Auswirkungen einer WI-Maßnahme bei der im März 2010 ca. 100.000 m<sup>3</sup> aus dem Vorhafen in den unterliegenden DEK-Abschnitt bzw. in die Unterems verspült wurden (vgl. Abbildung 4.2-1), konnte beobachtet werden, dass es in unmittelbarer Nähe zum Arbeitsbereich des Gerätes sowie über kurze Zeiträume zu deutlichen Absenkungen des Sauerstoffgehaltes kam (BfG 2010). Weniger starke Auswirkungen waren auch noch bis zur ca. 4 km stromab gelegenen Messstation Rhede nachweisbar. Maßgeblich für die Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt

sind der Grad der Einmischung der remobilisierten Sedimente und dessen Porenwasser in den Wasserkörper. Die eingemischten reduzierten Verbindungen führen zu chemischen und mikrobiellen Sauerstoffzehrungen und damit zu einem Rückgang der Sauerstoffgehalte. Daher geht meist eine Absenkung des Sauerstoffgehaltes mit einem entsprechenden Anstieg der Schwebstoffkonzentration einher. Diese Pilotmaßnahme fand unter günstigen Randbedingungen statt: Hohe Oberwasserabflüsse bewirkten eine starke Verdünnung der eingemischten Sedimente und das hohe Oberwasser bewirkte gleichzeitig hohe Sauerstoffgehalte ( $> 10$  mg/l) sowie niedrige Wassertemperaturen ( $< 10$  C°). Dies bewirkte, dass die beobachteten Sauerstoffrückgänge „abgepuffert“ wurden und ein Wert von 4 mg/l nicht unterschritten wurde. Für das Ausmaß der Absenkung der Sauerstoffkonzentration spielt dabei die Wassertemperatur eine wichtige Rolle, da höhere Wassertemperaturen stärkere mikrobielle und chemische Umsatzraten und damit Sauerstoffzehrungen verursachen.

Bei kleineren WI-Maßnahmen wurden im August 2011 ca. 5.000 m<sup>3</sup> innerhalb von 5 Tagen und im August 2012 ca. 10.000 m<sup>3</sup> innerhalb von 10 Tagen aus dem Vorhafen entfernt (WSA Meppen 2012 und 2013). Die WI-Arbeiten fanden bei ungünstigen Randbedingungen mit hohen Wassertemperaturen ( $> 15$  C°) und zeitweise geringen Sauerstoffgehalten ( $< 4$  mg/l) statt. Die Auswirkungen waren auch auf Grund hoher Schwebstoffgehalte und schon bestehender geringer Sauerstoffkonzentrationen schwer zu erfassen.

Die für den WI-Einsatz beschriebenen Wirkungspfade lassen sich auch auf das Unterhaltungsverfahren „Schlickeggen“ übertragen. Hierbei ist aber zu beachten, dass beim Schlickeggeneinsatz pro Tide deutlich geringere Sedimentmengen mobilisiert werden und damit auf Grund der Verdünnung/Vermischung nur sehr geringe Auswirkungen auf den Sauerstoff zu erwarten sind. Diese Einschätzung gilt auch für einen permanenten, immer zu Ebbzeiten stattfindenden Einsatz.

Bei der Beurteilung der Auswirkungen des WI-Einsatzes sind die zeitliche Dauer und Intensität (= mobilisiertes Sedimentvolumen) entscheidende Größen für das Ausmaß der Beeinträchtigungen. Werden geringere Sedimentmengen pro Ebbphase bzw. über mehrere Tage mobilisiert, ist mit einer entsprechend stärkeren Verdünnung der in die Wassersäule eingetragenen Sauerstoff zehrenden Verbindungen zu rechnen. Liegen zudem noch hohe Oberwasserabflüsse, niedrige Wassertemperaturen und hohe Sauerstoffgehalte vor, können die Folgen der WI-Aktivität in der DEK-Strecke der Unterems abgepuffert werden, so dass die Sauerstoffgehalte einen Wert von 4 mg/l nicht unterschreiten. Dabei ist zu beachten, dass diese Aussagen für die Auswirkungen auf den Wasserkörper gelten, da überwiegend oberflächennahe Messwerte bei den Monitoringprogrammen erfasst wurden. Daher gelten die Aussagen nur eingeschränkt für sohnnahe Bedingungen, hier können bei vermutlich geringerer Verdünnung der reduzierten Stoffe stärkere Sauerstoffrückgänge entstehen.

Der während der WI-Maßnahme erfolgte Rückgang der Sauerstoffkonzentration im Wasserkörper wird nach Beendigung der Maßnahme weitestgehend wieder ausgeglichen. Aufgrund der biologischen, teilweise sehr „langsamen“ Zehrungsraten kann aber auch längerfristig und auch über längere Gewässerabschnitte eine sehr geringe Beeinträchtigung

des Sauerstoffhaushaltes durch Wasserinjektionsbaggerungen nicht vollständig ausgeschlossen werden.

#### Auswirkungen in der Unterems - Baggervorgang

Hinsichtlich der Auswirkungen der Unterhaltung in der Unterems könnte der Baggervorgang prinzipiell negative Auswirkungen auf Sauerstoff- und Nährstoffverhältnisse des Gewässers hervorrufen. Die anschließende Unterbringung des feinkörnigen Baggergutes an Land bewirkt einen geringen Rückgang des Angebotes an zehrfähigem Material in der Unterems; dies dürfte zu einer - wenn auch sehr geringen - mengenmäßigen Entlastung des organischen Kohlenstoffs und damit zu einer Entlastung des Sauerstoffhaushaltes führen.

Ob die Unterbringung an Land aber die Sauerstoffgehalte beeinflusst, ist nur schwer zu beurteilen. Wirksam würden geringere organische Kohlenstoffgehalte nämlich nur dann, wenn die Konzentrationen unterhalb eines Sättigungswertes fielen und so limitierend auf die Sauerstoffzehrung wirken würden. Davon ist aber nicht auszugehen, da die in der Tideems befindliche Gesamtschwebstoff und -sedimentmenge bzw. organische Kohlenstoffmenge deutlich über der mittels Baggerung entnommenen Menge liegt. Unter den extrem hohen Schwebstoffgehalten mit Fluid-Mud-Bildungen in der Unterems wird der Sauerstoffhaushalt von der Sauerstoffzehrung durch die Schwebstoffe bzw. deren organischen Anteil bestimmt. Der Anteil der liegenden Sedimente am Sauerstoffdefizit ist als nur gering einzuschätzen.

Beim Baggervorgang ist davon auszugehen, dass durch das Bewegen des Baggerkopfes Porenwasser freigesetzt und Sedimente aufgewirbelt werden und als gelöste Stoffe bzw. Schwebstoffe in die Wassersäule gelangen. Dort werden die gelösten reduzierten Verbindungen bei Anwesenheit von Sauerstoff chemisch und biologisch katalysiert oxidiert. Der organische Anteil der Schwebstoffe wird von den Bakterien abgebaut. Diese Prozesse bewirken eine Sauerstoffzehrung (vgl. auch Erläuterungen im Abschnitt Außenems) und führen - wenn auch nicht durch Messungen belegbar - zu einem Rückgang der Sauerstoffgehalte. Ebenso dürfte die Schiffbewegung des Baggerschiffs, insbesondere des abgeladenen, zu einem zusätzlichen Einmischen von Schwebstoffen und gelösten reduzierten Verbindungen (NH<sub>4</sub>, Mn, Fe, S) in den Wasserkörper führen und damit zusätzliche Sauerstoffzehrungen und Sauerstoffgehaltsabsenkungen bewirken (dies gilt gleichermaßen für passierende Güterschiffe). Sauerstoffabsenkungen beim Baggern hängen prinzipiell stark von den Wassertemperaturen und den vorliegenden Schwebstoffbedingungen sowie der Intensität (Dauer bzw. Einsätze pro Streckenabschnitt) der Baggerkampagnen ab. Die durch den Baggervorgang bewirkten Sauerstoffzehrungen bzw. die dadurch hervorgerufenen Absenkungen des Sauerstoffgehalts sind in der Unterems auf Grund der bestehenden hohen Sauerstoffzehrungen messtechnisch nur schwer zu erfassen. Im Vergleich zu Sauerstoffrückgängen nach einer Verklappung von feinen organikhaltigen Sedimenten (vgl. Außenems) sind die Auswirkungen beim Baggern vermutlich geringer und lokal noch begrenzter.

Für eine Beurteilung der Auswirkungen des Baggerns in der Unterems sind auch die über weite Zeiträume des Jahres vorherrschenden ungünstigen Sauerstoffverhältnisse (vgl. Kap. 3.4.1) ein wesentlicher Faktor. Durch die sehr hohe Vorbelastung des Sauerstoffhaus-

haltes können auch geringe zusätzliche Belastungen durch das Baggern zu Unterschreitungen von Sauerstoffrichtwerten führen und damit die Lebensgrundlagen von Tieren einschränken.

Im Anhang sind die Baggerkampagnen der Jahre 2006 bis 2012 und die gleichzeitig gemessenen Sauerstoffgehalte an den Stationen Papenburg und Leerort sowie der Oberwasserabfluss im Detail dargestellt und diskutiert. Deutliche allein den kampagnenartigen Unterhaltungsaktivitäten zuzuordnende Auswirkungen auf die Sauerstoffbedingungen in der Unterems sind - auch auf Grund der starken Vorbelastung - aus den gezeigten Überwachungsdaten nicht zu erkennen. So traten auch in Zeiten ohne Unterhaltungskampagnen bei geringen Oberwasserabflüssen deutliche Sauerstoffdefizite und Tagesminima von 0 mg/l bei Papenburg auf. Demgegenüber waren im Jahr 2007 bei mehreren Oberwasseranstiegen im Sommer trotz einer sommerlichen Unterhaltungskampagne vergleichsweise günstige Sauerstoffbedingungen in Papenburg und Leerort zu beobachten. Ebenso fiel die Unterhaltungskampagne im Herbst 2010 mit einem deutlichen Anstieg des Oberwassers zusammen, so dass während der Kampagne sowohl in Papenburg als auch in Leerort im Mittel ausreichend gute Sauerstoffgehalte vorlagen. Am ehesten scheinen Auswirkungen der Baggerungen in den Jahren 2007 bis 2009 im Abschnitt km 10,8 - 14,8 an der Messstation Leerort erkennbar (vgl. Anhang).

#### Auswirkungen im Emders Fahrwasser und in der Außenems - Baggervorgang

Beim Baggervorgang kann mit nur sehr geringen Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt gerechnet werden, da nur geringe Mengen zehrungsfähigen Materials aufgewirbelt bzw. in der Wassersäule eingemischt werden. Auch ist durch die hohen Turbulenzen und intensiven Vermischungsprozesse insbesondere im Bereich der Fahrrinne der Außenems eine starke Verdünnung gegeben. Am ehesten können bei Baggerungen im Emders Fahrwasser mit den schluffigsten Sedimenten (siehe unten) und den vergleichsweise zur Außenems geringeren Sauerstoffgehalten im Wasser nachteilige Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt vermutet werden (siehe Kap. 5.3). Baggerungen überwiegend grobkörniger Sediment in der Außenems haben keine oder nur sehr geringe Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt.

#### Auswirkungen in der Außenems - Baggergutunterbringung

Bei den Sedimentumlagerungen (insbesondere von feinkörnigem Material) kommt es zum Eintrag reduzierter Verbindungen ( $\text{NH}_4^+-\text{N}$ , Mn, Fe, S) sowie abbaubarem organischen Material (partikulär und gelöst) in den Wasserkörper. Die Folge ist ein erhöhter Sauerstoffverbrauch durch eine erhöhte mikrobielle Sauerstoffzehrung von Kohlenstoffverbindungen und Ammonium. Insbesondere beim Unterbringen von Baggergut werden vormals in Sedimenten gebundene/befindliche Nährstoffe in Form von gelösten Nährstoffverbindungen aus Porenwasser oder partikulärer Verbindungen über die Schwebstoffe in den Wasserkörper eingetragen. Die Folgen sind eine höhere Verfügbarkeit dieser Nährstoffe für Primärproduzenten sowie eventuell erhöhte Frachten in die Nordsee. Für die Beurteilung von Auswirkungen ist daher die Qualität des umgelagerten Sediments ein wichtiger Faktor, allerdings sind auch die Rahmenbedingungen am Unterbringungsort entscheidend (Verdünnungseffekte, Sauerstoffgehalte etc.).

Das Baggergut im Emders Fahrwasser, von wo das Sediment zu den Klappstellen 5 bis 7 (probeweise und ggf. zukünftig teilweise auch auf Klappstelle K2 im Dollartmund) gebracht

wird, weist im Mittel Glühverluste (d. h. einen Anteil an organischer Substanz) von 4,9 % auf (Leuchs et al. 2008). Die höchsten Glühverluste mit 9,2 und 9,9 % treten bei Ems-km 45 und km 42 auf. Die Phosphorgehalte des Baggergutes lagen für die Ems im Mittel bei 1.620 mg P/kg TS. Der Richtwert 1 (RW1) der GÜBAK von 500 mg P/kg TS wurde damit in allen Proben um das 2- bzw. 2,5-fache überschritten. Die Gesamtstickstoffgehalte in der Gesamtfraktion (< 2-mm-Fraktion) des Baggergutes betragen im Mittel 4900 mg N/ kg TS, wobei die Gehalte zwischen 3.606 und 6.094 mg N/kg TS schwankten. Die Gesamt-Stickstoffgehalte im Baggergut überschreiten in den Proben deutlich den Richtwert 1 (RW1) der GÜBAK von 1500 mg N/kg TS. In Sedimenten ist ein Teil des Stickstoffs als mobiles Ammonium entweder im Porenwasser gelöst oder an Feststoffen adsorbiert. Diese „austauschbare“ Fraktion kann potenziell beim Verklappen des Baggergutes in kurzer Zeit freigesetzt werden. Durch Elutionsversuche kann die freisetzbare Ammoniummenge ermittelt werden. Die Proben aus dem Emden Fahrwasser wiesen im November 2007 Ammoniumgehalte im Eluat von kleiner 0,1 bis 3,1 mg NH<sub>4</sub>-N/l auf. Alle 12 Proben lagen unterhalb des GÜBAK-Richtwertes 1 (RW1) für eluierbares Ammonium, der bei 6 mg N/l liegt.

Die untersuchten Proben wiesen große Unterschiede bezüglich der Höhe der Sauerstoffzehrung auf. In den Proben aus dem Bereich von km 43 - 50 sowie der Probe bei km 41 konnten nur geringe Zehrungen bestimmt werden, die deutlich unter 1 g O<sub>2</sub>/kg TS lagen. Nur in den Proben an km 40 und 42 wurden mit Werten von 1,6 und 1,9 g O<sub>2</sub>/kg TS Sauerstoffzehrungen gemessen, die zu der schlechteren Einstufung „mittlere Sauerstoffzehrung“ für diese Proben führen (Leuchs et al. 2008).

Bei einer mittleren jährlichen Baggergutgesamtmenge von 5,3 - 8,3 Mio. m<sup>3</sup>/pro Jahr (2006 - 2012) bzw. von Baggergut aus dem Emden Fahrwasser von 2,8 - 4,2 Mio. m<sup>3</sup>/pro Jahr (2006 - 2012) sind trotz der teilweise hohen Nährstoffbeladung des Baggergutes und dessen „mittleren“ Sauerstoffzehrungen nur geringe Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt an den Klappstellen 5 und 7 zu erwarten. Wichtigster Grund hierfür ist die starke Verdünnung der beim Verklappvorgang eingemischten gelösten Stoffe die starke Verdriftung der Feinkornanteile. Hierzu zählen auch die nach dem Verklappen wieder stromauf in das Ems-Ästuar transportierten Sedimentanteile (BAW 2014, vgl. auch Kap. 4.2). Das dynamische System der Außenems weist zudem stabile Sauerstoffgehalte auf, so dass die durch die Vermischung dann sehr geringen zusätzlichen Sauerstoffzehrungen durch das Baggergut ausgeglichen werden können. Der beim Verklappen dennoch stattfindende Eintrag von Nährstoffen in die Wassersäule sowie die langfristig wirksame Freisetzung von Nährstoffen aus den Sedimenten können das Algenwachstum im Wasserkörper fördern. Eine durch die Verklappung bedingte Zunahme der Trübung (vgl. Kap. 4.2) bewirkt dagegen eine Verschlechterung der Lichtbedingungen für das Algenwachstum und damit einen Rückgang der Algengehalte. Die Anfälligkeit des Systems gegenüber nachteiligen Auswirkungen unterliegt saisonalen Unterschieden. So ist in der Vegetationsperiode des Phytoplanktons (April - Oktober) ein generell höherer Einfluss der Baggergutunterbringung möglich als in der übrigen Jahreszeit.

Insgesamt sind die Auswirkungen auf den Sauerstoff und das Phytoplankton sehr gering, da beim einzelnen Verklappvorgang sowohl eine erhöhte Sauerstoffzehrung, eine Zunahme der

Trübung als auch eine Zunahme der Nährstoffgehalte nur lokal und kurzzeitig auftreten. Bei der regelmäßigen erfolgenden Beschickung der Unterbringungsstellen überlagern sich die Effekte der einzelnen Verklappvorgänge, wobei auch bei mehrmals täglich stattfindenden Verklappungen eine weiterhin starke Vermischung mit dem umliegenden großen Wasserkörper gegeben ist und so die Auswirkungen auf die Nährstoff- und Sauerstoffkonzentrationen im Wasser stark verringert werden. In der Zeit von November bis März ist auf Grund der dann geringen Wassertemperaturen die Belastung des Sauerstoffhaushaltes zudem vermindert, da die Sauerstoffzehrung bei geringen Temperaturen langsamer abläuft und die Hintergrundwerte des Sauerstoffs generell höher liegen.

Die Auswirkungen auf die benthische Primärproduktion auf den Wattflächen in der Außenems sowie im angrenzenden Ästuarbereich können z.Zt. nur schwer abgeschätzt werden. In der Tendenz führt eine Zunahme der Sedimentation auf den Wattflächen und eine Erhöhung der Trübung, d.h. verminderte Durchlichtung des Wasserkörpers, zu einem Rückgang der benthischen Primärproduktion. Durch die Unterbringung und die anschließende Verdriftung kann nur im unmittelbar betroffenen Nahbereich eine messtechnische erfassbare Erhöhung der Trübung ermittelt werden. Daher dürfte zunächst nur die Primärproduktion der im Nahbereich der Unterbringungsstellen liegenden Watten beeinflusst werden. Auswirkungen auf die Primärproduktion von weiter entfernt liegenden Wattflächen dürften hingegen kaum zu erwarten sein.

Ein verklappbedingter zusätzlicher Nährstoffeintrag dürfte zu keiner Steigerung der Primärproduktion führen, da von keiner Nährstofflimitierung der benthischen Algen auf den Wattflächen auszugehen ist

Durch die Unterbringung von sandigem Baggergut insbesondere auf Klappstelle 2 sind keine Auswirkungen auf Sauerstoff- oder Nährstoffverhältnisse zu erwarten.

#### **4.4 Schadstoffbelastungen und ökotoxikologische Wirkungen**

Grundsätzlich stehen Schadstoffbelastungen und das ökotoxikologische Belastungspotenzial der Sedimente in enger Beziehung und zeigen dieselben Abhängigkeiten zu Umweltfaktoren.

Im Ems-Ästuar, das überwiegend von marinen Sedimenten geprägt ist, spielen Schadstoffe durch deren geringe Konzentrationen eine deutlich geringere Rolle als in den Ästuaren von Weser und Elbe. Es ist auch festzustellen, dass das Ems-Ästuar durch die starke Durchmischung der transportierten Feststoffe keine ausgeprägten Schadstoffgradienten aufweist.

Durch die sowohl bei Unterbringung als auch in geringerem Maß bei den Baggerungen auftretende Resuspendierung von zuvor konsolidierten Sedimenten werden die an die resuspendierten Sedimente gebundenen Schadstoffe in Abhängigkeit von den Strömungsverhältnissen transportiert und tragen so über die erhöhte Trübung/ Schwebstoffkonzentration rechnerisch zu einer Erhöhung der Schadstoffmenge in der Wasserphase bei. Die Menge der in Suspension befindlichen Schadstoffe ist vor allem vom Anteil der Feinkornfraktionen und dem TOC-Gehalt des Schwebstoffes abhängig. In sandigen Baggerbereichen, wie in der Außenems anzutreffen, ist die Menge resuspendierter Feinsedimente jedoch vergleichsweise

gering. In der Unterems liegen jedoch Feinkornanteile von > 50 % vor. Durch deren geringe Schadstoffgehalte ist die Schadstoffmobilisierung auch hier relativ niedrig.

Liegen keine primären lokalen Schadstoffquellen in den Baggerbereichen vor, wovon in der Fahrrinne der Tideems auszugehen ist, so führen Unterhaltungsbaggerungen und aquatische Unterbringung zwar zu einer Beschleunigung des feststoffgebundenen Schadstofftransports, sie tragen aber keine neuen Schadstoffe in das System ein.

Hinsichtlich der ökotoxikologischen Eigenschaften bestehen zwischen dem potenziellen Baggergut und den Sedimenten der Unterbringungsstellen keine nennenswerten Unterschiede. Basierend auf den vorliegenden Untersuchungsergebnissen ist die ökotoxikologische Belastung der Sedimente der Tideems als gering (Toxizitätsklassen 0 bis II) einzuschätzen, in den letzten Jahren waren nur noch sehr geringe bzw. keine Toxizitäten nachzuweisen (Toxizitätsklassen 0 bis I) (vgl. Kap. 3).

Als Folge von Baggerungen und Baggergutunterbringung im Rahmen von Unterhaltungsmaßnahmen sind demnach sowohl hinsichtlich der Schadstoffbelastung als auch aus ökotoxikologischer Sicht keine relevanten Veränderungen zu erwarten.

## **4.5 Makrozoobenthos**

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

### Tidebeeinflusster DEK / Schleuse Herbrum

Bezüglich der möglichen Auswirkungen der Durchführung von Wasserinjektion bzw. der Unterhaltung mittels Schlickegge im unteren Vorhafen der Schleuse Herbrum ist mit keiner Auswirkungen auf die dort noch vorhandene Benthosfauna zu rechnen. In diesem Bereich gibt es aufgrund der Fluid-Mud-Problematik nur noch eine stark reduzierte Besiedlung (vgl. Kap. 3.6.1.1).

### Unterems und Emders Fahrwasser

In der Unterems und im Emders Fahrwasser ist aufgrund der Fluid-Mud-Problematik ebenfalls nur noch eine stark reduzierte Benthosfauna vorhanden (vgl. Kap. 3.6.1.1), so dass im Rahmen der Baggerung nicht mit Auswirkungen auf die noch vorhandenen Arten zu rechnen ist.

### Außenems und Dollart

Die Entnahme von Sediment bei der Baggerung stellt eine Beeinträchtigung für das Makrozoobenthos dar, da der Baggerbereich hierdurch weitgehend defauniert wird. Für die durch Baggerung betroffene Benthosfauna in der Fahrrinne kann aufgrund der dort vorherrschenden dynamischen Verhältnisse und der daraus resultierenden Anpassung der Tiere mit einer zügigen Wiederbesiedlung gerechnet werden. Durch wiederkehrende Unterhaltungsaktivitäten kommt es jedoch immer wieder zu bereichsweisen Störungen.

Bei der Überdeckung 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. Viele benthische Wirbellosen-Gemeinschaften im Küsten- und Ästuarbereich weisen insgesamt ein relativ hohes Regenerationspotenzial auf. Nach Störungen, wie sie auch eine Baggergutunterbringung darstellt, sind Regenerationszeiten von Zönosen zwischen wenigen Wochen und mehreren Jahren dokumentiert (z.B. Essink 1999, Newell et al. 1998). Bei einer dauerhaften Veränderung der Sedimentzusammensetzung - wie dies z.B. bei dauerhaft eingerichteten Umlagerungsstellen der Fall sein kann - ist allerdings mit einer entsprechend veränderten Benthosfauna zu rechnen, vor allem wenn sich die Sedimentzusammensetzung an der Umlagerungsstelle nicht wieder in den ursprünglichen Zustand vor der Umlagerung zurück entwickelt.

Bisherige Untersuchungen der Benthosfauna an den Klappstellen 5 bis 7 zeigten zwar verklappungsbedingte Veränderungen aufgrund der Sedimentzusammensetzungen, aber an den Umlagerungsstellen kam es trotzdem nicht zu einer Verarmung der benthischen Zönosen. Ebenfalls durchgeführte Untersuchungen der Benthosfauna an den Klappstellen 1 bis 4 ließen kaum umlagerungsbedingte Einflüsse auf die Benthosfauna erkennen (BfG 2001a).

Die Unterbringung von Baggergut auf Klappstelle K2 im Dollartmund wird wohl zu einer gewissen Verschiebung der Struktur der Weichbodengemeinschaft an der Unterbringungsstelle führen, Bereiche mit einer exklusiven Besiedlung bzw. mit besonderen Habitatbedingungen sind jedoch nicht betroffen. Es lässt sich insgesamt ein hohes Besiedlungs- bzw. Wiederbesiedlungspotenzial ableiten. Deutliche Veränderungen der Benthosgemeinschaften in den durch Verdriftung betroffenen Bereichen der Gewässersohle sind nicht zu erwarten (BfG 2008a).

Die relativ geringe Gesamtfläche aller Umlagerungsstellen in der Tideems im Verhältnis zur Gesamtfläche der Tideems bedeutet zusätzlich, dass nur ein sehr kleiner Teil der Benthosfauna direkt durch die Sedimentumlagerung beeinträchtigt werden kann. Folglich kann es in der Tideems nicht zu einer Beeinträchtigung der Benthosfauna des gesamten Ästuars kommen und eine Bestandsgefährdung der Benthosfauna als Folge der direkten Sedimentüberdeckung an den Umlagerungsstellen ist nicht zu erwarten.

Auswirkungen auf die Benthosfauna können auch durch eine Erhöhung der Trübung des Wasserkörpers hervorgerufen werden. Vor allem für Filtrierer, wie z.B. Muscheln, kann eine erhöhte Trübung zu einem Problem werden, wenn ihre Nahrungsaufnahme hierdurch behindert ist. Im Ems-Ästuar kommen eulitorale Miesmuschelbänke auf dem Randzel und dem Hund und Paapsand vor (BioConsult & COFAD 2012, KÜFOG 2014), im Sublitoral wurden versprengte anthropogen verursachte Vorkommen von Miesmuscheln bei Eemshaven gefunden (IBL & IMS 2012). Die kürzeste Entfernung der ausgewiesenen Muschelbänke zu den Klappstellen 5 und 7 beträgt ca. 4,5 km (BioConsult & COFAD 2012). Bei dieser Entfernung ist nicht mit einer nachweisbaren Wirkung auf die Muschelbänke zu rechnen.

Trübungserhöhungen durch Unterhaltungsbaggerungen im Bereich der Fahrrinne ab Ems-km 53 sind aufgrund des überwiegend sandigen Sediments vernachlässigbar gering (vgl.

Kap. 4.2.1), so dass nicht mit Auswirkungen auf die Miesmuschelbänke auf Hund und Paapsand zu rechnen ist.

## 4.6 Fischfauna

Unterhaltungsbedingte Auswirkungen auf die Fischfauna sind sowohl an den Entnahmestellen (Hopperbagger bzw. Schlickegge/Wasserinjektion bei Herbrum) als auch an den Unterbringungsstellen der Ems denkbar.

Direkte Verluste von Fischen (und ihren Nährtieren) können bei der Hopperbaggerung durch **Entnahme von Baggergut** auftreten, wobei hiervon vorwiegend Fischeier und nur begrenzt fluchtfähige Fischlarven und Jungfische betroffen sein dürften. Gefährdet sind insbesondere die Eier, Larven und Jungfische von im Ästuar reproduzierenden Arten wie dem Stint und potenziell der Finte (derzeit nach BioConsult 2007 allerdings aufgrund des beeinträchtigten Sauerstoffhaushaltes keine Reproduktion in der Tideems) sowie Jungtiere von sich eingrabenden Fischarten wie Flunder und Scholle. Adulte Fische gelten als weniger gefährdet, obwohl die Anströmgeschwindigkeiten am Saugkopf mit bis zu 6 m/s auch ihre Schwimmleistung übersteigt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass durch Turbulenzen, Schallemissionen und visuelle Reize bereits vorher Meidereaktionen stattfinden und die Gefahr des Einsaugens daher für diese Tiere eher gering ist (IBL & IMS 2012).

Eine Beeinträchtigung von am Gewässerboden lebenden Fischarten wie z. B. der Flunder und von Fischnährtieren durch eine **Überlagerung mit Baggergut** an Unterbringungsstellen der Außenems sowie im Umfeld der WI-Baggerbereiche bei Herbrum kann lokal und temporär nicht ausgeschlossen werden. Durch die Überlagerung von Fischnährtieren kann das Nahrungsangebot an der Gewässersohle für Fische zumindest zeitweilig reduziert oder verändert sein (vgl. Kap. 4.5; Haesloop 2004; BfG 2008b). Aufgrund der temporären und kleinräumigen Wirkungen sind auf Populationsebene jedoch keine Auswirkungen auf Fische zu erwarten.

Eine baggerbedingte punktuelle **Lärmemission** in Baggerabschnitten führt ausschließlich zu einer kleinräumigen Umverteilung von Fischen, wobei hierbei die Wirkungen auf Fische der Außenems als geringer erachtet werden als auf Fische der Unterems, deren Ausweichmöglichkeiten aufgrund des Gewässerquerschnittes deutlich geringer sind. Auf den Unterbringungsstellen der Außenems ist ebenfalls von keinen lärmbedingten, großräumigen Effekten auf Fische auszugehen, da auch hier kleinräumige Meidereaktionen zu erwarten sind. Anhand einer Studie von BioConsult (2011a) im Emdrer Fahrwasser zur Lärmbelastung durch Baggerarbeiten wurde für die Finte gefolgert, dass trotz der baggerbedingten Lärmbelastung eine (Teil-)Passage von Finten über die Nutzung der moderat schallbelasteten Seitenbereiche möglich ist. Laut BioConsult (2011a) ist davon auszugehen, dass Finten ihre Wanderungen bei temporärem Lärm nicht abbrechen, sondern allenfalls kurzfristig unterbrechen würden. Die Erkenntnisse zu den Finten lassen sich hierbei laut IBL & IMS (2012) auf weitere Arten wie Stint, Aal, Fluss- und Meerneunauge übertragen, wobei für die Hörgeneralisten wie Flunder und Aal von noch geringeren Verhaltensirritationen auszugehen ist. Die im Kapitel 2 dargestellte Intensität der Umlagerung deutet auf eine ausreichend große „umlagerungsbedingte Ruhephase“ auf den Baggerabschnitten und Verbringbereichen der Unter- und

Außenems hin. Zudem ist davon auszugehen, dass sich die Lärmbelastung durch Baggerungen nicht grundsätzlich von der schifffahrtsbedingten Lärmbelastung unterscheidet (IBL & IMS 2012).

Da diadrome Fischarten auch natürlicherweise die Trübungszonen von Ästuaren durchwandern, ist davon auszugehen, dass diese Artengruppe in der Ems von unterhaltungsbedingter (Entnahme, Unterbringung, WI-Baggerung) und lokal erhöhter **Gewässertrübung** nicht beeinträchtigt wird (vgl. IBL & IMS 2012). Auch für Fischarten mit einer erhöhten Empfindlichkeit gegenüber Trübungswolken, z. B. dem Hering (vgl. Nightingale & Simenstad 2001, Wilber & Clarke 2001), sind, abgesehen von lokal eng begrenzten und geringen Beeinträchtigungen einzelner Individuen, keine Gefährdungen zu erwarten. Eine Schädigung pelagischer Fischeier- und Larven ist insbesondere bei hohen Konzentrationen an Schwebstoffen in Bereichen mit hohen Anteilen an feinkörnigen Substraten wie beispielsweise in der Unterems jedoch durchaus möglich, wobei die Gewässerunterhaltung hierbei kein relevanter Faktor ist (vgl. Kap. 4.2).

Mit einer unterhaltungsbedingten **Freisetzung von sauerstoffzehrenden Substanzen und Nährstoffen** ist an den Entnahme- und Unterbringungsstellen der Außenems in der Regel nur in geringem Ausmaß zu rechnen (vgl. Kap. 4.3). Zudem sind die Hintergrundwerte bezüglich des Sauerstoffhaushaltes nicht fischkritisch, so dass die u. U. möglichen geringen Absenken an Entnahme- und Unterbringungsstellen ohne Auswirkungen auf Fische sein dürften. In der Unterems ist in Zeiten mit sehr geringen Sauerstoffgehalten möglicherweise mit einer längeren Meidung von Entnahme- und Unterbringungsstellen durch Fische zu rechnen, da die Fische unter diesen Bedingungen nur eine eingeschränkte Schwimffähigkeit haben und somit nach Ausweichen vor Störungen (Entnahmen, Unterbringungen) weniger schnell in die betroffenen Bereiche zurückkehren können als in Gebieten mit besserer Sauerstoffversorgung wie der Außenems. Diese Beeinträchtigungen wirken sich voraussichtlich aufgrund der großräumigen Verbreitung der betroffenen Arten nicht bzw. nur in sehr geringem Umfang auf die vorkommenden Bestände der jeweiligen Arten aus.

Nachteilige Auswirkungen auf Fische aufgrund einer unterhaltungsbedingten **Freisetzung von Schadstoffen** aus Sedimenten der Außen- und Unterems können aufgrund der geringen bzw. sehr geringen Belastung nahezu ausgeschlossen werden (vgl. IBL & IMS 2012; Kap. 4.4).

Insgesamt werden die Auswirkungen der unterhaltungsbedingten Entnahme und Unterbringung von Baggergut auf Fische und Neunaugen der Ems als gering bewertet. Dieses gilt insbesondere, da die Maßnahmen räumlich und zeitlich (wenn auch wiederkehrend) begrenzt durchgeführt werden. Daher sind i. d. R. nur sehr geringe Anteile großräumig verbreiteter Fischbestände von tatsächlichen oder potenziellen Beeinträchtigungen betroffen. Unterhaltungsbedingte Beeinträchtigungen durch Baggergutumlagerungen, die sich auf die Populationsebene der Fische auswirken, sind somit in der Unter- und Außenems nicht zu erwarten.

## 4.7 Meeressäuger

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 Schweinswale negativ beeinflussen kann.

Für Seehunde gilt dies v. a. in der Wurf- und Säugezeit (Juni - Juli) für Baggerbereiche und Unterbringungsstellen, die sich in der Nähe von Liegeplätzen befinden. Eine Verlagerung der Seehunde als Folge von Sedimentumlagerungen ist zwar nicht auszuschließen, aber prinzipiell 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. In der Tideems befinden sich alle Unterbringungsstellen außerhalb dieses 200-m-Radius, so dass nicht mit einer Beeinträchtigung der Tiere durch die Umlagerungsaktivitäten zu rechnen ist. Anders verhielt es sich bei schnellen Freizeitbooten, hier zeigten die Tiere bereits bei Entfernungen von 800 m Reaktionen. Einen Einfluss auf die Nahrungshabitate sollte selbst die Nutzung von nahe gelegenen Unterbringungsstellen nicht haben, da die Flächen der Unterbringungsstellen zu klein sind, um hier einen nennenswerten Einfluss auszuüben.

Unterwasserschallemissionen während der Bagger- und Unterbringungsaktivitäten können potenziell zu einer Vergrämung von Schweinswalen führen. Allerdings ist das Vergrämungspotenzial durch Baggeraktivitäten vor dem Hintergrund des üblichen Schiffsverkehrs als sehr gering einzuschätzen. Hinzu kommt, dass die Außenems von vergleichsweise geringer Bedeutung für Schweinswale ist, so dass vergleichsweise wenige Individuen potenziell betroffen sind (IBL & IMS 2012).

## 4.8 Avifauna

Brut- und Rastvögel nutzen die Außendeichsbereiche im Ems-Ästuar vor allem als Nahrungsflächen und Ruheräume. Hierbei spielt das Nahrungsangebot und die Größe dieser Flächen eine wesentliche Rolle. Auswirkungen können sich in den Bagger- und Unterbringungs-bereichen grundsätzlich durch die Erhöhung der Trübung für tauchende Arten, Vergrämung durch Lärm, nächtlichen Lichteinfall und erhöhte Schiffsbewegungen ergeben.

In der Tideems ist allerdings nur von geringen Störwirkungen durch Trübungserhöhung, Lärm, Licht und Schiffsbewegungen auszugehen, da ausreichende Ausweichmöglichkeiten für die Avifauna bestehen und Störungen durch Unterhaltungsaktivitäten weitaus weniger häufig auftreten als vergleichbare Störungen durch Schiffsverkehr.

Eine indirekte Wirkung der Sedimentumlagerung auf einzelne Arten durch z. B. eine Verringerung des Nahrungsangebots durch die Beeinflussung der Benthosfauna im Rahmen der Sedimentumlagerung ist zwar rein theoretisch möglich, aber aufgrund der relativ kleinen Fläche der Baggerstrecken und Unterbringungsstellen im Verhältnis zur Gesamtfläche des Ästuars sehr unwahrscheinlich. In der Unterems ist der Anteil der unterhaltenen Fahrrinnenfläche zur gesamten Gewässerfläche mit etwa 20 % zwar deutlich größer als in der Außen-

ems. Hier ist trotzdem nicht mit deutlichen Wirkungen auf die Avifauna zu rechnen, da aufgrund der Fluid-Mud-Problematik ohnehin nur eine stark reduzierte Benthosfauna vorhanden ist und nicht mit Auswirkungen auf diese (und damit das Nahrungsangebot) zu rechnen ist.

## 4.9 Vegetation

Für die aquatische und semiterrestrische Vegetation des Ems-Ästuars sind die Nährstoffgehalte des Wassers und die Wassertrübung von besonderer Relevanz.

Hohe **Nährstoffgehalte** beeinträchtigen die Resistenz der Ufervegetation gegenüber mechanischen Belastungen (Raghi-Atri & Bornkamm 1980) und erhöhen damit deren Empfindlichkeit z. B. gegenüber Wellenschlag. Die Uferschutzfunktion wird herabgesetzt. Seegrasbestände sind auf geringe Nährstoffkonzentrationen in der Wassersäule angewiesen. Die Eutrophierung flacher Küstengewässer gilt als eine der möglichen Ursachen für den Rückgang der Seegraswiesen (Borum et al. 2004, Moore & Wetzel 2000). Der Einfluss der Unterhaltung ist in diesem Zusammenhang allerdings vernachlässigbar.

Bei der Einschätzung der **Trübungswirkung** ist insbesondere das Seegras zu betrachten (Burkholder et al. 2007). Alle anderen Pflanzenarten der Röhrichte und Salzwiesen sowie 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. Ihre Photosyntheserate und damit die Wuchsleistung werden durch Wassertrübung nicht wesentlich beeinträchtigt. Für die Seegraswiesen dagegen führt ein durch Trübung verschlechtertes Lichtklima im Gewässer zu einer Reduktion der Tiefenausdehnung, weil tief im Gewässer liegende Standorte zu dunkel für eine ausreichende Photosynthese werden (Giesen et al. 1990, Davison & Hughes 1998, Essink 1999, Moore & Wetzel 2000, Borum et al. 2004, Krost & Kock 2010).

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass eine durch Baggergutunterbringung induzierte Trübung zur natürlichen Trübung hinzukommt und auch zu Zeiten auftritt, 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, auch wenn nur relativ wenig Feinsediment in Flachwasserzonen eingetragen wird. Ein empfindlicher Zeitraum wäre hier die Vegetationsperiode der Seegräser von April bis Oktober, und hier vor allem der Mai (NLWKN & SUBV 2012, Davison & Hughes 1998, van der Heide et al. 2007, Moore et al. 1997).

Aktuell gibt es in der Außenems nur noch wenige Seegraswiesenvorkommen (vgl. Kap. 3). Durch die zunehmende Absenkung des Hund-Paapsand liegen die dortigen ehemaligen Wuchsorte des Seegrases heute nicht mehr in der für Seegraswiesen optimalen Höhenlage zum MThw. Die Absenkung der Wattflächen wirkt sich insbesondere deshalb negativ auf die Seegrasbestände aus, weil durch die für Seegras ungünstigen Trübungsverhältnisse im Ems-Ästuar das Höhenband, in dem Seegräser gedeihen können, stark eingeschränkt ist. Zur Frage, inwieweit Unterhaltungsaktivitäten zu einer für die Seegraswiesenentwicklung relevanten Trübungserhöhung beitragen, gibt es keine abschließende Expertenmeinung.

Messtechnisch ist es derzeit ausgeschlossen, ein durch Unterhaltungsaktivitäten induziertes Trübungssignal an den viele Kilometer von den Unterbringungsstellen entfernten Standorten der Seegraswiesen nachzuweisen. Nach den Modellergebnissen der BAW (2014) verdriftet ein Anteil des auf den Klappstellen 5 und 7 umgelagerten Baggergutes in Richtung der Watten. Da der Zusammenhang zwischen Sedimentgehalt in der Wassersäule und der Lichtreduzierung (Trübung) sehr kompliziert ist und zudem lediglich Modellierungsergebnisse vorliegen, verbleibt eine Unschärfe in der Betrachtung möglicher Beziehungen zwischen Sedimentmanagement und Seegras über den Wirkpfad der Trübung.

Ein Vergleich der Seegrasdynamik auf Hund-Paapsand zwischen 1995 und 2011 mit den Baggermengen (Abbildung 2.5-1) oder den Unterbringungsaktivitäten auf den Klappstellen 5 und 7 (Abbildung 2.5-5) lässt für den genannten Zeitraum keinen Zusammenhang zwischen Unterhaltungsaktivitäten und Seegrasdynamik erkennen.

## 5 Diskussion der Handlungsoptionen

### 5.1 Rahmenbedingungen

In den folgenden Kapiteln werden Handlungsoptionen für das Sedimentmanagement (bzw. die Unterhaltungsbaggerung) der WSV in der Tideems dargestellt und diskutiert. Dies umfasst auch eine Diskussion der gegenwärtigen Unterhaltungsstrategie.

Bei den in den folgenden Unterkapiteln betrachteten Optionen und Vorschlägen ist keine Vorauswahl erfolgt. Vielmehr soll zunächst eine Auseinandersetzung mit allen Vorschlägen erfolgen, welche im Raum stehen. Hierzu wird jeweils das Potenzial zur Verbesserung der in Kap. 3 genannten Defizite oder zur Verminderung der in Kap. 4 beschriebenen Auswirkungen diskutiert. Auf dieser Basis werden dann in Kapitel 6 Empfehlungen für das Sedimentmanagement der WSV formuliert.

Dabei orientiert sich die Diskussion an den im Folgenden genannten spezifischen Rahmenbedingungen.

Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt sind weiterhin zu garantieren. Hierzu wird auch die Überführung von Werftschiffen gezählt, wodurch sich spezielle zeitliche Bindungen für die Unterhaltung ergeben (Baggerzeiträume in der Unterems in Abhängigkeit der Überführungen von Schiffen aus der Meyer-Werft).

Mögliche Verminderungen der Unterhaltungstätigkeit durch deutliche Einschränkungen der Leichtigkeit des Schiffsverkehrs (verstärkt tideabhängiger Verkehr, Einschränkung Begegnungsverkehr) werden im vorliegenden Konzept nicht betrachtet. Die Abwägung, ob dies zumutbar ist, erfolgt bei politischen Entscheidungen oder im Rahmen von Planfeststellungsverfahren.

Außerdem sind Maßnahmen von Dritten, wie beispielsweise die Unterhaltungstätigkeiten in den deutschen und niederländischen Häfen oder der Einsatz des Emssperrwerkes bei der Überführung von Werftschiffen, welche anfallende Baggermengen verändern können, durch das vorliegende Sedimentmanagementkonzept nur sehr eingeschränkt beeinflussbar. Daher können solche Maßnahmen zwar angesprochen werden, aufgrund der Zuständigkeiten außerhalb der WSV werden sie jedoch nur kurz diskutiert; eine Betrachtung aller Unterhaltungsaktivitäten im Ems-Ästuar soll Gegenstand eines vom IBP Ems geforderten deutsch-niederländischen Gesamt-Sedimentmanagementkonzepts sein.

Das vorliegende Konzept ist weiterhin - wie in Kap. 1 ausgeführt - auf eine Optimierung der Unterhaltungsbaggerung im engeren Sinn begrenzt. Bezüglich Strombau und Ufersicherungen werden lediglich Möglichkeiten des weichen Strombaus, insbesondere Sandvorspülungen betrachtet (vgl. Kap. 5.5.5). Das mit hartem Strombau und anderen weitergehenden

Maßnahmen verbundene Potenzial zur Minimierung des Unterhaltungsbedarfs wird lediglich exemplarisch kurz angesprochen (vgl. Kap. 5.3.5).

## **5.2 Diskussion der grundsätzlichen Unterhaltungsstrategie (Unterbringung im Gewässersystem oder außerhalb)**

Wie in Kapitel 2.5.4.1 bereits erwähnt, wird zur Minimierung von Eingriffen in die Sedimentbilanz in der Regel angestrebt, unbelastetes Baggergut im Gewässersystem umzulagern, auch wenn hierbei Beeinträchtigungen an den Unterbringungsstellen auftreten können. Eine Unterbringung an Land, in einem anderen Gewässer oder außerhalb des Ästuars, z. B. in der Nordsee, stellt einen Eingriff in die Sedimentbilanz dar, dem Gewässersystem wird Material entzogen. Dies wird häufig grundsätzlich negativ bewertet (vgl. u. a. NLWKN & SUBV 2012 und BfG 2014), insbesondere auch vor dem Hintergrund des prognostizierten Meeresspiegelanstiegs (Materialbedarf für Mitwachsen von Watten und Gewässersohle).

In der Unterems sind allerdings die teilweise extrem hohen und ansteigenden Schwebstoffgehalte sowie Fluid-Mud-Bildung und die hierdurch bedingten Sauerstoffdefizite das zentrale ökologische Defizit. Vor diesem Hintergrund ist eine Entnahme von feinkörnigem und zumeist schwebstoffbütigem Unterhaltungsbaggergut (Schluffe und Tone) aus dem System Tideems - im Vergleich zur Unterbringung im Gewässer - nach fachlicher Einschätzung der BfG gewässerökologisch positiv zu bewerten, weil dies einen Beitrag zur Entlastung des Feinsedimenthaushalts darstellt (vgl. Kap. 4.2). Für Sand hingegen gilt die eingangs erwähnte Strategie, Material im System zu belassen und somit zu einer Stützung des Sandhaushalts beizutragen. Es muss also zwischen Sand- und Schwebstoff- (bzw. Feinsediment-) haushalt unterschieden werden.

Eine Entnahme von feinkörnigem Baggergut anstelle einer Unterbringung im Gewässer leistet einen Beitrag zur Entlastung und Stabilisierung des Feinsedimenthaushalts, der bislang jedoch nicht weiter quantifiziert werden kann. Dazu bedarf es weitergehender Untersuchungen mit dem Ziel, den Feststoffhaushalt, die im Längsverlauf des Ästuars transportierten Fein- und Grobsedimentfrachten sowie den seeseitigen Schwebstoffeintrag quantitativ zu beschreiben und zu bilanzieren. Es kann aber gesagt werden, dass der seeseitige Import von Schwebstoffen in das Ems-Ästuar sowie der weitere Stromauftransport (Tidal Pumping) nicht durch Unterhaltungsaktivitäten beeinflusst wird. Wie groß der tatsächliche Einfluss durch die laufende Entnahme der Feinsedimente auf den Sedimenthaushalt der Unterems ist, ist schwer abzuschätzen (zur Diskussion möglicher Auswirkungen auf Baggermengen im Emden Fahrwasser vgl. Kap. 5.5.3). Wie in Kap. 4.2 dargestellt, bestehen bei den vorhandenen Daten zum seeseitigen Import von Feinsedimenten, in gleicher Weise auch zu den potenziellen Senken für Feinsedimentmengen große Unsicherheiten. Trotz der kontinuierlichen Entnahme und Landlagerung großer Mengen an Feinsedimenten aus der Unterems sind die Schwebstoffgehalte in den letzten Jahren stets weiter angestiegen (vgl. Kap. 3.3).

Es gibt eine laufende Diskussion darüber, ob - neben den in Kap. 3.3 beschriebenen Ursachen, u. a. dem letzten Ausbau der Unterems - auch die Umstellung der Unterhaltungsstrategie im Bereich Emden Fahrwasser/Gatjebogen und im Hafen Emden in den 1990er

Jahren einen Anteil an der Entwicklung der Schwebstoffgehalte in der Unterems hat (vgl. BAW 2014, van Maren et al. 2015). Zuvor wurde sowohl das gesamte feinkörnige Baggergut der WSV als auch das Baggergut aus dem Hafen Emden an Land untergebracht, also dem Gewässersystem entnommen. Größenordnungsmäßig entsprach dies etwa der aktuellen Baggergutmenge von etwa 8 Mio. m<sup>3</sup> pro Jahr aus Emden Fahrwasser/Gatjebogen und Hafen Emden. Etwa 2 Mio. m<sup>3</sup> an Baggergut werden weiterhin aus der Unterems noch größtenteils entnommen. Die Unterhaltung im Emden Hafen (inkl. Außenhafen) wurde auf Sedimentkonditionierung umgestellt (vgl. Kap. 2.8.2). Es wird davon ausgegangen, dass bei Anwendung dieser Unterhaltungstechnik keine Schwebstoffe aus dem Hafen in die Ems gelangen, aber zumindest der Hafen als „Schwebstofffalle“ verloren gegangen ist. Das Baggergut aus Emden Fahrwasser und Gatjebogen wird auf die Klappstellen 5 und 7 untergebracht, von denen es, wie in Kap. 4.2 dargestellt, größtenteils wieder stromauf transportiert wird (Sedimentkreislauf).

Eine Entnahme von feinkörnigem Material kann entweder durch Landunterbringung (vgl. Kap. 5.5.2) oder durch eine Unterbringung auf Stellen außerhalb des Ästuars, z. B. in der Nordsee (vgl. Kap. 5.5.3) erfolgen. Eventuell ergeben sich zukünftig weitere Möglichkeiten der „Unterbringung“ durch Nutzung des Baggerguts z. B. im Deichbau (vgl. Kap. 5.5.6).

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

In der Regel ist es sowohl aus ökonomischen als auch ökologischen Gründen anzustreben die Unterhaltungsbaggerungen in der Fahrrinne zu minimieren, daher hat die WSV in der Vergangenheit kontinuierlich daran gearbeitet. Ausnahmsweise kann aus ökologischer Sicht allerdings auch eine kurzfristige Steigerung von Unterhaltungsbaggerungen sinnvoll sein, z. B. Vorratsbaggerungen zum Einhalten von Schutzzeiten.

#### **5.3.1 Möglichkeiten zur bedarfsorientierten Unterhaltung**

Die Sicherstellung von planfestgestellten Fahrrinntiefen 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. Dies ist der grundsätzliche Gedanke einer bedarfsorientierten Unterhaltung.

#### Außenems

In der Außenems liegen aus folgenden Quellen Informationen zu anstehenden Passagen von Schiffen mit großem Tiefgang 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

Im Jahr 2013 haben beispielsweise 61 Schiffe mit einem Tiefgang über 9,2 m den Außenems-Abschnitt bis Emden befahren (Daten WSA Emden, Verkehrsstatistik der Ems für das Jahr 2013), bis Delfzijl waren es noch mehr. Aus der Häufigkeit der Passage großer Schiffe (im Schnitt mehr als eins pro Woche) 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 Außenems nicht umsetzbar ist. Auch bei einer sofortigen Verfügbarkeit von Baggergerät können innerhalb dieser kurzen Phase die Mehrzahl der Baggeraufträge nicht abgearbeitet werden.

Derzeit werden in der Außenems Mindertiefen grundsätzlich nicht toleriert, sondern die Solltiefe ganzjährig vollflächig hergestellt. Früher wurden, abhängig vom Gefährdungspotenzial für die Schifffahrt und der morphologischen Aktivität des Bereichs, stellenweise temporär Mindertiefen von bis zu 50 cm zugelassen. Durch die Tolerierung gewisser Mindertiefen wäre eine Verminderung von Baggerungen zu erwarten, andererseits könnte hierdurch die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs beeinträchtigt werden. Letzteres wird vom WSA Emden aktuell als nicht vertretbar eingeschätzt (WSA Emden mdl.).

#### Unterems

In der Unterems erfolgt die Unterhaltung, wie in Kapitel 2 dargestellt, nahezu ausschließlich bedarfsgesteuert im Vorfeld von Schiffsüberführungen. Auch ohne Schiffsüberführungen müssten allerdings in der Unterems zur Aufrechterhaltung der Basistiefe Unterhaltungsbaggerungen durchgeführt werden (WSA Emden mdl.). Nach Verkehrsstatistik 2013 sind in jenem Jahr 114 Schiffe mit einem Tiefgang zwischen 4,80 m und 6,20 m bis Papenburg gefahren (Basistiefe bei Papenburg 5,20 m unter NN).

In der Regel liegt die Bedarfstiefe tiefer als die ständig vorzuhaltende Basistiefe, so dass außerhalb des kampagnenweisen Baggereinsatzes nur wenige Baggerungen erforderlich sind (vgl. Kap. 2). Für den Fall, dass die Sohle zwischen zwei Baggerkampagnen doch höher aufwächst als die Basistiefe, wurde 2005 in einem gemeinsamen Abstimmungsgespräch mit den Hafenbetreibern, den Reedern, den Lotsen und der WSD für die Baggertiefe ein dem Bedarf angepasster Tiefgang festgelegt, der oberhalb der Basistiefe liegt. Somit kann bei geringfügigen Mindertiefen (bis zu 60 cm) auf Baggereinsätze verzichtet werden. Dies stellt bereits eine sinnvolle Minimierung der Unterhaltung dar.

#### Tidebeeinflusster DEK / Schleuse Herbrum

Die Unterhaltung des unteren Vorhafens der Schleuse Herbrum erfolgt bei entsprechender Verschlickung, d. h. in den Sommermonaten quasi permanent (werktags). Es gibt keine Zeiten mit geringem Schiffsaufkommen, zu denen die Unterhaltung ausgesetzt werden könnte. Die Schiffe kommen bei jeder Tide (innerhalb der Schleusenbedienzeiten) mit auflaufendem Wasser in geringem zeitlichem Abstand und müssen dann zu Berg geschleust werden. Fast kein Schiff kann bei Tideniedrigwasser im unteren Vorhafen liegen.

Auch eine Berücksichtigung von Oberwasserabflüssen bietet im Sommer kaum Optimierungspotenzial. Wie oben und in Kap. 2 beschrieben ist permanent Unterhaltung erforderlich. Abflussprognosen über mehrere Tage gibt es nicht. Zudem kann auch bei einem Sommer-

hochwasser durch die Schleuse nur ein geringer Teil des Wassers als Freiwasser durch den Vorhafen geleitet werden. Schließlich ist aufgrund der Verträge mit den Baggerfirmen ein zeitlich flexibler Einsatz ohnehin kaum möglich (WSA Meppen mdl.). Der Einsatz des großen WI-Gerätes im Winter erfolgt nur bei entsprechend hohen Oberwasserabflüssen (vgl. Kap. 2.7.2).

### 5.3.2 Optimierung des Peilverfahrens

Ausgangspunkt für die Unterhaltung sind die durch Peilung, also mittels eines akustischen Verfahrens, ermittelten Mindertiefen (vgl. Kap. 2.4). In den Sommermonaten ist es im Unterwasser der Schleuse Herbrum allerdings nur noch mittels Tellerlot möglich, eine verlässliche Peilung durchzuführen; alle anderen bisher getesteten/vorgeführten Verfahren sind gescheitert.

In suspensionsartigen Schlickten (Fluid Mud) sind häufig keine zufriedenstellenden Aussagen hinsichtlich der nautischen Sohle und damit der Erfordernis von Unterhaltungsbaggerungen möglich. Die nautische Sohle ist als derjenige Horizont definiert, von dem ab die physikalischen Eigenschaften des Bodens einen kritischen Grenzwert erreichen, jenseits dessen eine Grundberührung des Schiffskiels entweder Schäden am Schiff oder nicht mehr tolerierbare Wirkungen auf die Steuerbarkeit und Manövrierfähigkeit verursachen (BAW 2011).

Eine optimierte Erfassung der nautischen Sohle kann zu einer Reduktion von Baggermengen führen. Derzeit steht allerdings noch kein anwendungsreifes und allgemein anerkanntes Verfahren für Fließgewässer zur Verfügung. Im Bereich der WSV werden von den Wasserstraßen- und Schifffahrtsämtern und der BAW DH derzeit verschiedene Verfahren untersucht und pilotweise eingesetzt (vgl. z. B. BAW 2011).

### 5.3.3 Optimierung des Vorratsmaßes

Als Vorratsbaggerung bezeichnet man eine gezielte Überbaggerung der Solltiefen in einem Gewässerabschnitt mit dem Ziel, erst zu einem späteren Zeitpunkt wieder erneut baggern zu müssen. In vielen Planfeststellungsbeschlüssen zu Ausbauverfahren an Bundeswasserstraßen ist ein maximal zulässiges Vorratsmaß festgelegt.

Eine Überbaggerung um ein Vorratsmaß vergrößert zunächst die Baggergutmenge (und damit die ökologischen Auswirkungen sowie die Kosten) der einzelnen Baggerung, kann insgesamt jedoch sowohl verkehrliche als auch naturschutzfachliche Vorteile bringen (evtl. weniger häufige Baggerung).

Die Unterems stellt diesbezüglich einen Sonderfall dar. Wie in Kapitel 2.6.1 beschrieben, wird hier jeweils vor der Überführung eines Werftschiffes die zulässige Bedarfstiefe hergestellt. Dies stellt gleichzeitig eine Art Vorratsbaggerung für die ganzjährig zu unterhaltende Basistiefe dar, die erforderlichen Tiefen für die durchgehende See- und Binnenschifffahrt werden so ohne kontinuierliche Baggerungen gewährleistet. Allerdings steht der Umfang dieser „Vorratsbaggerung“ nicht zur Disposition, sondern ist durch die Erfordernisse der anstehenden Überführung vorgegeben. Eine hierüber hinausgehende Vorratsbaggerung würde die bereits vorherrschenden negativen Entwicklungen tendenziell verstärken (vgl. Kap.3).

In der Außenems sind gemäß Erlass des BMVBS (BW 22/52.06.01-Ja) Vorratsbaggerungen derzeit grundsätzlich nicht zulässig. Welche Auswirkungen eine generelle Vorratsbaggerung in der Außenems hätte, lässt sich aufgrund der komplexen Verhältnisse im Ästuar kaum belastbar abschätzen. Es ist offen, ob und in welchem Umfang der gewünschte Effekt einer seltener erforderlichen Unterhaltung tatsächlich eintreten würde. Aus ökologischer Sicht kann die Anwendung eines Vorratsmaßes grundsätzlich sinnvoll sein, um während sensibler Phasen möglichst nicht oder wenig unterhalten zu müssen. In der Außenems erscheint dies aktuell nicht notwendig zu sein (vgl. Kap. 5.3.4 zur Berücksichtigung sensibler Zeiten).

### **5.3.4 Minimierung von Unterhaltungsbaggerungen in sensiblen Zeiten**

Als Fazit aus Kapitel 3 sowie gemäß IBP-Fachbeitrag „Natura 2000“ (KÜFOG 2014) sind in der Tideems insbesondere Phasen mit geringen Sauerstoffgehalten und evtl. Wander- und Reproduktionszeiten von Fischen, Neunaugen und Seehund, sowie die Hauptauftretenszeiten des Schweinswals, ökologisch sensibel und damit Zeiten, in denen die Unterhaltung ggf. soweit möglich minimiert werden sollte.

### **Sauerstoffhaushalt**

#### Unterems

In der Unterems (wie auch im Emders Fahrwasser) wird feinkörniges Material gebaggert, so dass nachteilige Effekte auf die Sauerstoffgehalte zu erwarten sind. Aus den in Kap. 4.3 dargestellten Messungen des Sauerstoffgehaltes bei Papenburg und Leerort sind allerdings keine deutlichen Auswirkungen der Unterhaltungsbaggerungen auf den Sauerstoffgehalt erkennbar. Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass in der Unterems nur beim Baggervorgang sehr lokal geringe Sauerstoffabsenkungen verursacht werden. Zudem ist auf Grund der starken Vorbelastung des Sauerstoffhaushaltes in der Unterems eine zusätzliche Sauerstoffzehrung durch das Baggern messtechnisch kaum zu erfassen.

Als häufig genannte Empfehlung für eine möglichst umweltverträgliche Baggerei von feinkörnigem Baggergut können Richtwerte für Sauerstoffgehalte über 5 - 6 mg O<sub>2</sub>/l sowie Wassertemperaturen von maximal 10 - 15°C gelten (vgl. u. a. BfG 2014, Stammerjohann 2012 und HPA & BSU 2012). Dabei nehmen die Zielwerte für den Sauerstoffgehalt vom limnischen Bereich zum Übergangsgewässer hin ab und steigen im marinen Bereich wieder an. Insofern sind im limnischen und marinen Bereich tendenziell strengere Richtwerte anzusetzen. Ein Sauerstoffrichtwert von 5 - 6 mg/l soll verhindern, dass beim Umlagern zusätzlich auftretende Sauerstoffzehrungen zu einer Unterschreitung von für aquatische Organismen kritischen Sauerstoffgehalten führen. Richtwerte für Wassertemperaturen werden festgelegt, weil bei geringen Temperaturen einerseits die durch das Baggern von zehrendem Material verursachten temperaturabhängigen Sauerstoffzehrungsraten verringert sind und andererseits der Sauerstoffgehalt dann generell höher ist als in der warmen Jahreszeit. Dies wird u. a. durch eine höhere Löslichkeit des Sauerstoffs in kälterem Wasser bewirkt.

In der Unterems herrschen über weite Zeiträume des Jahres ungünstige Sauerstoffverhältnisse vor, so dass die o.g. Sauerstoffzielwerte oft unterschritten werden. Bei einer Anwendung

verschiedener Zielwerte (2, 4 oder 6 mg/l) für den Sauerstoffgehalt bei Papenburg für den Zeitraum 2006 bis 2012 ergeben sich folgende Ausschlusszeiten:

- > bei Sauerstoffgrenzwert < 2 mg/l: 19.05. bis 30.09. im Mittel 70 Tage
- > bei Sauerstoffgrenzwert < 4 mg/l: 27.04. bis 25.10. im Mittel 130 Tage
- > bei Sauerstoffgrenzwert < 6 mg/l: 22.04. bis 04.11. im Mittel 165 Tage

Wünschenswert wäre, dass im Zeitraum von Ende April bis Ende Oktober mit Sauerstoffwerten (= Vorbelastung) unter 4 mg/l Baggeraktivitäten in der Unterems minimiert werden könnten. Neben der WSV-Unterhaltung sollten auch die Unterhaltungsaktivitäten Dritter - soweit möglich - nach dieser Empfehlung ausgerichtet werden (z. B. Einleitungen von Hafenschlick über Fluidleitungen aus den Häfen Papenburg und Leer; Räumbooteinsatz des NLWKN).

Eine strikte Einhaltung von Sauerstoffrichtwerten und der damit einhergehenden Ausschlusszeiten ist in der Unterems mit den Anforderungen der Schifffahrt nicht vereinbar. Dies ist wesentlich dadurch bedingt, dass sich die Zeiten der Baggerkampagnen in der Unterems an den relativ fest vorgegebenen Überführungszeiten der Schiffe der Meyer-Werft orientieren. Diese Überführungen erfolgen auch im Sommerhalbjahr, also zu Zeiten mit nicht ausreichendem Sauerstoffgehalt in der Unterems.

#### Tidebeeinflusster DEK - WI-Einsatz im Bereich der Schleuse Herbrum

Der Einsatz eines großen WI-Gerätes im Unterwasser der Schleuse Herbrum erfolgt unter Beachtung bestimmter Randbedingungen (vgl. Kap. 2.7) in den Wintermonaten, wodurch insbesondere Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt minimiert werden sollen.

Zur Gewährleistung von Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs sind allerdings das ganze Jahr über Unterhaltungstätigkeiten im Schleusenbereich erforderlich, wobei jedoch nur kleinere Geräte (Schlickegge und kleines WI) zum Einsatz kommen, so dass von lokal begrenzteren Auswirkungen auszugehen ist (vgl. Kap. 4.2). Grundsätzlich sollte auch hier in Zeiten, in denen die für die Unterems genannten Sauerstoffrichtwerte unterschritten werden, die Unterhaltung soweit möglich minimiert werden.

#### Emder Fahrwasser

Im Emders Fahrwasser sind höhere Sauerstoffgehalte als in der Unterems zu messen. Auch ist die Tendenz zu Fluid-Mud-Bildungen deutlich geringer und vertikale Sauerstoffgradienten sind deutlich weniger ausgeprägt. Damit ist die Vorbelastung des Sauerstoffhaushaltes im Emders Fahrwasser deutlich geringer als in der Unterems (vgl. Kap. 3). Dementsprechend kann ein Richtwert von 5 mg O<sub>2</sub>/l im Emders Fahrwasser eingehalten und die beim Baggervorgang bewirkten sehr geringen Sauerstoffabsenkungen abgepuffert werden.

#### Außenems

Auf den Klappstellen 5 bis 7 in der Außenems findet eine Unterbringung von feinkörnigem Baggergut statt. Beim Verklappvorgang sind Auswirkungen auf den Sauerstoffgehalt möglich (vgl. Kap. 4.3). Da aber in der Außenems ein weitgehend stabiler Sauerstoffhaushalt und somit keine oder nur eine geringe Vorbelastung vorliegt (vgl. Kap. 3), können die

unterhaltungsbedingten Auswirkungen abgepuffert werden, so dass Sauerstoffrichtwerte ganzjährig eingehalten werden können.

### Wander- und Reproduktionszeiten

Zur Berücksichtigung von Wander-, Paarungs- und Laichzeiten soll gemäß eines Maßnahmenvorschlags im Fachbeitrag „Natura 2000“ zum IBP Ems (KÜFOG 2014) eine Handlungsanweisung für Unterhaltungsmaßnahmen in der Fahrrinne erstellt werden. Erkenntnisse aus dieser Handlungsanweisung sollten beim Sedimentmanagement berücksichtigt werden; allerdings liegt sie noch nicht vor. Abbildung 5.3-1 zeigt eine Übersicht möglicherweise relevanter Zeiten aus dem Fachbeitrag „Natura 2000“ zum IBP Ems (KÜFOG 2014).

Art	Monat											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Flussneunauge												
Meerneunauge												
Finte					X	X						
Lachs												
Schweinswal												
Seehund												

	Aufwanderung Laichpopulation
	Abwanderung Jungtiere
	Hauptauftreten des Schweinswals in der Außenems
	Paarungszeit des Seehunds
X	Hauptlaichzeit

**Abbildung 5.3-1: Wanderzeiten der Fisch- und Neunaugenarten der FFH-Richtlinie, Hauptauftreten des Schweinswals sowie Paarungszeit des Seehunds im Planungsraum (Quelle: KÜFOG 2014)**

Bezüglich der in Abbildung 5.3-1 dargestellten sensiblen Phasen ist zu beachten, dass diese nicht in jedem Fall die gesamte Tideems betreffen (z. B. Hauptlaichzeit der Finte nur im potenziellen 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). Dennoch zeigt die Abbildung deutlich, dass bei Einhaltung aller Schutzzeiten keine Zeitfenster für Unterhaltungsarbeiten verbleiben würden.

Ein strikter Verzicht auf Unterhaltungsarbeiten während bestimmter Zeiten ist für die WSV in der Bundeswasserstraße Ems (Seewasserstraße) und in dem tidebeeinflussten Bereich des DEK nicht hinnehmbar, da so die Sicherheit (und Leichtigkeit) des Schiffsverkehrs nicht gewährleistet werden kann, weil sich in solchen Phasen verkehrsbehindernde Mindertiefen entwickeln. Auch eine Minimierung von Unterhaltungsarbeiten während relevanter Wander- und Laichzeiten ist in der Unterems - insbesondere aufgrund der Bindung an Überführungstermine - stark eingeschränkt.

Wie in Kap. 4.6 dargestellt, ist es den langdistanzwandernden Fischarten (Flussneunauge, Meerneunauge, Lachs und Finte) möglich, ihre flussaufwärts gerichteten Wanderungen zu den Laichhabitaten bei Unterhaltungsaktivitäten kurzzeitig zu unterbrechen (beispielsweise Emders Fahrwasser) oder den Baggerungen auszuweichen (vgl. BfG 2014, BioConsult 2011a, IBL & IMS 2012). Akustische Messungen an einem WI-Gerät haben dabei gezeigt, dass die Geräuschbelastungen für die Finte bei ausreichendem Raum für Ausweichbewegungen als unkritisch eingeschätzt werden können und keine physiologisch dauerhaften Verletzungen durch eine akustische Geräuschbelastung auftreten sollten (Mai 2011, Rüter & Koop 2011). Diese Erkenntnisse lassen sich auch auf Hopperbagger übertragen, wobei sich die durch Baggerungen verursachten Geräuschemissionen kaum von in Fahrt befindlichen Seeschiffen unterscheiden (vgl. ITAP 2011). Untersuchungen von Gregory & Claburn (2003) zeigten für Finten, dass Beschallungspausen von 30 Minuten genutzt wurden, um den zuvor verlärmten Bereich zu passieren.

Darüber hinaus weisen positive Bestandszahlen des Flussneunauges in den letzten Jahren am Standort Bollingerfähr darauf hin, dass Flussneunaugen die Ems zumindest bis oberhalb der Wehranlage Herbrum erfolgreich durchwandern können ([www.wanderfische.de](http://www.wanderfische.de)). Aufgrund der vorwiegend nächtlichen Wanderungen von Neunaugen sind zudem potenzielle Beeinträchtigungen durch die derzeitigen Unterhaltungsaktivitäten, welche in der Unterems oberhalb des Emssperrwerks nur von 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr stattfinden, als sehr gering zu erachten. Wie bereits für die Finte beschrieben ist es auch für die Neunaugen und den Lachs sehr wahrscheinlich, dass diese den Baggerungen bei ihren flussaufwärts gerichteten Laichwanderungen ausweichen können, wenn ausreichend Raum zur Verfügung steht. Gleiches ist für die flussabwärts gerichtete Wanderung der Jungtiere anzunehmen.

Nach BioConsult (2007a) konnte in den vergangenen Jahren keine erfolgreiche Reproduktion der Finte in der Tideems nachgewiesen werden. Dieses ist vorwiegend auf die pessimalen Ausgangsbedingungen der Ems zurückzuführen (Sauerstoffgehalt, Trübung, Fluid Mud usw., vgl. Kap. 3) und steht in keiner unmittelbaren Verbindung zu den durchgeführten Unterhaltungsmaßnahmen. Ein Aussetzen der Unterhaltung in für Finten sensiblen Zeiträumen wäre eine reine Vorsichtsmaßnahme, die jedoch aufgrund der derzeit fehlenden erfolgreichen Reproduktion in der Ems nicht erforderlich ist. Falls eine Reproduktion der Finte wieder einsetzt, ist zu prüfen, ob eine Festlegung von Ausschlusszeiten und -räumen (beispielsweise von Mitte April bis Ende Juni im nach BioConsult (2010) zu erwartenden Hauptgebiet der Fintenreproduktion zwischen Ems km 8 - 25) für eine nachhaltige Bestandserholung relevant sein könnte und zu empfehlen ist. Zum Schutz der Finte wäre es dann sinnvoll, das bereits derzeit in der Unterems praktizierte Aussetzen der nächtlichen Baggerungen beizubehalten, da die Laichaktivität vorwiegend auf den Zeitraum zwischen 22:30 Uhr und 2:30 Uhr beschränkt ist (nach BioConsult 2007). Zum Schutz von Eiern, Larven und Jungfischen der Finte wären dann ggf. weitere Anpassungen der Baggeraktivitäten zu überdenken, wobei die Anforderungen der Schifffahrt selbstverständlich berücksichtigt werden müssen.

Bezüglich der im Vorhafen der Schleuse Herbrum durchgeführten WI-Unterhaltung gilt, dass mit zunehmender Größe des Gerätes die potenziellen Beeinträchtigungen durch die großräumigere Wirkung der Maßnahme zunimmt (Anstieg der Gewässertrübung und Reduktion des

Sauerstoffgehaltes; vgl. Kap. 4.2.1 und 4.3). Da zum Zeitpunkt des Einsatzes des größeren WI-Gerätes keine sauerstoffkritischen Werte für Fische außerhalb des Vorhafens erreicht wurden, ist auch von keinen Beeinträchtigungen der in der Abbildung 5.3-1 dargestellten Fischarten auszugehen. Die WI-Baggerungen erfolgen zu Zeitpunkten mit geringeren Sauerstoffsättigungen, wie bereits dargestellt, mit kleineren WI-Geräten, was auch zum Schutz der Fische sinnvoll ist (vgl. Kap. 4.6).

Nach Einschätzung der BfG ist bei der derzeitigen Unterhaltungstätigkeit in der Tideems durch Hopperbagger und WI-Geräte (letzteres nur Schleuse Herbrum) eine Ausweisung von Schutzzeiträumen, in denen die Unterhaltungsarbeiten auszusetzen sind, für Flussneunauge, Meerneunauge, Finte und Lachs derzeit nicht erforderlich. Ebenfalls ist das Störungspotenzial von Unterhaltungsaktivitäten für Seehunde und Schweinswale vor dem Hintergrund des üblichen Schiffsverkehrs so gering einzuschätzen (vgl. Kap. 4.7), dass eine Beachtung entsprechender sensibler Zeiten derzeit nicht erforderlich erscheint.

### **5.3.5 Weitergehende Ansätze zur Minimierung des Unterhaltungsbedarfs (Sperrwerksteuerung, Strombau u. ä.)**

Das vorliegende Konzept ist - wie eingangs ausgeführt - auf eine Optimierung der Unterhaltungsbaggerung der WSV im engeren Sinn begrenzt (vgl. Kap. 5.1). Im Rahmen der hier geführten Diskussionen wird das mit hartem Strombau und anderen weitergehenden Maßnahmen verbundene Potenzial zur Minimierung des Unterhaltungsbedarfs hinsichtlich der möglichen ökologischen Auswirkungen lediglich exemplarisch kurz angesprochen. Die Betrachtung von strombaulichen Maßnahmen ist im Rahmen eines Integrierten Strombaukonzepts vorgesehen (Maßnahme M 2 des IBP Ems).

Im Zuge der Optimierung der Bedingungen für die Schifffahrt, des Küstenschutzes und der Minimierung des Unterhaltungsaufwands sind an der Tideems schon vor längerer Zeit über weite Strecken Ufer befestigt und verschiedene Stromregelungsbauwerke realisiert und wiederholt angepasst worden (z. B. Bühnen, Geiseleiddamm). Aus ökologischer Sicht sind solche Maßnahmen zunächst grundsätzlich als Eingriffe in die natürliche Morphodynamik des Ästuars negativ zu bewerten. Andererseits können hierdurch evtl. Baggerungen vermindert und/oder wertvolle (Sekundär-)Biotope entwickelt bzw. geschützt werden, so dass eine Abwägung erforderlich ist.

In der Tideems ist der kontinuierliche Nettoimport von Feinsedimenten, der Stromtransport dieser Sedimente bis hinauf in die Unterems und zum Wehr Herbrum und damit verbunden eine fortschreitende Akkumulation von Schwebstoffen eine wesentliche Ursache für die hohen Baggermengen. Die extrem hohen und weiterhin ansteigenden Schwebstoffgehalte bedingen auch die wesentlichen ökologischen Defizite in der Unterems. Aus diesem Grund werden seit Langem weitreichende Maßnahmen diskutiert, u. a. in der sog. „Lenkungsgruppe Ems“ und im Projekt „Lebendige Unterems“. Im Juni 2014 gaben das Land Niedersachsen, der Bund, die Landkreise Leer und Emsland sowie verschiedene Umweltverbände eine gemeinsame Absichtserklärung ab, die u.a. folgende Maßnahmen beinhaltet:

- > Sofortmaßnahme Pilotprojekt Tidespeicherbecken oberhalb Papenburg
- > Weitere Untersuchungen zur Tidesteuerung mit dem Emssperrwerk

- > Machbarkeitsuntersuchung zum Einbau einer Sohlschwelle (eine erste Einschätzung zu ökologischen Effekten findet sich in BfG (2010))

Hierzu wurde mittlerweile der sogenannte „Masterplan Ems 2050“ beschlossen, der zum Ziel hat „unter Beachtung eines gesunden und dynamischen Ökosystems die nachhaltige Entwicklung und Optimierung des Ems-Ästuars im Hinblick auf Sicherheit, Natürlichkeit und Zugänglichkeit unter Erhaltung der Ems als leistungsfähige Bundeswasserstraße zu schaffen.“

Weitere Maßnahmen, die in der Diskussion sind oder waren, sind beispielsweise eine Verlängerung des Ästuars durch den Rückbau des Wehrs Herbrum, eine Entwicklung von Nebenarmen oder die Schaffung großer Flachwasserbereiche im Mündungstrichter. Die bisherigen Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, dass keine Maßnahme allein so wirkungsvoll ist, dass sie eine entscheidende Verringerung des Schwebstoffimports, und damit des Unterhaltungsaufwands, bewirken würde (vgl. z. B. BAW 2014, BioConsult 2009).

Eine weitere Möglichkeit zur Optimierung der Unterhaltung könnten speziell eingerichtete Sedimentationsräume unterhalb der Fahrrinnensohle in Bagger Schwerpunkten wie z. B. dem Emden Fahrwasser sein. Ein solcher Sedimentationsraum wäre in der Tideems insbesondere dann zweckmäßig, wenn das abgelagerte Material dadurch wirtschaftlicher außerhalb des Systems untergebracht werden könnte, also z. B. weit in Richtung Nordsee (vgl. Kap. 5.2 und 5.5). Eine Berücksichtigung von Wander- oder Reproduktionszeiten ist in der Außenems nach derzeitigem Kenntnisstand aktuell nicht erforderlich (vgl. Kap. 5.3.4 zur Berücksichtigung sensibler Zeiten). Das Konzept eines solchen Sedimentationsraumes wird seit 2008 an der Tideelbe im Baggerabschnitt Wedel umgesetzt (dort als „Sedimentfang“ bezeichnet). Es wäre fachlich zu prüfen, ob die Vorteile dieses Sedimentationsraumes auch auf die Tideems bzw. das Emden Fahrwasser übertragbar wären, wobei jedoch offensichtliche Unterschiede zwischen den Revieren bestehen.

Eine weitere Möglichkeit zur Minimierung des Unterhaltungsbedarfs im Bereich der Unterems bietet die Steuerung des Emssperrwerks im Rahmen der Schiffsüberführungen. Prinzipiell gilt: je höher der Einstau, desto geringer ist der Unterhaltungsbedarf. Im Winter liegt das maximale Stauziel derzeit bei 2,70 m über NN (sog. Winterstau), im Sommer bei 1,75 m über NN (sog. Sommerstau). Durch die Genehmigung höherer Stauziele würden Unterhaltungsbaggerungen vermindert, allerdings wären negative Effekte durch den Einstau verstärkt.

## **5.4 Minimierung der Auswirkungen des Baggervorgangs**

Bezüglich einer Minimierung der ökologischen Auswirkungen des Baggervorgangs ist insbesondere die angewandte Technik relevant sowie - bei bzgl. Größe und Technik vergleichbaren Baggerschiffen - der Einsatz möglichst emissionsarmer Baggerschiffe (Lärm, Trübung). Bei klassischen Baggerverfahren bestehen im Anschluss verschiedene Unterbringungsoptionen (vgl. Kap. 5.5), bei hydrodynamischen Verfahren ist die „Unterbringung“ bereits durch das Unterhaltungsverfahren vorgegeben.

Im Folgenden werden für Außenems, Unterems und den Bereich der Schleuse Herbrum Handlungsoptionen zur Optimierung des Baggervorgangs bei der Unterhaltung durch die WSV diskutiert. Teilweise ist auch die Unterhaltungstätigkeit Dritter kurz angesprochen.

#### Außenems (inkl. Emders Fahrwasser)

Wie in Kapitel 2 ausgeführt wird in der Außenems derzeit mittels Hopperbaggerung unterhalten, in Kapitel 2.3.1 ist das Verfahren auch kurz beschrieben.

Einige spezielle Aspekte des Verfahrens in der Tideems, welche aus ökonomischen oder technischen Erwägungen eingeführt wurden, sind auch aus ökologischer Sicht günstig. So findet in der gesamten Tideems keine Überlaufbaggerung statt und die Baggerungen erfolgen ohne Wasserstrahl zur Mobilisierung des anzusaugenden Sediments (WSA Emden mdl.).

Bei Hopperbaggerungen ohne Überlauf ist auch bei Baggerung von Sedimenten mit einem hohen Feinkornanteil von einer relativ geringen Trübungsentwicklung mit entsprechend geringer Sauerstoffzehrung bei der Baggerung auszugehen (vgl. Kap. 4.2 und 4.3). Vergleichbar leistungsfähige Baggerverfahren mit geringerer Trübungsentwicklung sind für die großflächige Unterhaltung eines Ästuars nicht bekannt. Beim Wasserinjektionsverfahren beispielsweise wäre bei feinkörnigem Baggergut wie im Emders Fahrwasser mit deutlich höherer Trübungsentwicklung zu rechnen.

Auch bezüglich Individuenverlusten von Makrozoobenthos und u. U. Fischen ist für einen großräumigen Einsatz kein eindeutig schonenderes Verfahren als die Hopperbaggerung bekannt. Für das WI-Verfahren wird diskutiert, ob die Effekte hier möglicherweise etwas geringer sind (zum WI-Verfahren siehe weiter unten).

Nach Kapitel 4 ist im Bereich der Tideems bisher nicht von Auswirkungen durch Schallemissionen auszugehen, die es erforderlich erscheinen lassen, aus diesem Grund stellenweise andere technisch weniger geeignete Baggertechniken in Erwägung zu ziehen (nach CEDA 2011) emittieren beispielsweise Seilzug- und Löffelbagger weniger Unterwasserschall als Hopper, auch bzgl. WI wurden in BfG (2011a) geringere Luft- und Unterwasserschallimmissionen ermittelt).

In sandigen Bereichen, insbesondere in Transportkörperstrecken, in denen kleinräumige Einzeluntiefen durch das Aufwachsen von Transportkörperstrukturen unterhalten werden müssen, bietet häufig das WI-Verfahren aus technischer Sicht Vorteile (kurze Beschreibung des Verfahrens in Kap. 2.3.3). So beschreibt beispielsweise Stengel (2006) für die Unterweser Probleme bzgl. der Effektivität von Hoppereinsätzen bei kleinräumigen, quer zum Fahrwasser orientierten Baggerfeldern, wie sie bei Riffelkuppen typisch sind. Für sandige Bereiche mit kleinflächigen Baggerbereichen wird das WI-Verfahren - u.a. aufgrund des ortsnahen Verbleibs des Baggerguts - auch in einigen Fällen als ökologisch günstigeres Verfahren eingeschätzt (z. B. in der Unterweser im Vergleich zur Hopperbaggerung, vgl. BfG 2014). Auch in der Tideelbe werden sandige Einzeluntiefen mittels Wasserinjektion unterhalten. Nach Einschätzung des WSA Emden erscheinen WI-Einsätze in der Außenems aus wirtschaftlichen Erwägungen keine sinnvolle Option, da ein großer Hopperbagger im

näheren Umfeld ohnehin im Einsatz ist. Da die erste überschlägige Bewertung einer Unterhaltung mittels WI aus ökologischer Sicht positiv ist, sollten dennoch Versuche mit WI-Geräten durchgeführt werden, um dies detaillierter zu untersuchen. Weiter im Außenbereich ist vermutlich ein WI-Einsatz u.a. aus seegangstechnischen Gründen (vgl. BfG 2014 zum WI-Einsatz in der Außenweser) nur begrenzt möglich.

### Unterems

Auch in der Unterems wird derzeit mittels Hopperbaggerung (bzw. Laderaum-Saugbaggerung) unterhalten (vgl. Kap. 2).

Wie in der Außenems findet hier keine Überlaufbaggerung statt und die Baggerungen erfolgen ohne Wasserstrahl zur Mobilisierung des anzusaugenden Sediments (WSA Emden mdl.). Insofern ist auch hier von einer relativ geringen Trübungsentwicklung mit entsprechend geringer Sauerstoffzehrung bei der Baggerung auszugehen (vgl. Kap. 4.2 und 4.3), allerdings sind die Vorbelastungen in der Unterems deutlich höher als etwa im Emder Fahrwasser.

Auch wenn in der Unterems - im Gegensatz zur Außenems - keine Beschränkungen des WI-Verfahrens aufgrund des Seegangs bestehen, stellt dieses Verfahren für die Unterems keine Alternative dar. Aufgrund der Strömungsverhältnisse und des feinkörnigen Materials wäre hier nicht mit einem Abtransport des mobilisierten Sediments mit der fließenden Welle zu rechnen, sondern vielmehr damit, dass gebaggertes Sediment zumindest z. T. in Unterhaltungsbereichen erneut sedimentieren würde („Baggerkreislauf“), selbiges gilt für andere hydrodynamische Verfahren.

Weiterhin gelangt bei hydrodynamischen Verfahren das gesamte gebaggerte feinkörnige Sediment in Bewegung und zu nennenswerten Anteilen in die Wasserphase, so dass bei Sedimenten mit hohen Schluffanteilen und damit hohen organischen Anteilen grundsätzlich größere Auswirkungen auf Schwebstoff- und Sauerstoffgehalte zu erwarten sind als bei Hopperbaggerungen. Da Schwebstoff- und Sauerstoffverhältnisse das zentrale ökologische Defizit in der Unterems darstellen (vgl. Kap. 3), sind die diesbezüglichen Auswirkungen entscheidend für die Beurteilung einer Baggertechnik aus ökologischer Sicht. Wie in Kapitel 5.2 ausgeführt ist aus Sicht der BfG in der Unterems eine Entnahme des Baggerguts aus dem Gewässersystem sinnvoll, was mit hydrodynamischen Verfahren nicht möglich ist.

In den letzten Jahren wurde diskutiert und untersucht, ob das Verfahren der Sedimentkonditionierung ein denkbare alternatives Unterhaltungsverfahren für die Unterems sein könnte.

Sedimentkonditionierung bedeutet, dass verfestigter Schlick soweit verflüssigt wird, dass Schiffe ihn durchfahren können (vgl. Kap. 2.8.2). Das Sediment soll am Ort der Baggerung verbleiben, hier wird gewissermaßen Fluid Mud erzeugt.

Bisher gibt es lediglich Erfahrungen mit dem Verfahren in Hafengebieten, insbesondere dem Seehafen Emden. In der Tideems wurden durch das WSA Emden zwei Versuche mit

umfangreichen Begleituntersuchungen durchgeführt, um zu klären, ob das Verfahren hier für eine Optimierung der Unterhaltung geeignet sein könnte.

Hieraus wurde folgende Schlussfolgerung gezogen: „Die Versuche in der Ems werden zwar aus technischer Sicht als erfolgreich bewertet, angesichts der noch nicht geklärten ökologischen Wirkung kommt das Sedimentkonditionierungsverfahren für das WSA Emden nicht als alternatives Unterhaltungsverfahren für die Ems zur Anwendung“ (WSA Emden 2014; bzgl. der ökologischen Wirkungen vgl. auch BfG 2013c).

Angesichts dessen, dass das verbreitete Auftreten von Fluid Mud ein wichtiges ökologisches Defizit in der Unterems darstellt (für Makrozoobenthos und für Fische nahezu unbesiedelbar, in der Regel extrem sauerstoffarm, vgl. Kap. 3), erscheint es ökologisch sehr problematisch, in größerem Umfang zusätzlich Fluid Mud zu erzeugen oder bestehende Horizonte zu verstärken.

Andererseits gibt es Überlegungen, ob durch zusätzlichen Fluid Mud evtl. die Tideenergie gedämpft und der Stromauftransport von Feinmaterial sowie die Schwebstoffgehalte vermindert würden (vgl. WSA Emden 2014). Voraussetzung für eine sinnvolle weitere Auseinandersetzung mit der Thematik ist ein verbessertes Systemverständnis; Empfehlungen zu diesbezüglichen Untersuchungen finden sich in Kapitel 6.3.

#### Tidebeeinflusster DEK / Schleuse Herbrum

Wie in Kapitel 2 beschrieben, kommen zur Unterhaltung des Vorhafens der Schleuse Herbrum aktuell die hydrodynamischen Verfahren Wasserinjektion und Schlickeggen zum Einsatz; beide Verfahren sind in Kap. 2 kurz dargestellt.

Beim Einsatz eines großen WI-Gerätes im Winter werden hierbei bestimmte Rahmenbedingungen (bzgl. Oberwasserabfluss, Sauerstoffgehalten und Wassertemperatur) beachtet, welche festgelegt wurden, um die ökologischen Auswirkungen auf ein vertretbares Maß zu beschränken (vgl. Kap. 2 und BfG 2010).

Bei einer rein gewässerökologischen Betrachtung wäre nach Ansicht der BfG für den Vorhafen Herbrum eine klassische Baggerung mit Entnahme des Materials aus dem System das bessere Unterhaltungsverfahren. Auswirkungen auf Schwebstoffhaushalt und Sauerstoffgehalte wären grundsätzlich geringer als bei hydrodynamischen Verfahren (allerdings wäre der Effekt kaum erkennbar, Schwebstoff- und Sauerstoffverhältnisse in der Unterems wären weiterhin sehr ungünstig) und eine Entnahme aus dem Gewässersystem aus Sicht des Feinsedimenthaushalts grundsätzlich positiv. Für eine ökologische Gesamtbewertung müssen allerdings auch Effekte an Land mit berücksichtigt werden (vgl. Kap. 5.2.2). Bis 2009 wurde der Vorhafen der Schleuse u.a. mit einem Hopperbagger unterhalten und das Sediment zuletzt in einem Gewässer binnendeichs untergebracht. Mittlerweile ist das Gewässer verfüllt und keine ortsnahe Unterbringung binnendeichs mehr möglich. Nach umfangreicher Prüfung des WSA Meppen stehen derzeit keine technisch und wirtschaftlich geeigneten Flächen zur Verfügung, vor allem da sich Dritte entsprechende Nutzungsrechte gesichert haben (WSA Meppen mdl.).

Die bisher durchgeführten Untersuchungen zum WI-Einsatz bei Herbrum zeigen, dass die ökologischen Auswirkungen bei Berücksichtigung bestimmter Randbedingungen in einem vertretbaren Rahmen liegen (vgl. Kap. 4.2 und 4.3). Derzeit entwickelt sich der Unterhaltungsbedarf allerdings so, dass auch im Sommer - also auch bei vergleichsweise ungünstigen Rahmenbedingungen (insbesondere niedrige Sauerstoffgehalte) - zusätzlich zur permanent eingesetzten Schlickegge häufiger mit WI unterhalten werden muss.

Bei den beiden derzeit praktizierten Verfahren Schlickeggen und Wasserinjektion ist - da beide hydrodynamische Verfahren sind - grundsätzlich von ähnlichen Effekten auszugehen.

In Untersuchungen an der Elbe Mitte der achtziger Jahre wurden die ökologischen Auswirkungen (z. B. Trübungsentwicklung) durch den Einsatz von WI-Geräten als geringer eingeschätzt als diejenigen der Schlickegge (vgl. u. a. Meyer-Nehls 2000), was nach diesen Berichten vermutlich vor allem auf das „Zerstören“ der oberen Sedimentschicht durch die Schlickegge zurückzuführen ist. Vergleichende Untersuchungen an der Ems sind nicht bekannt.

Das WSA Meppen optimiert die Baggertechnik kontinuierlich. Wie bereits beschrieben, wird der Vorhafen der Schleuse Herbrum aktuell mittels einer Schlickegge und einem kleinen WI-Gerät befahrbar gehalten. In vereinzelten Abständen wird bei entsprechenden Randbedingungen ein größeres WI-Gerät eingesetzt. Dieses Vorgehen ist bereits das Ergebnis langjähriger Erfahrungen und Optimierungen. Wie oben dargestellt wurde in der Vergangenheit ein Baggergerät eingesetzt, welches Boden aufgenommen und zur Landunterbringung abtransportiert hat. Neben dem Problem der Flächenverfügbarkeit waren dies auch zeit- und damit kostenaufwändige Maßnahmen. Es wurde daher 2010 ein Versuch mit einem großen WI-Gerät durchgeführt. Hierbei wurde eine deutliche Verringerung der Kosten bei gleicher Wirkung ermittelt und begleitende ökologische Untersuchungen ergaben, dass der WI-Einsatz bei entsprechenden Randbedingungen ökologisch vertretbar ist (vgl. BfG 2010). Jedoch erreicht das Großgerät bauartbedingt „die Ecken“ nicht. Da auch die Egge hinter einem Schiff hergezogen wird, musste auch hier ab und zu mit einem Langarmbagger nachgebaggert werden. Eine weitere Optimierung erfolgte durch Einsatz eines kleineren Schiffes (Sportboot-Größe), welches mit besonderer Technik des Schraubenstrahl-Umleiten eine Art Wasserinjektion durchführen kann. Die Wirkung ist vollkommen ausreichend für den Großteil der Arbeiten und in die Ecken kommt das Schiff meist auch. Insofern wird der Vorhafen durch Einsätze des kleinen Injektionsgerät freigehalten, zusätzlich ist aber ein sehr aufwändiger permanenter Betrieb der Schlickegge in den Zwischenzeiten erforderlich.

Zusätzliches Optimierungspotential bzgl. einer weiteren Reduzierung der Kosten und des Arbeitsaufwands liegt im Umbau eines eigenen Schiffes zum WI-Gerät. Entsprechende Planungen wurden bereits durchgeführt. Das eigene kleine WI-Gerät könnte flexibel genutzt und so möglicherweise die Häufigkeit der Schlickeggen-Einsätze vermindert werden; wenn das eigene WI-Gerät häufiger zum Einsatz käme als WI bisher, wäre wohl die Intensität der einzelnen WI-Einsätze geringer und ggf. Auswirkungen räumlich begrenzter. Bei einer entsprechenden Anpassung der Unterhaltung ist eine ökologische Bewertung mit einzubeziehen.

## 5.5 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 ein etwas größerer Handlungsspielraum und damit mehr Optimierungspotenzial. In der Tideems ist dies beim Einsatz des Hopperbaggers relevant.

### 5.5.1 Diskussion der vorhandenen Unterbringungsstellen und denkbarer weiterer Unterbringungsstellen im Umfeld

Zur Bewertung von ökologischen Auswirkungen der Umlagerung auf die Klappstellen 1 bis 7 wurden 1999/2000 Untersuchungen gemäß HABAK durchgeführt und Auswirkungsprognosen erstellt, nach denen eine Umlagerung aus ökologischer Sicht akzeptabel erscheint (vgl. BfG 2001a). 2007 erfolgte eine Wiederholungsuntersuchung gemäß HABAK zu Schadstoffen und Ökotoxikologie, allerdings nur für die Baggerbereiche sowie die Klappstellen 5 bis 7. Die Ergebnisse stimmten überwiegend mit denen des Berichts aus 2001 überein (vgl. Leuchs et al. 2008). Nach GÜBAK (2009) sind regelmäßige Wiederholungsuntersuchungen vorgesehen, daher werden zur Zeit aktuelle GÜBAK-Untersuchungen durchgeführt.

Wie in Kap. 4 dargestellt, besitzen die Unterbringungsstellen und deren Nahbereich aus ökologischer Sicht keine besondere Bedeutung. Es gibt dort weder Seegrassbestände noch Muschelbänke oder sonstige spezielle Makrozoobenthos-Besiedelung. In der Nähe der Klappstellen 3, 4, 5, 7 sowie K2 befinden sich Seehundbänke, für die allerdings keine Auswirkungen durch die Umlagerungsaktivitäten zu erwarten sind. Für die Fischfauna ist weniger die einzelne Unterbringungsstelle von Bedeutung als vielmehr der gesamte Bereich als Aufwuchs- und Nahrungsgebiet; insbesondere der poly- und mesohaline Bereich in dem die Klappstellen 5 bis 7 und K2 liegen.

Bei der aktuellen Unterhaltung (vgl. Kap. 2) wird auf den Klappstellen 5 und 7 schlickiges Material aus dem Bereich Ems-km 30 - 40,5, dem Emder Fahrwasser und dem Gatjebogen untergebracht. Das Material wird allerdings von den Unterbringungsstellen größtenteils wieder stromauf transportiert und sedimentiert z.T. erneut in den o. g. Bereichen („Kreislaufbaggerung“, vgl. Kap. 4.2). Sandiges Material von Ems-km 53 bis km 67 wird auf Klappstelle 5 gebracht, ab km 67 größtenteils zur Klappstelle 2 (nach Auskunft des WSA Emden wird die Nutzung der Klappstellen 3 und 4 aufgrund von Bedenken von Tourismus und Besatzmuschelfischerei nach Möglichkeit minimiert).

In ihrem Bericht über die Arbeiten für die Deutsch-Niederländische Arbeitsgruppe „Baggergutunterbringung in der Außenems“ (BAW 2014) formuliert die BAW hinsichtlich der derzeit genutzten Unterbringungsstellen folgende Handlungsoptionen für die Optimierung der Unterhaltung: „Die deutsche Klappstelle 5 sollte nicht mehr für schluffiges Baggergut genutzt werden, da ca. 80 % der dort untergebrachten Sedimente in den Transport stromauf übergehen. Sandige Sedimente, die unterhalb der Knock im Rahmen der Gewässerunterhaltung gebaggert werden, könnten dort umgelagert werden, um den Mündungsbereich zu stabilisieren. [...] Stattdessen kann die Klappstelle 7 verstärkt beaufschlagt werden.“

Diese Empfehlung wird bereits vom WSA Emden umgesetzt und erscheint auch aus Sicht der BfG sinnvoll - sofern eine Entnahme aus dem System nicht möglich ist - da laut BAW 2014 von der Klappstelle 7 innerhalb des Simulationszeitraumes nur 65 % der erodierten Sedimente stromauf transportiert werden. Die Klappstelle 7 liegt 10 km näher am Baggerschwerpunkt Emders Fahrwasser/Gatjebogen als Klappstelle 5, so dass tendenziell ein positiver Effekt auf den Transportaufwand zu erwarten ist. Denkbare Effekte einer erhöhten Beaufschlagung von Klappstelle 7 an der Unterbringungsstelle und in deren Umfeld sollten im Rahmen der üblichen Überwachung (GÜBAK-Untersuchungen) analysiert werden. Auch wenn sich die Wiedereintriebsraten von Feinsedimenten ins Emders Fahrwasser und weiter in die Unterems etwas reduzieren, wird dies an der grundsätzlichen Defizitsituation der Tideems nichts ändern.

Als weitere Option wird von der BAW die Nutzung der Klappstelle K2 im Dollartmund befürwortet, „da der Wiedereintrieb in das Emders Fahrwasser geringer ist als von den weiter stromab gelegenen Unterbringungsstellen. Zudem ist die Sedimentzusammensetzung der im Emders Fahrwasser gebaggerten Sedimente den Sedimenten ähnlich, die im Dollart vorzufinden sind.“ (BAW 2014).

Die zzt. geplante maximale Verbringmenge nach Klappstelle K2 von ca. 1 Mio. m<sup>3</sup> (ca. 20 % der Gesamtbaggermenge) ist nur zu bestimmten Tideverhältnissen (auflaufendes Wasser) möglich. Da eine Baggerung der Zufahrt nicht genehmigungsfähig ist, ist die Klappstelle K2 nur begrenzt nutzbar. Für den Baggerschwerpunkt im Emders Fahrwasser kann selbst unter der Voraussetzung der nur tideabhängigen Erreichbarkeit die Klappstelle K2 eine kostengünstige Alternative darstellen. Der Transportweg verkürzt sich um ca. 10 km (WSA Emden mdl.). Zur Prognose der Auswirkungen auf die Ökologie wurde ein Testbetrieb mit umfangreichen Untersuchungen durchgeführt (vgl. BioConsult 2011b).

Hinsichtlich der Einrichtung von Klappstelle K2 im Dollartmund ist der Abstimmungsprozess mit dem Land Niedersachsen noch nicht abgeschlossen, eine Einigung ist jedoch in Sicht. Der zurückliegende sehr aufwändige Abstimmungsprozess zeigt, dass jegliche Änderung der Unterhaltung, selbst wenn sie auch aus ökologischer Sicht eine Optimierung darstellt, vor dem Hintergrund umweltrechtlicher Vorgaben problematisch sein kann.

Grundsätzlich können auch Faktoren wie die Nutzung bestimmter Tidephasen, Oberwasserhältnisse oder die praktische Ausgestaltung des Verklappvorgangs (z. B. verzögerte Öffnung der Klappen) zur Optimierung der Unterbringung genutzt werden. Für die Tideems und die hier erwarteten Effekte ist hier allerdings kein relevantes Optimierungspotenzial erkennbar. Nach derzeitigem Stand des Wissens scheint das Oberwasser keinen Einfluss auf den Sedimenttransport von den Unterbringungsstellen zu haben (vgl. BAW 2014). Um den Stromauftransport des Materials von den Unterbringungsstellen zu minimieren, wäre wohl generell eine Verklappung bei einsetzendem Ebbstrom vorzuziehen. Dies ist jedoch mit dem kontinuierlichen Baggerbetrieb nicht vereinbar (WSA Emden mdl.).

Ebenso wie Klappstelle 5 und 7 liegen alle weiteren potenziell möglichen Unterbringungsstellen in flutstromdominierten Bereichen (vgl. BAW 2014). Um den Rücktransport des

Baggergutes zu minimieren, müssten diese auf Stellen in möglichst ebbstromorientierten Bereichen untergebracht werden. Es besteht einzig noch die Möglichkeit im Zuge weiterer Untersuchungen Stellen mit einem besseren Flut-Ebbe-Verhältnis als bei Klappstelle 5 und 7 (also weniger flutstromdominant) als potenzielle Unterbringungsstellen zu identifizieren.

Eine Alternative zur Nutzung räumlich eng begrenzter Unterbringungsstellen ist die Ausweisung von Unterbringungsbereichen, innerhalb derer Unterbringungsstellen neu festgelegt bzw. bestehende Stellen verschoben werden könnten, um z. B. auf morphologische Veränderungen flexibel und vor allem kurzfristig reagieren zu können.

Unter der Voraussetzung, dass dabei eine großräumigere Verteilung des Baggerguts erfolgt, hätte dies u. U. auch für die Benthosfauna Vorteile, da hierdurch die Überdeckungshöhe mit umgelagertem Material sowie die Häufigkeit von Störungen geringer sein dürfte. Dies könnte sich positiv auf die Überlebensfähigkeit vieler Benthosarten auswirken, auch wenn eine größere Fläche betroffen wäre. Ähnliches gilt bezüglich der Fischfauna. Die kurzfristig beeinflusste Bodenfläche wäre zwar größer (und damit natürlich auch die potenziell beeinflusste Fischfauna), allerdings sollten die Auswirkungen auf Fische bei seltener Beaufschlagung potenziell geringer sein als bei einer häufigeren Beaufschlagung. Zudem erscheint das potenzielle Risiko einer veränderten Besiedlung des Bodens durch MZB und damit eine veränderte Nahrungszusammensetzung für Fische bei einer weiträumigeren Unterbringung geringer als bei einer konzentrierten Unterbringung. Allerdings muss ausgeschlossen werden, dass eine Unterbringung in ökologisch besonders wertvollen Bereichen erfolgt, daher ist eine Ausweisung großräumigerer Unterbringungsbereiche mit einem höheren Untersuchungs- und Monitoringaufwand verbunden als bei der bisherigen Vorgehensweise. Weiterhin ist eine Abstimmung mit dem Land erforderlich, was möglicherweise sehr aufwändig sein kann (s. o.).

Sandiges Baggergut sollte im System belassen (vgl. auch Kap. 5.5.6) und möglichst ortsnah untergebracht werden. Hierzu stehen bisher die Klappstellen 1 bis 5 zur Verfügung. Es wäre denkbar, für sandiges Material weitere Unterbringungsstellen zu suchen, um sandiges Baggergut ortsnäher umlagern zu können. Hierfür müssten zunächst - u.a. nautisch - geeignete Stellen identifiziert und entsprechend untersucht werden. Auch in diesem Fall muss ggf. eine Abstimmung mit den zuständigen Landesbehörden erfolgen. Eine weitere Möglichkeit der ortsnahen Unterbringung sandiger Sedimente ist der Einsatz des Wasserinjektionsverfahrens in der Außenems zur Baggergut von Einzeluntiefen. Entsprechende Möglichkeiten sollten weiter geprüft werden (vgl. Kap. 5.4.1).

### **5.5.2 Ökologische Vor- und Nachteile der Unterbringung von Baggergut an Land bzw. in Gewässern binnendeichs**

Wie in Kapitel 5.2 dargestellt ist es unter der derzeitigen Belastung der Unterems mit Schwebstoffen aus Sicht der BfG gewässerökologisch positiv zu bewerten, wenn Feinmaterial aus der Tideems dem Gewässersystem entzogen wird. Eine der entsprechenden Optionen ist die Unterbringung von Baggergut an Land oder in Gewässern binnendeichs. Dies ist für Baggergut aus der Unterems bis km 30 bereits aus Kostengründen derzeitige Praxis (WSA Emden mdl.); der Transportweg zu möglichen Unterbringungsstellen im

Gewässer ist weit. Allerdings ist auch der Spülfeldbetrieb mit nicht unerheblichen Kosten verbunden. Bis in die 1990er Jahre wurde auch Baggergut aus der inneren Außenems und dem Hafen Emden an Land untergebracht.

Bei der Abwägung gegenüber anderen Optionen der Baggergutunterbringung ist aus gesamt-ökologischer Sicht relevant, welche negativen Auswirkungen durch dieerspülung von Baggergut auf den genutzten Flächen bzw. in den zu verfüllenden Gewässern (die hierfür genutzten Gewässer sind durchweg künstliche Gewässer) zu erwarten sind. In jedem Fall sind für die Unterbringung von Baggergut binnendeichs Genehmigungen erforderlich, so dass zu erwartende negative Auswirkungen jeweils im Einzelfall genau geprüft werden.

Dieerspülung von Baggergut auf bisher nicht hierfür genutzten Flächen oder in Gewässern binnendeichs ist nicht notwendigerweise mit dauerhaft negativen Effekten verbunden, da diese Auswirkungen nur zeitweilig sind und ersetzt werden. Die derzeitigeerspülung findet beispielsweise auf landwirtschaftlichen Flächen statt, welche nach Beendigung der Aufspülung und einigen Jahren der Entwässerung, landwirtschaftlich besser nutzbar sind. Nach der Rekultivierung wird aus überspültem Grünland wieder Grünland.

Wie bereits beschrieben (vgl. auch Kap. 5.2) wäre nach Einschätzung der BfG in rein gewässerökologischer Hinsicht vermutlich eine Landunterbringung von feinkörnigem Baggergut aus dem Bereich Emden Fahrwasser/Gatjebogen der derzeitigen Unterhaltungsstrategie vorzuziehen (dies gilt in ähnlicher Weise auch für die Unterhaltung durch Dritte in diesem Bereich).

Das Ergebnis einer Untersuchung im Rahmen der Planungen zur Außenemsvertiefung hat allerdings gezeigt, dass eine landseitige Baggergutunterbringung sowohl aus Gründen der Wirtschaftlichkeit als auch der mangelnden Verfügbarkeit von Flächen und der geringen Aussicht auf Genehmigung mehr als unsicher ist (WSA Emden mdl.).

Zur Veranschaulichung der Verhältnisse sollen folgende Zahlen dienen: Die Gesamtflächen des Wybelsumer Polders sind geeignet ca. 6,5 Mio. m<sup>3</sup> Spülgut verteilt auf 25 Jahre aufzunehmen, während die Beschickung der Klappstellen 5 und 7 jährlich mit ca. 7 Mio. m<sup>3</sup> erfolgt (WSA Emden mdl.). Demnach ist es äußerst schwierig, den Unterbringungsbedarf der WSV langfristig mit Spülfeldern zu erfüllen.

Ungeachtet dessen sieht das Landesraumordnungsprogramm Niedersachsen mit seiner Novellierung in 2007 vor, dass das hier vorliegende unbelastete Baggergut im System Außenems vorrangig subaquatisch im Gewässer umzulagern ist.

Unter diesen Randbedingungen wird eine landseitige Unterbringung des Baggergutes vom WSA Emden sowohl vor dem Hintergrund einer nicht abgesicherten langfristigen Flächenverfügbarkeit als auch zu erwartender planungsrechtlicher Hemmnisse sowie der Kosten als nicht durchführbar eingeschätzt (WSA Emden mdl.).

Für die Landunterbringung von Baggergut aus der Unterems besteht möglicherweise noch ein gewisses Optimierungspotenzial hinsichtlich der Anleger/Einspülstationen. Das WSA Emden prüft derzeit die Neueinrichtung eines zusätzlichen Anlegers. Hierdurch könnten Unterhaltungskampagnen möglicherweise etwas verkürzt und so evtl. auch ökologisch sensible Zeiten eher eingehalten werden. Aus ökologischer Sicht wird dies als günstig bewertet, sofern eine Verkürzung der Baggerkampagne wie vorgesehen durch verringerte Transportentfernungen/-zeiten erreicht wird und kein zusätzlicher Bagger zum Einsatz kommt.

Für sandiges Material sollte auch in der Unterems angestrebt werden, es im System zu belassen, dementsprechend gelten die obigen Ausführungen hierfür nicht (vgl. Kap. 5.2, 5.5.5 und 5.5.6).

### **5.5.3 Unterbringung von Baggergut in der Nordsee**

Für das von der BAW untersuchte und in Kapitel 5.2 angesprochene Durchbrechen des Sedimentkreislaufes bietet sich neben einer Unterbringung an Land (vgl. Kap. 5.5.2) auch eine Unterbringung von Baggergut weiter außerhalb in der Nordsee an.

Das WSA Emden hat die Lage einer möglichen Unterbringungsstelle, die dem Umstand nach einer möglichst geringen Transportentfernung bei gleichzeitiger hydromorphologischer sowie nautischer Eignung (insbes. Aussparung des sog. „Verkehrstrennungsgebiets“) Rechnung trägt, überschlägig ermittelt. Die Entfernung zum Baggerschwerpunkt beträgt in diesem Fall 87 km (WSA Emden mdl.).

Bezüglich der genehmigungsrechtlichen Situation in internationalen Gewässern bestehen Unklarheiten. Baggergut aus der Tideelbe wird seit einigen Jahren in der Nordsee untergebracht (Tonne E3).

Um die Transportkosten zu vermindern, könnte das Material evtl. mit größeren Hopperbaggern transportiert werden, ggf. unterstützt durch einen Sedimentfang im Emder Fahrwasser (vgl. Kap. 5.3.4).

Durch die Unterbrechung des Baggerkreislaufs ist längerfristig eine Reduzierung der Unterhaltungsmengen denkbar. In BAW (2014) findet sich die Aussage: „Ein Durchbrechen dieses Sedimentkreislaufes müsste sich also bereits nach wenigen Jahren in reduzierten Baggermengen deutlich bemerkbar machen“. Allerdings ist anzumerken, dass der allergrößte Anteil des Sedimentimportes von der Nordsee kommt, so dass nur eine begrenzte Reduktion der Baggermengen möglich ist (vgl. Kapitel 4.2).

Auch die Erfahrung des WSA Emden aus den 1980er und 1990er Jahren spricht nicht für deutlich reduzierte Baggermengen. In dem genannten Zeitraum wurden 100 % der Baggermenge aus dem System entnommen und an Land gebracht (Rysumer Nacken, Campener Deichvorland und Wybelsumer Polder für den Hafen Emden) und trotzdem sind damals die höchsten jährlichen Baggermengen von bis zu 12 Mio. m<sup>3</sup> angefallen (WSA Emden mdl.). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass auch Gewässerausbaumaßnahmen und das damalige Baggerkonzept die Baggermengen im genannten Zeitraum beeinflusst haben.

Wegen des möglichen Potenzials zur Reduktion der Baggermengen im Emdener Fahrwasser sollte diese Option dennoch weiter verfolgt werden. Empfehlungen hierzu finden sich in Kap. 6. Vor dem Hintergrund der erweiterten WSV-Aufgabe „wasserwirtschaftliche Unterhaltung“ sind in gewissem Umfang auch höhere Kosten zum Erreichen ökologischer Verbesserungen vertretbar.

Handlungsoptionen zur Entnahme von feinkörnigem Baggergut aus dem Gewässersystem (neben der hier beschriebenen Option vgl. insbes. auch Kap. 5.5.2 und 5.5.6) würden sich auch für die Umlagerung von Feinsedimenten aus der Unterhaltung Dritter anbieten. Gemäß BAW 2014 sollten „...die niederländischen Unterbringungsorte seewärts von Eemshaven [...] nicht für die Umlagerung von Feinsedimenten genutzt werden, da diese Sedimente [...] nahezu komplett stromauf transportiert werden und dort die Unterhaltungssituation verschlechtern. Eine Unterbringung seewärts von Borkum würde das Ästuar entlasten und das Sediment wieder dem küstenparallelen Transport zur Verfügung stellen.“ Aktuelle Untersuchungen auf niederländischer Seite kommen zu dem Schluss, dass sich die Schwebstoffkonzentrationen im Emsästuar verringern könnten, sofern feinkörniges Material aus der Unterhaltung der niederländischen Häfen und des Emdener Fahrwassers auf Stellen weiter seewärts bei Ems-km 110 untergebracht würden (Deltares & Imares 2015).

#### **5.5.4 Unterbringung von Baggergut mit dem Ziel nachhaltiger Sedimentation**

Um zusätzliche Belastungen des Schwebstoffhaushalts durch resuspendiertes und stromauf transportiertes feinkörniges Baggergut zu vermindern, könnte neben einer Entnahme aus dem System Tideems auch eine längerfristige Sedimentation des untergebrachten Baggerguts in Wattbereichen eine Option darstellen.

Eine gezielte Verwendung von Baggergut könnte die Genese der Watten und ihre dämpfende, die Tideenergie dissipierende Wirkung unterstützen. Dies könnte insbesondere vor dem Hintergrund des Meeresspiegelanstiegs (Klimawandel) relevant sein (Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume 2015). Zudem haben sich einige Wattgebiete in der Tideems im Zusammenhang mit Gasentnahmen in der Vergangenheit abgesenkt (vgl. Kap. 3); insofern würde eine Aufhöhung hier eine Annäherung an frühere Zustände darstellen. Theoretisch könnten so beispielsweise wieder für Seegras geeignete Standorte entstehen.

Um eine nachhaltige Sedimentation zu erreichen, könnte zum einen nach Unterbringungsstellen gesucht werden, von denen möglichst viel Material in Wattbereiche verdriftet. Beispielsweise scheint von Klappstelle 7 mehr feinkörniges Baggergut in Wattgebiete zu verdriften als von Klappstelle 5 (vgl. Kap. 4.2 und 5.5.1). Ein Teil des untergebrachten Materials würde sich in das bestehende Sedimentinventar der Wattflächen einmischen, ein gewisser Anteil würde zeitnah resuspendiert und dem Transportregime wieder zur Verfügung stehen.

Zum anderen ist auch eine direkte Unterbringung in Wattbereichen theoretisch denkbar, jedoch aufgrund der geringen Wassertiefen technisch äußerst schwierig und mit sehr hohem Aufwand verbunden (WSA Emden mdl.).

Neben den erhofften positiven Effekten bei einer Baggergutunterbringung mit dem Ziel einer Sedimentation in Wattbereichen sind auch negative Auswirkungen auf die aktuell naturschutzfachlich sehr wertvollen und großräumig als Nationalpark bzw. Natura 2000-Gebiete ausgewiesenen Flächen nicht auszuschließen. So ist z. B. eine Verschiebung des Korngrößenspektrums in einigen Wattbereichen denkbar, zum anderen bei feinkörnigem Baggergut zumindest zeitweise erhöhte Trübungswerte im Nahbereich der Unterbringungsstelle. Angesichts der naturschutzfachlichen Zielkonflikte wäre eine solche Unterbringung nur realisierbar, wenn dies von den zuständigen Naturschutzbehörden insgesamt positiv bewertet wird. Auch seitens Tourismus und Fischerei bestehen - je nach konkreter Lage und Ausgestaltung einer entsprechenden Maßnahme - Bedenken gegen eine Unterbringung mit dem Ziel nachhaltiger Sedimentation.

Es bestehen viele Unklarheiten bezüglich der Rahmenbedingungen, bei denen eine Unterbringung mit dem Ziel nachhaltiger Sedimentation erfolgreich wäre (z. B. hinsichtlich der Lage geeigneter Unterbringungsstellen, der technischen Durchführbarkeit/Ausgestaltung und der ökologischen Effekte). Daher sind vor einer Bewertung dieser Option verschiedene weitere Untersuchungen erforderlich. Im Fall einer - auch versuchsweisen Umsetzung - müsste in jedem Fall ein umfangreiches Monitoring erfolgen.

#### **5.5.5 Möglichkeiten zur Sicherung/Förderung von Strukturvielfalt durch Nutzung von Baggergut**

Wie in Kap. 3 dargestellt ist der Bereich der Außenems stromab des Gatjebogens durch eine hohe Morphodynamik gekennzeichnet. Die Gewässerstruktur ist im Vergleich zur Unterems relativ naturnah jedoch durch Küstenschutzmaßnahmen überprägt. Für diesen Bereich stellt die im vorigen Kapitel diskutierte Baggergutunterbringung in Wattbereichen eine - wenn auch sicher nicht unstrittige - Option dar, um gezielt mit Baggergut bestimmte Strukturen zu schaffen bzw. deren Entwicklung mitzugestalten.

In der Unterems stellen - neben Verlusten von Vorland- und Überschwemmungsgebieten mit dort ausgeprägten Strukturen - u.a. feste Ufersicherungen Defizite der Gewässerstruktur dar; weiterhin sind in Verbindung mit der Schwebstoffproblematik in der Unterems sandige Sohl- und Uferbereiche großräumig verschlickt, was mit einem Verlust sandgeprägter Lebensräume einhergeht (vgl. Kap. 3).

Uferabschnitte können durch Vorspülung von Sand aus Unterhaltungsbereichen gesichert werden, wodurch wertvolle Sekundärlebensräume entstehen; dies wird beispielsweise in der Unterweser an einigen Stellen praktiziert. Das schlickige Baggergut aus Unterems und Emders Fahrwasser ist ungeeignet für solche Ufervorspülungen, die eine Alternative zu festen Ufersicherungen darstellen könnten. Sandiges Material wird in der Unterems nur in sehr geringen Mengen gebaggert, so dass größere Vorspülungen evtl. nur möglich wären, wenn sandiges Baggergut z. B. von Baggerstrecken weiter außerhalb genutzt würde. Zudem ist die Unterems sehr schmal, so dass unklar ist, ob überhaupt Uferstrecken vorhanden sind, an denen mit Sandvorspülungen gesicherte Ufer einigermaßen stabil wären. Im Zusammenhang mit dem Masterplan Ems gibt es Überlegungen, in welchen Bereichen der Unterems alternative

Ufersicherungen eingesetzt werden könnten. Hierbei sollten neben technisch biologischen Ufersicherungen dann auch Sandvorspülungen als eine Option mitbetrachtet werden.

Wie in Kapitel 3 beschrieben war das Sohlsubstrat der Unterems bis in die 90er Jahre hinein sandig. Heute liegt eine überwiegend schlickige Sohle vor. Aus morphologischer, dabei speziell aus sedimentologischer und letztlich auch ökologischer Sicht sollten Sandanteile soweit möglich im System verbleiben oder sogar zugefügt werden, um den Sandhaushalt der Unterems zu stützen, sandgeprägte Lebensräume zu fördern und evtl. eine Strukturverbesserung der Sohle an gewissen Stellen zu erreichen. Das in der Unterems in geringen Mengen anfallende sandige Baggergut sollte daher aus hydromorphologischer Sicht ortsnah in der Unterems untergebracht werden. Hierfür sollten geeignete Bereiche identifiziert und denkbare negative Effekte abgeklärt werden. Aus verkehrlichen Gründen unkritisch, teilweise sogar günstig wäre die Unterbringung in - häufig vor Bühnenköpfen entstehenden - Kolkbereichen, hier bestehen allerdings – je nach Lage, Hydromorphologie und sonstiger Randbedingungen der entsprechenden Kolke – z. T. Unsicherheiten insbesondere hinsichtlich der fischökologischen Funktion. Alternativ könnte das Material für Sandvorspülungen genutzt werden, hierbei würde es wahrscheinlich mittelfristig auch wieder ins Gewässer gelangen (s.o.).

### **5.5.6 Nutzung von Baggergut als Baustoff**

Wie in Kapitel 2 dargestellt, fanden im Bereich Ems-km 55 bis 67 von 2008 bis 2013 Sandentnahmen im Umfang von durchschnittlich ca. 0,5 Mio. m<sup>3</sup>/Jahr statt (die maximal zulässige Menge beträgt 1,5 Mio. m<sup>3</sup>). Zusätzlich wurde im Rahmen der WSV-Unterhaltung im gleichen Zeitraum eine vergleichbare Menge überwiegend sandiges Material gebaggert.

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 morphologischer Sicht an der Ems negativ zu bewerten (vgl. Kap. 5.2), insbesondere auch vor dem Hintergrund des prognostizierten Meeresspiegelanstiegs (Materialbedarf für Mitwachsen von Watten und Gewässersohle). Sandige Sedimente sollten darüber hinaus auch im System gehalten werden, um die dämpfende Wirkung der Gewässerstrukturen des äußeren Ästuars zu stützen. Aus diesen Gründen sind Sandentnahmen möglichst zu vermeiden.

Auch das sporadisch in der Unterems anfallende sandige Baggergut sollte nach Möglichkeit im Gewässer umgelagert und nicht entnommen und genutzt werden (vgl. Kap. 5.5.5).

Im Rahmen der Fahrrinnenunterhaltung in Unterems und Emden Fahrwasser fällt überwiegend feinkörniges Baggergut an, dessen Entnahme aus dem Gewässersystem von der BfG grundsätzlich positiv bewertet wird (vgl. Kap. 5.2). Nach entsprechender Aufbereitung könnte dieses Material evtl. für den Deichbau verwendet werden. Hierzu muss das Baggergut entwässert werden (Reifung), was normalerweise mehrere Jahre dauert. Die Entwässerung

kann durch den Einsatz von Geotextilen (horizontale Lagen, vertikale Elemente, Verpackungen, z. B. geotextile Schläuche) und/oder den Zusatz von Flockungsmitteln vorangetrieben werden. Für eine weitere Verwendung im Deichbau muss das Material entsprechende Eigenschaften aufweisen (z. B. hinsichtlich hydraulischer Leitfähigkeit, Erosionsstabilität, Verarbeitbarkeit, Schadstoffbelastung). Untersuchungen zum Einsatz von Nassbaggergut als alternatives Material im Deichbau wurden u. a. im Rahmen des Projektes DredgeDikes (<http://www.dredgdikes.eu>) durchgeführt, an dem die BAW beteiligt war. Auch in den Niederlanden gibt es Aktivitäten zu diesem Themenfeld (z. B. Pilotprojekt „Kleirijperij“ (<http://www.ee-eemdelta.nl/nieuws/nieuws/pilot-kleirijperij-wordt-schakel-in-slibreductie-eems-dollard>)).

Die Verwendung von schlackigem Material für den Deichbau könnte in Ostfriesland zu einer echten Win-win-Situation führen - zum einen wäre es eine Lösung für die Baggergutunterbringung, zum anderen müssten weniger kleihaltige Flächen für den Deichbau abgegraben werden. Allerdings werden für die Entwässerung des abgelagerten Schlacks Flächen (Spülfelder bzw. Lagerflächen für Geotextilschläuche o. ä.) benötigt und es ist unklar, ob bisher verfügbare Verfahren zur Beschleunigung der Entwässerung für große Mengen von Baggergut aus der Tideems geeignet sind. Schadstoffbelastungen stehen an der Tideems einer entsprechenden Nutzung in der Regel nicht entgegen.

In den Jahren 2012/2013 wurden bereits mehrere Hunderttausend Kubikmeter Klei-/Mischboden aus einem Spülfeld im Jarssumer Polder entnommen und für den Deichbau verwendet. Insofern ist von einer grundsätzlichen Eignung von Sedimenten aus der Ems auszugehen. Auch die Nutzung von bereits konsolidiertem Material aus Bühnenfeldern stellt eine denkbare Option dar (Kap. 5.6.1).

Künftig sollten unbedingt Partner für ähnliche (Modell-)Projekte sowie die praktische Erprobung und ggf. Weiterentwicklung von Entwässerungsverfahren gewonnen werden, um die Nutzung von feinkörnigem Baggergut als Deichbaumaterial voranzutreiben (vgl. Kap. 6).

## **5.6 Weitere Handlungsfelder**

### **5.6.1 Unterhaltung von Seitenbereichen**

Die Seitenbereiche entlang der Unterems (Bühnenfelder, Neben- und Altarme) sind in weiten Teilen verschlickt, da sie natürlicherweise als Sedimentfalle fungieren. Aufgrund der hydraulischen Situation ist eine Räumung dieser Bereiche durch natürliche Prozesse kaum möglich.

Die Bühnenfelder entlang der Unterems verlieren aufgrund der Verschlickung teilweise ihre strombauliche Wirkung (vgl. Krebs 2007), so dass eine Räumung dieser Bereiche sowohl aufgrund dieses Aspektes als auch aus ökologischer Sicht sinnvoll sein könnte.

Mit der Verschlickung verlieren die Neben- und Altarme sowohl ihre hydrologischen und morphologischen als auch ihre ökologischen Funktionen (z. B. Flachwasserbereiche als Rückzugs-, Nahrungs- und Aufwuchsraum für Fische, Flächen mit positiver Sauerstoffbilanz). Da diese auch nicht, wie in einem natürlichen Ästuar, an anderer Stelle neu entste-

hen, erscheinen Maßnahmen wünschenswert, die dieser Entwicklung entgegenwirken. Sowohl im Fachbeitrag „Natura 2000“ zum IBP Ems (KÜFOG 2014) als auch in Planungen mit Bezug zur Wasserrahmenrichtlinie wird für die Unterems die Revitalisierung von Mäandern und Nebenarmen als Maßnahme vorgeschlagen. Zur Revitalisierung von Nebenarmen sind neben der umfangreichen Sedimententnahme zusätzlich eine dauerhafte Unterhaltung und ggf. dauerhafte wasserbauliche Maßnahmen zur Stromlenkung erforderlich.

In der Regel (konkret: sofern sie einen Gewässerausbau und keine Unterhaltungsmaßnahme darstellt) fällt eine ökologisch motivierte Reaktivierung von Nebenarmen in den Zuständigkeitsbereich der Länder. Es ist daher und auch angesichts häufiger Zielkonflikte innerhalb von Naturschutz und Wasserwirtschaft bei solchen Maßnahmen 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. Eventuell wäre es sinnvoll, solche Maßnahmen im Rahmen des geplanten integrierten Strombaukonzepts mit zu betrachten.

Wie oben erwähnt, hat eine Reaktivierung der Nebenarme bzw. eine Räumung von Bühnenfeldern neben den ökologisch/naturschutzfachlichen Aspekten auch eine (günstig zu bewertende) hydrologisch/sedimentologische Komponente, da wieder zusätzlicher Retentions- und Sedimentationsraum entstehen würde. Allerdings ist auch zu berücksichtigen, dass hierdurch bei Schiffsüberführungen längere Stauzeiten nötig sein könnten.

Im Zuge der Reaktivierung von Nebenarmen bzw. durch Räumung der Bühnenfelder würden - sofern das Baggergut an Land untergebracht oder genutzt würde - größere Mengen Feinsedimente aus der Unterems entnommen. Ein Großteil dieser Sedimente wird vermutlich stark konsolidiert sein und schon lange dort liegen; sie sind somit nicht Teil des aktiven Transportgeschehens. Die Schwebstoffkonzentration wird somit durch die Entnahme nicht verringert. Durch Räumung der Bühnenfelder bzw. Nebenarme wird zwar Material entnommen, der Nettoimport an Schwebstoffen wird dadurch jedoch kaum geschwächt. Eine Freisetzung von Schadstoffen durch Sedimententnahme ist, vor dem Hintergrund, dass Sediment mobilisiert wird, welches in den allermeisten Fällen - analog zum Schwebstoff - nur gering belastet ist, nicht zu erwarten. Das entnommene Material würde sich vermutlich gut für den Deichbau eignen (vgl. Kap. 5.5.6), da in den Bühnenfeldern bereits eine Konsolidierung stattgefunden hat.

Prinzipiell können durch Räumung der Bühnenfelder bzw. der Nebenarme die Gewässerhydraulik und somit auch die Transportverhältnisse positiv beeinflusst werden (z. B. weniger starke Konzentration der Tidewelle auf den Hauptstrom und gleichzeitig Abschwächung der Strömungsgeschwindigkeiten). Ohne weitere Untersuchungen lässt sich die Größenordnung dieser Effekte schlecht abschätzen, eine starke Reduktion des Stromauftransports ist jedoch nicht zu erwarten.

Die geräumten Bereiche werden vermutlich schnell (in wenigen Wochen, vielleicht sogar Tagen) wieder mit einer schlickigen Auflage bedeckt sein, so dass eine regelmäßige Unterhaltung erfolgen müsste. Für den Sauerstoffhaushalt und auch das Phytoplankton dürfte sich eine Reaktivierung solcher Seitenräume trotzdem positiv auswirken. Die positiven Wirkungen sind vermutlich aber vor allem auf den Bereich des Seitenraumes selbst oder auf die lokal angrenzenden Bereiche der Unterems begrenzt.

Der wiederholte Wechsel von Sedimentation und Entnahme des Materials (durch regelmäßige Unterhaltung) führt zu einer künstlichen Dynamik in den Uferbereichen und kommt den natürlichen Verhältnissen näher. Langfristig hätte dies einen positiven Effekt auf die Uferpionierarten, die im heutigen Zustand defizitär sind (z. B. Pionierröhricht), auch wenn zunächst naturschutzfachlich wertvolle Strukturen entfernt würden, d. h. höhere Dynamik zu Ungunsten eines konservierenden Naturschutzes.

Die Räumung von Seitenbereichen ist für Fische durchaus als positiv zu werten, da hier Laich-, Aufwuchs- und Nahrungshabitate für viele Fischarten geschaffen werden. Allerdings ist das Aufwertungspotenzial solcher Maßnahmen aufgrund der ungünstigen Sauerstoff- und Schwebstoffverhältnisse in der Unterems aktuell sehr begrenzt.

Eine besondere funktionelle Bedeutung besitzen die Nebenarme und Seitenräume, welche von den schiffahrtsbedingten Beeinträchtigungen (Wellenschlag, Lärmbelastung) in geringerem Maße betroffen sind und zudem durch ihre geringere Strömungsgeschwindigkeit bessere Aufwuchsbedingungen für Fische bieten. Von einer Reaktivierung von teilverlandeten Nebenarmen und Seitenräumen in der Tideems würden beispielsweise die Kaulbarsche und Karpfenartigen, die ganzjährig limnische und oligohaline Bereiche nutzen und in den strömungsärmeren ufernahen Bereichen laichen, profitieren. Die Räumung von Bühnenfeldern ist ebenfalls als sinnvolle Maßnahme zu werten, wobei das fischökologische Potenzial in diesen Bereichen durch die Schifffahrt deutlich geringer erachtet wird als in Bereichen mit größerer Entfernung zum Fahrwasser. Eine Reaktivierung sollte möglichst großflächig durchgeführt und die Flächen über einen möglichst großen Abschnitt verteilt werden (Trittsteine).

Maßnahmen wie die Entwicklung von strömungsberuhigten Flachwasserzonen, sowie der Erhalt/die Reaktivierung von flachen, durchströmten Nebenarmen werden als wichtige Voraussetzung für eine Verbesserung des Erhaltungszustandes von Fischarten und Neunaugen des Anhangs II der FFH-Richtlinie und von lebensraumtypischen Fischartengemeinschaften angesehen (KÜFOG 2014).

Für die noch vorhandene Restbesiedelung mit Makrozoobenthos bringt eine Reaktivierung von Nebenarmen oder Räumung von Bühnenfeldern wenig, so lange das Fluid-Mud-Problem in der Unterems weiterbesteht.

## 6 Konzept/Empfehlungen für das Sedimentmanagement und Ausblick

Als Schlussfolgerungen der Diskussion von Handlungsoptionen in Kapitel 5 werden im Folgenden Empfehlungen zum Sedimentmanagement der Tideems formuliert. Es werden Handlungsoptionen genannt, die aus Sicht der BfG das Potenzial besitzen können, zukünftig die ökologischen Auswirkungen durch die WSV-seitige Unterhaltungsbaggerung und Unterbringung des entsprechenden Baggerguts weiter zu minimieren.

Im ersten Unterkapitel werden in Form von Steckbriefen für Teilabschnitte der Tideems zum einen Empfehlungen formuliert, welche beim derzeitigen Kenntnisstand umsetzbar sind, zum anderen Perspektiven für eine mittel- bis langfristige weitere Optimierung benannt. In den Steckbriefen sind zusätzlich Kennzahlen und Kurzinformationen zu Unterhaltungsaktivitäten sowie eine Kurzbeschreibung der Gewässerabschnitte enthalten.

Das zweite Unterkapitel enthält allgemeine für die gesamte Tideems gültige Empfehlungen, z. B. Hinweise auf WSV-Leitfäden und zur Zusammenarbeit mit Landesbehörden sowie Grundsätze zur Sedimentunterbringung in der Tideems.

Die weitere Beurteilung, Entwicklung und Umsetzung von Handlungsoptionen, die in erster Einschätzung das Potenzial haben könnten, die Auswirkungen durch Unterhaltung weiter zu reduzieren (in den Steckbriefen unter dem Punkt „Perspektiven“ aufgeführt), setzt Wissen und eine ausreichende Datengrundlage über Auswirkungen, Zustände und beeinflussende Prozesse voraus. Hier besteht weiterer Untersuchungsbedarf. Weiterhin erfordert das Sedimentmanagement Untersuchungen zur Überwachung möglicher Auswirkungen der Unterhaltungstätigkeit. Entsprechend werden im letzten Unterkapitel Empfehlungen zu speziellen Untersuchungen und zum Monitoring zusammengefasst.

Die Formulierung von Empfehlungen erfolgt vor dem Hintergrund eines Ems-Ästuars, das durch einen stetigen Import von Feinsedimenten von See her sowie einen ausgeprägten Stromauftransport und eine Akkumulation von Feinsedimenten geprägt ist (vgl. BAW 2014). Insgesamt werden nur wenige, direkt umsetzbare Abweichungen von der bisherigen Unterhaltungspraxis empfohlen. Einige Charakteristika der WSV-Unterhaltung in der Tideems, welche bereits eingeführt wurden (z. B. Optimierung Hopperbaggerung: ohne Wasserstrahl), erscheinen auch aus ökologischer Sicht sinnvoll (vgl. Kap. 5).

Bei Umsetzung der Empfehlungen kann im günstigsten Fall mit einer gewissen Verringerung der unterhaltungsbedingten Auswirkungen gerechnet werden, es ist jedoch keine Trendumkehr bei der Entwicklung der Schwebstoffkonzentrationen und bei der Akkumulation von Feinsedimenten, insbesondere in der Unterems, zu erwarten. Somit ist vermutlich auch der Einfluss auf die weitere Baggermengenentwicklung gering. Das Potenzial zur Verbesserung

der ökologischen Gesamtsituation durch eine Optimierung der Unterhaltungstätigkeit ist nach  
derzeitigem Kenntnisstand unter den aktuellen Rahmenbedingungen gering.

## **6.1 Steckbriefe zu Teilabschnitten mit Empfehlungen für die Unterhaltung**

Als Ergebnis aus der Beschreibung der Unterhaltungsaktivitäten (vgl. Kap. 2) und deren  
Auswirkungen (vgl. Kap. 4) wird hier in folgende Gewässerabschnitte unterteilt:

1. Tidebeeinflusster DEK / Schleuse Herbrum (Herbrum bis Papenburg; DEK-km 211,8 bis DEK-km 225,8 = Ems-km 0,0)
2. Unterems und Fahrrinne bis Emden (Papenburg bis Emden; Ems-km 0,0 bis 40,7) sowie Leda (Leda-km 22,9 bis 24,8)
3. Emden Fahrwasser und Dollart (Emden bis etwa Knock; Ems-km 40,7 bis 50,0)
4. Gatjebogen (Ems-km 50,0 bis 53,0)
5. Außenems seewärts Gatjebogen bis Seegrenze Höhe Eemshaven (Ems-km 53,0 bis 71,0)
6. Außenems seewärts Seegrenze Höhe Eemshaven (Ems-km 71,0 bis 112,5)

**Tidebeeinflusster DEK / Schleuse Herbrum (Herbrum bis Papenburg; DEK-km 211,8 bis DEK-km 225,8 = Ems-km 0,0)**

**Morphologie und Sedimenthaushalt**

- > Sohlsubstrat: überwiegend feinkörnige Sedimente, oberwasserabhängig auch Eintrag sandiger Sedimente von oberstrom
- > Hohe Schwebstoffgehalte und Ausbildung von Fluid Mud an der Gewässersohle, stetiger Schwebstoffeintrag von Unterstrom (Tidal Pumping) mit Ausnahme in Situationen mit einem hohen Oberwasserabfluss

**Baggerbedarf**

- > Unterer Vorhafen der Schleuse Herbrum: ca. 100.000 m<sup>3</sup> bis 210.000 m<sup>3</sup> pro Jahr (WI) zusätzlich im Sommer permanenter Einsatz einer Schlickegge
- > Oberer Vorhafen: wegen zunehmender Verschlickung werden Versuche mit kleinem WI-Gerät durchgeführt
- > Fahrrinne des tidebeeinflussten DEK: keine Unterhaltung notwendig

**Ökologische Sensitivität/Besonderheiten**

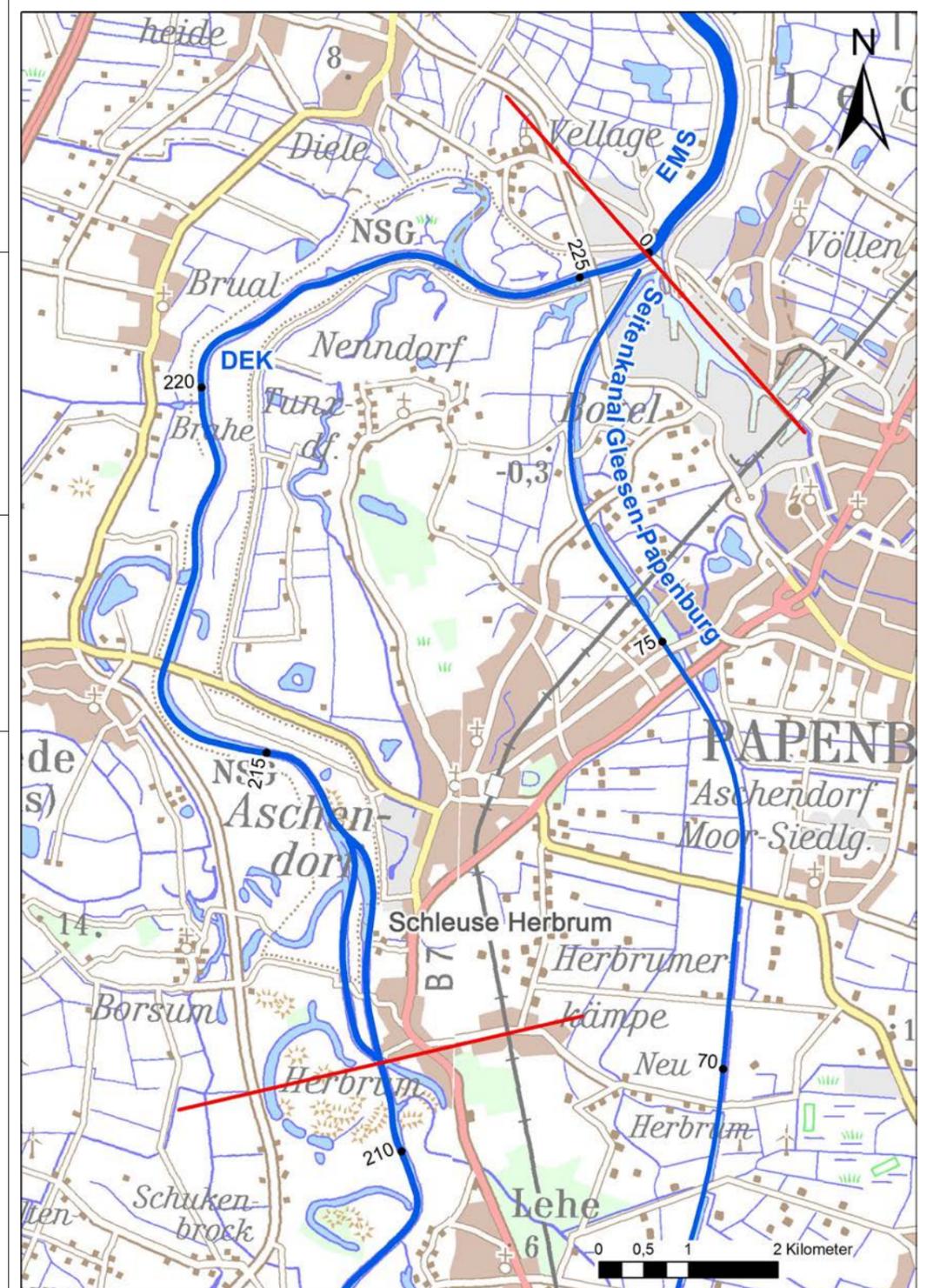
- > Als Folge von hohen Schwebstoffgehalten und Fluid Mud (s. o.) im Sommer regelmäßige Sauerstoffmangel-Situationen während der Flutphasen bei geringem Oberwasser
- > Wichtiger Wanderkorridor für Fische und Neunaugen

**Empfehlungen**

- > Im Winter (Januar - März): Einsatz eines großen WI-Geräts unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (Sauerstoff > 7 mg/l, Wassertemperatur < 10°C, hohe Oberwasserabflüsse) mit begleitendem Monitoring (wie aktuell)
- > In den Sommermonaten: Unterhaltung mittels Schlickegge, sofern unbedingt erforderlich zusätzlich Einsatz eines kleinen WI-Geräts (wie bisher)

**Perspektiven/zu klärendes Optimierungspotenzial**

- > Zusätzliches Optimierungspotenzial bzgl. einer Reduzierung der Kosten/des Arbeitsaufwands und möglicherweise auch aus ökologischer Sicht (Minimierung Intensität der einzelnen WI-Einsätze) ergibt sich aus der Entwicklung eines WSV-eigenen kleinen WI-Geräts. Bei einer entsprechenden Anpassung der Unterhaltung ist eine ökologische Bewertung mit einzubeziehen.
- > Es sollte im Auge behalten werden, ob sich zukünftig neue Möglichkeiten der Nutzung - und damit Entnahme - des Baggerguts bieten (z. B. Nutzung des Materials zum Deichbau).



**Unterems und Fahrinne bis Emden (Papenburg bis Emden; Ems-km 0,0 bis 40,7) sowie Leda (km 22,9 bis 24,8)**

**Morphologie und Sedimenthaushalt**

- > Sohls substrat: überwiegend feinkörnige Sedimente, nur geringe Mittel- und Grobsandanteile
- > Extrem hohe Schwebstoffgehalte, fortschreitende Akkumulation von Feinsedimenten und Ausbildung von Fluid Mud an der Gewässersohle, stetiger Schwebstoffeintrag von unterstrom (Tidal Pumping) mit Ausnahme in Situationen mit hohem Oberwasserabfluss

**Baggerbedarf**

- > Baggerkampagnen im Vorfeld von Schiffsüberführung, welche in der Regel auch die kontinuierlich vorzuhaltende Basistiefe sicherstellen (in Ausnahmefällen muss auch zwischen den Kampagnen unterhalten werden, um die Basistiefe zu gewährleisten)
- > Ems-km 0 - 15: Baggerschwerpunkt mit bis zu 1 Mio. m<sup>3</sup> Baggergut pro Baggerkampagne
- > Ems-km 15 - 30: bis zu 0,3 Mio. m<sup>3</sup> pro Baggerkampagne
- > Ems-km 30 - 40,5: bis zu 0,3 Mio. m<sup>3</sup> pro Baggerkampagne
- > Leda: 1 - 2 mal jährlich ca. 115.000 m<sup>3</sup> (im Anschluss an die Baggerkampagnen in der Unterems)
- > In einigen Jahren auch Baggerungen geringer Mengen Sand in wechselnden Abschnitten (z. B. Frühjahr 2015: ca. 6.000 m<sup>3</sup>)
- > Zusätzlich Unterhaltung Dritter (Häfen Papenburg, Leer, Räumbooteinsätze NLWKN)

**Ökologische Sensitivität/Besonderheiten**

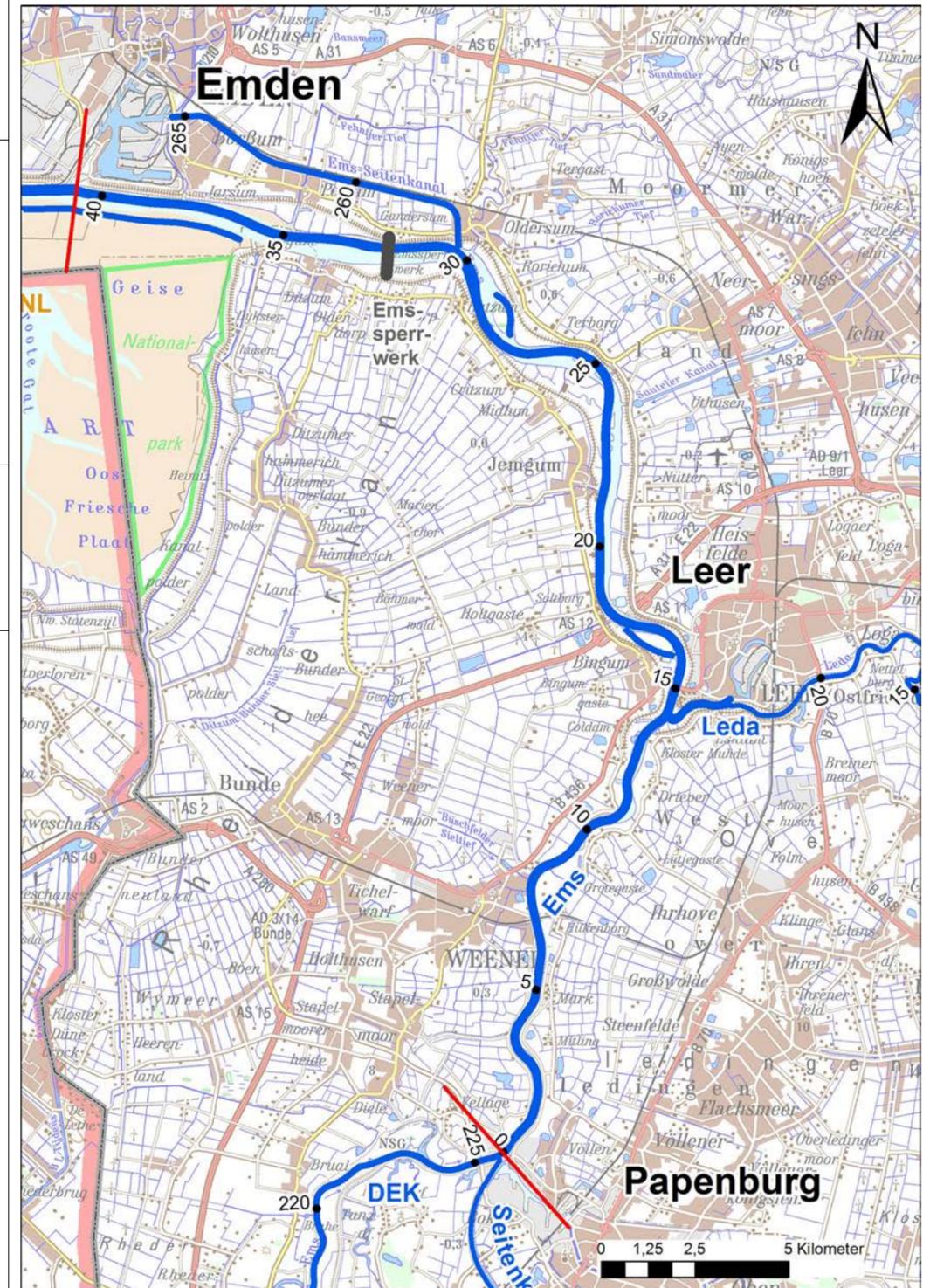
- > Im Sommer regelmäßige Sauerstoffmangel-Situationen mit sehr sauerstoffarmen Verhältnissen im Bereich der Sohle
- > Wichtiger Wanderkorridor für Fische und Neunaugen
- > Potenzielles Reproduktionsgebiet einiger ästuartypischer Fischarten wie Finte und Stint

**Empfehlungen**

- > Ems-km 0 - 30: Unterhaltung mit Hopperbagger und Baggergutunterbringung an Land (wie bisher)
- > Ems-km 30 - 40,5: Unterhaltung mit Hopperbagger, Baggergutunterbringung von schluffigem Material vorzugsweise auf Klappstelle 7 (nach abgeschlossener Abstimmung mit NLWKN bevorzugt auf Klappstelle K2 im Dollartmund) und nur ausnahmsweise auf Klappstelle 5, nach Möglichkeit z. T. auch an Land (z. B. Jarssumer Polder)
- > Minimierung von Baggeraktivitäten im Zeitraum von Ende April bis Ende Oktober mit Sauerstoffwerten (= Vorbelastung) unter 4 mg/l (gilt auch für die Aktivitäten Dritter) - allerdings aufgrund der Anforderungen der Schifffahrt kaum Möglichkeiten zur Minimierung
- > Leda: Unterhaltung mit Hopperbagger und Baggergutunterbringung an Land und soweit mit der Schifffahrt vereinbar Vermeiden von Baggeraktivitäten im Zeitraum von Ende April bis Ende Oktober mit Sauerstoffwerten (= Vorbelastung) unter 4 mg/l (d. h. bei entsprechender Vorbelastung keine Unterhaltung im Zusammenhang mit Baggerkampagne in der Unterems)

**Perspektiven/zu klärendes Optimierungspotenzial**

- > Sobald in der Unterems Unterbringungsmöglichkeiten für sandiges Baggergut im Gewässer gefunden und mit den Landesbehörden abgestimmt sind: Unterbringung der geringen Mengen sandigen Baggerguts im Gewässer
- > Sofern sich neue und geeignete Möglichkeiten der Unterbringung von Baggergut an Land bzw. Nutzung von Baggergut ergeben (z. B. Nutzung des Materials zum Deichbau): Landunterbringung auch des feinkörnigen Materials aus Ems-km 30 - 40,5
- > Sofern alternative Unterbringungsstellen ermittelt werden können, die deutlich weniger flutstromdominant sind als die Klappstellen 7 oder K2; nach Untersuchung dieser Bereiche nach GÜBAK und Abstimmung mit den zuständigen Landesbehörden: Unterbringung von feinkörnigem Baggergut auf diesen alternativen Unterbringungsstellen
- > Sofern ein positiver Effekt auf den Feinsedimenthaushalt untermauert werden kann und geeignete Bereiche gefunden werden: Unterbringung des feinkörnigen Materials aus Ems-km 30 - 40,5 in der Nordsee
- > Sofern positive Bewertung durch Landesbehörden und in entsprechenden Auswirkungsprognosen nach GÜBAK erfolgt: Unterbringung des Materials aus Ems-km 30 - 40,5 in größeren Unterbringungsbereichen (ggf. weniger konzentriert)



**Ender Fahrwasser und Dollart (Emden bis etwa Knock; Ems-km 40,7 bis 50,0)**

**Morphologie und Sedimenthaushalt**

- > Sohlsubstrat: hohe Variabilität, überwiegend feinkörnige Sedimente
- > Hohe Schwebstoffgehalte, stetiger Schwebstoffimport von Unterstrom (Tidal Pumping), aber geringere Tendenz zur Ausbildung von Fluid Mud an der Gewässersohle als in der Unterems

**Baggerbedarf**

- > Unterhaltungsschwerpunkt (im Durchschnitt ca. 3,5 Mio. m<sup>3</sup>)
- > Zusätzlich Unterhaltung Dritter (Hafen Emden)

**Ökologische Sensitivität/Besonderheiten**

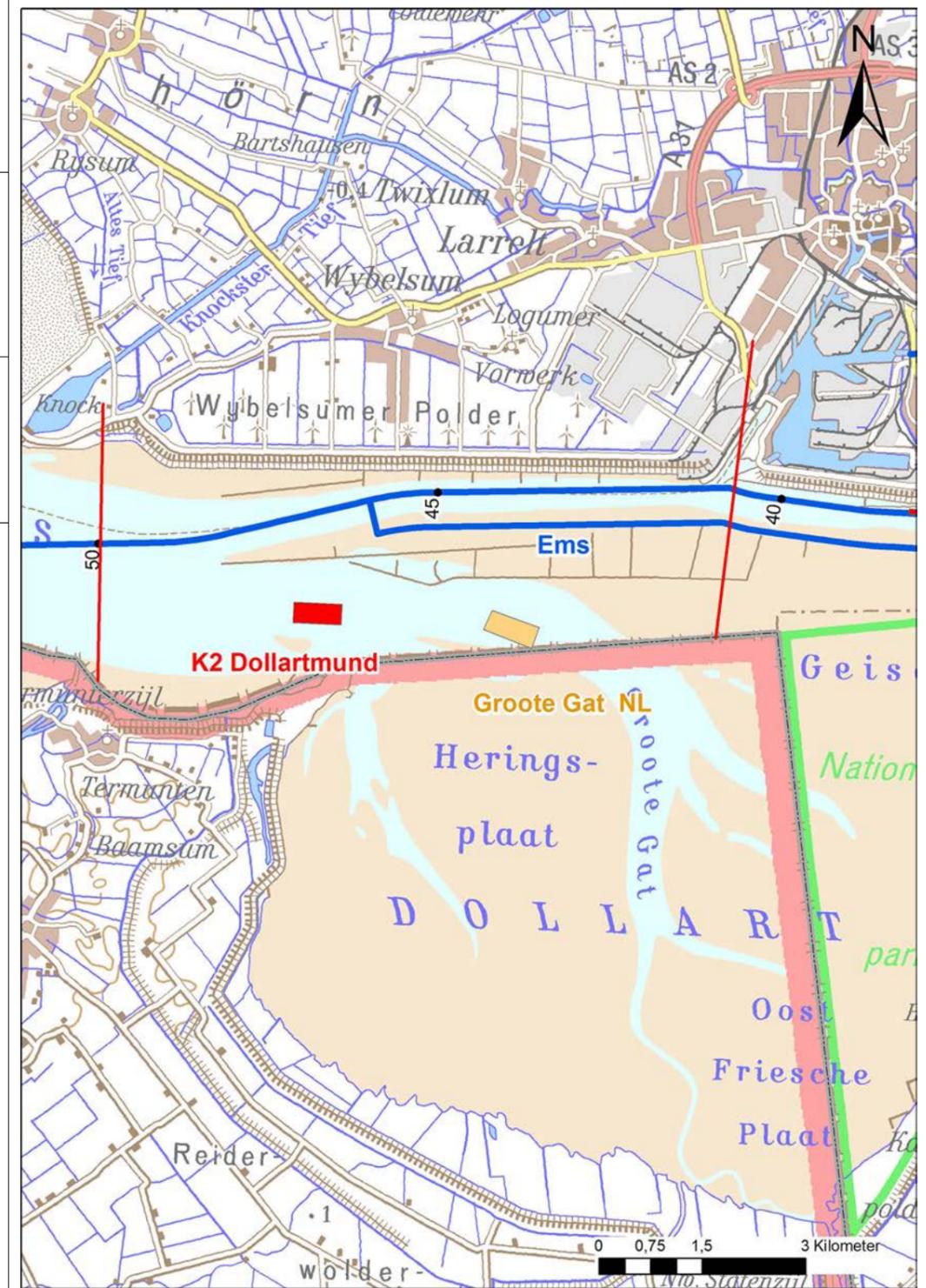
- > Sauerstoffgehalte vermindert, aber keine Mangel-Situationen (< 4 mg/l)
- > Wichtiger Wanderkorridor für Fische und Neunaugen

**Empfehlungen**

- > Unterhaltung mit Hopperbagger, Baggergutunterbringung von schluffigem Material vorzugsweise auf Klappstelle 7 und nur ausnahmsweise auf Klappstelle 5, nach Möglichkeit z. T. auch an Land (z. B. Jarssumer Polder); nach abgeschlossener Abstimmung mit NLWKN auch auf Klappstelle K2 im Dollartmund

**Perspektiven/zu klärendes Optimierungspotenzial**

- > Sofern sich neue und geeignete Möglichkeiten der Unterbringung von Baggergut an Land bzw. Nutzung von Baggergut ergeben (z. B. Nutzung des Materials zum Deichbau): Landunterbringung des feinkörnigen Materials
- > Sofern alternative Unterbringungsstellen ermittelt werden können, die deutlich weniger flutstromdominant sind als die Klappstellen 7 oder K2; nach Untersuchung dieser Bereiche nach GÜBAK und Abstimmung mit den zuständigen Landesbehörden: Unterbringung von feinkörnigem Baggergut auf diesen alternativen Unterbringungsstellen
- > Sofern ein positiver Effekt auf den Feinsedimenthaushalt untermauert werden kann und geeignete Bereiche gefunden werden: Unterbringung des feinkörnigen Materials in der Nordsee
- > Sofern positive Bewertung durch Landesbehörden und in entsprechenden Auswirkungsprognosen nach GÜBAK erfolgt: Unterbringung des Materials in größeren Unterbringungsbereichen (ggf. weniger konzentriert)



## Gatjebogen (Ems-km 50,0 bis 53,0)

### Morphologie und Sedimenthaushalt

- > Sohlsubstrat: teils schluffiges, teils sandiges Substrat
- > Stromab Ems-km 52 tiefere Sohle auf -13,3 m NN, Morphologie der Gewässersohle abschnittsweise durch Transportkörperstrecken geprägt

### Baggerbedarf

- > Unterhaltungsschwerpunkt (im Durchschnitt ca. 2 Mio. m<sup>3</sup> jährlich)
- > Zusätzlich Unterhaltung Dritter (Hafen Delfzijl)

### Ökologische Sensitivität/Besonderheiten

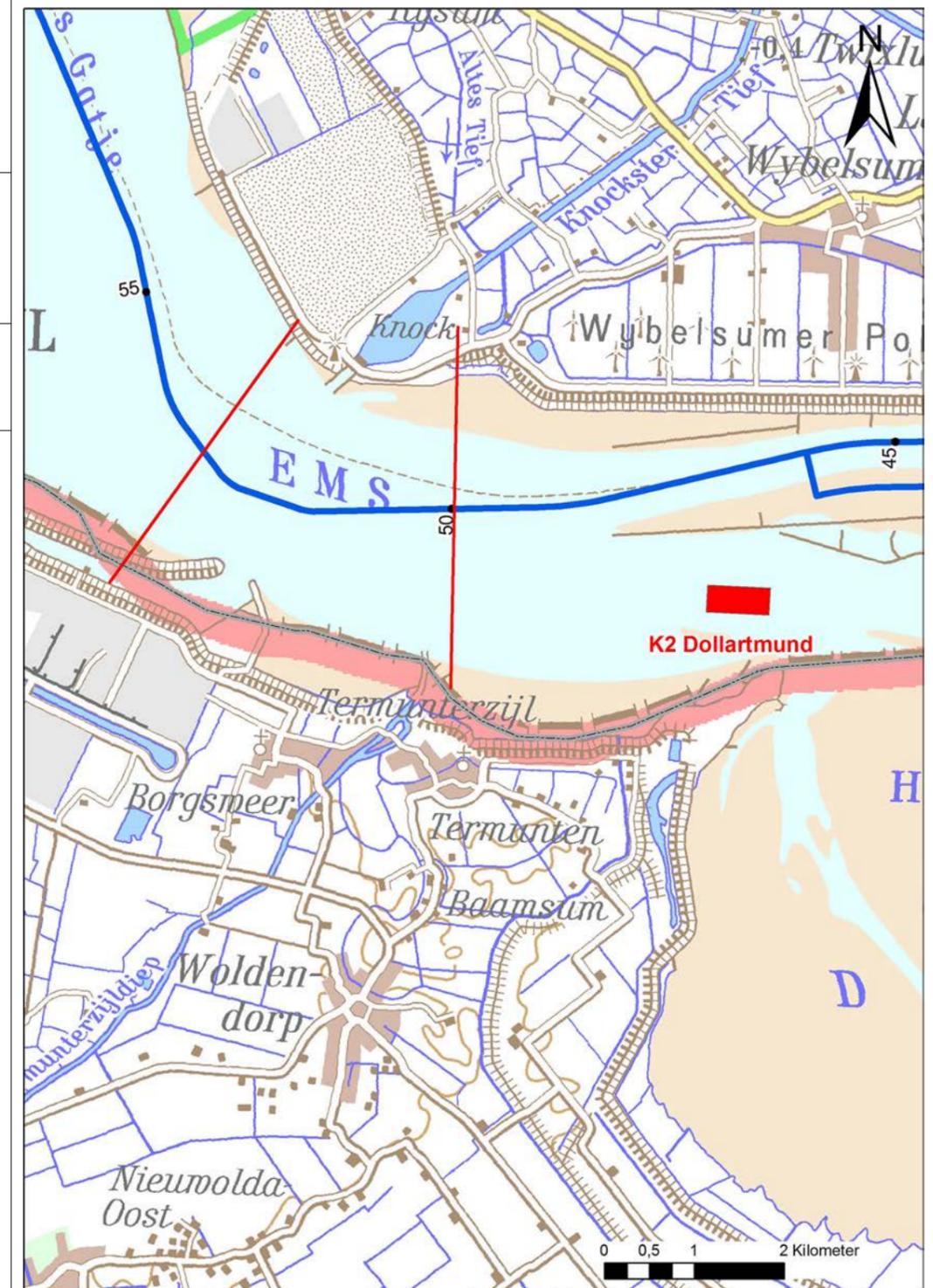
- > Wichtiger Wanderkorridor für Fische und Neunaugen

### Empfehlungen

- > Unterhaltung mit Hopperbagger, Baggergutunterbringung von schluffigem Material vorzugsweise auf Klappstelle 7 und nur ausnahmsweise auf Klappstelle 5; nach abgeschlossener Abstimmung mit NLWKN auch auf Klappstelle K2 im Dollartmund
- > Unterbringung von sandigem Baggergut vorzugsweise auf Klappstelle 5

### Perspektiven/zu klärendes Optimierungspotenzial

- > Falls entsprechende Untersuchung Eignung ergibt: WI-Baggerung bei sandigen Einzeluntiefen (v. a. im Bereich Transportkörperstrecken)
- > Sofern sich neue und geeignete Möglichkeiten der Unterbringung von Baggergut an Land bzw. Nutzung von Baggergut ergeben (z. B. Nutzung des Materials zum Deichbau): Landunterbringung des feinkörnigen Materials
- > Sofern alternative Unterbringungsstellen ermittelt werden können, die deutlich weniger flutstromdominant sind als die Klappstellen 7 oder K2; nach Untersuchung dieser Bereiche nach GÜBAK und Abstimmung mit den zuständigen Landesbehörden: Unterbringung von feinkörnigem Baggergut auf diesen alternativen Unterbringungsstellen
- > Sofern geeignete Bereiche gefunden werden und nach Abwägung von Nutzen und Aufwand auf der Basis zukünftiger Untersuchungen: Unterbringung des feinkörnigen Materials in der Nordsee
- > Sofern positive Bewertung durch Landesbehörden und in entsprechenden Auswirkungsprognosen nach GÜBAK erfolgt: Unterbringung von feinkörnigem Baggergut in größeren Unterbringungsbereichen (ggf. weniger konzentriert), Unterbringung von sandigem Baggergut auch auf zusätzlichen, möglichst ortsnahen Unterbringungsstellen
- > Ggf. auch Unterbringung von sandigem Baggergut in der Unterems, falls Untersuchung von Sand-Unterbringungsoptionen dort deutliche positive Effekte ergibt.



## Außenems seawärts Gatjebogen bis Seegrenze Höhe Eemshaven (Ems-km 53,0 bis 71,0)

### Morphologie und Sedimenthaushalt

- > Sohlsubstrat: sandige Sedimente mit häufig auftretenden Dünen
- > Morphologie der Gewässersohle überwiegend durch Transportkörperstrecken geprägt

### Baggerbedarf

- > Gering, ca. 0,3 Mio. m<sup>3</sup> jährlich
- > Zusätzlich Sandentnahmen Dritter, vorwiegend in der Fahrrinne (ca. 0,5 Mio. m<sup>3</sup> jährlich)
- > Zusätzlich Unterhaltung Dritter (Häfen Delfzijl und Eemshaven)

### Ökologische Sensitivität/Besonderheiten

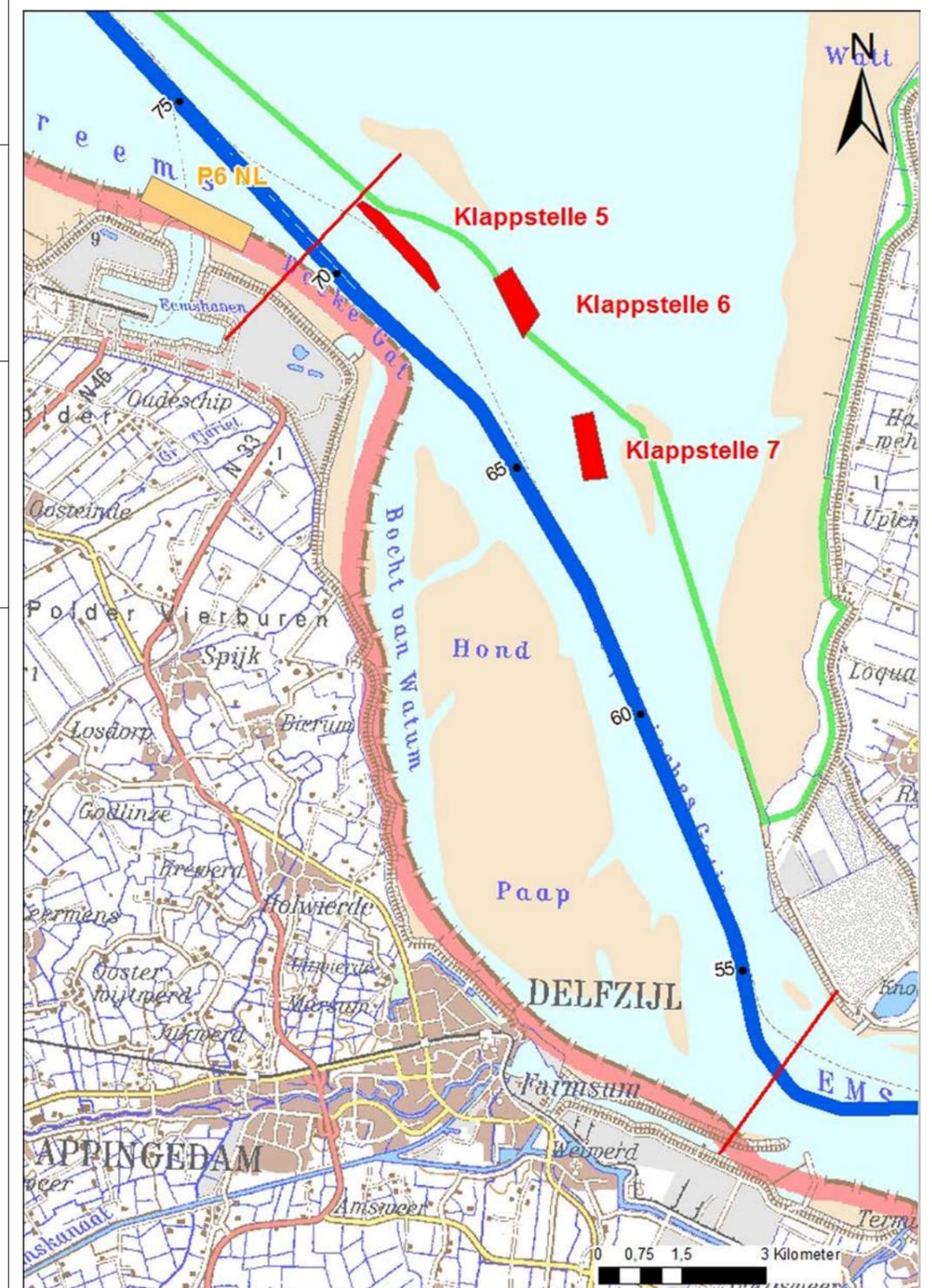
- > Seegrasbestände auf Hund Paapsand
- > Seehundliegeplätze links und rechts der Fahrrinne, insbesondere auf dem Hund Paapsand
- > Wattflächen als wichtige Rast- und Mausegebiete für Vögel
- > Wichtiger Wanderkorridor für Fische und Neunaugen

### Empfehlungen

- > Unterhaltung mit Hopperbagger, Baggergutunterbringung vorzugsweise auf Klappstelle 5 (wie bisher)
- > Minimierung von Sandentnahmen zur Stützung des Sandhaushalts

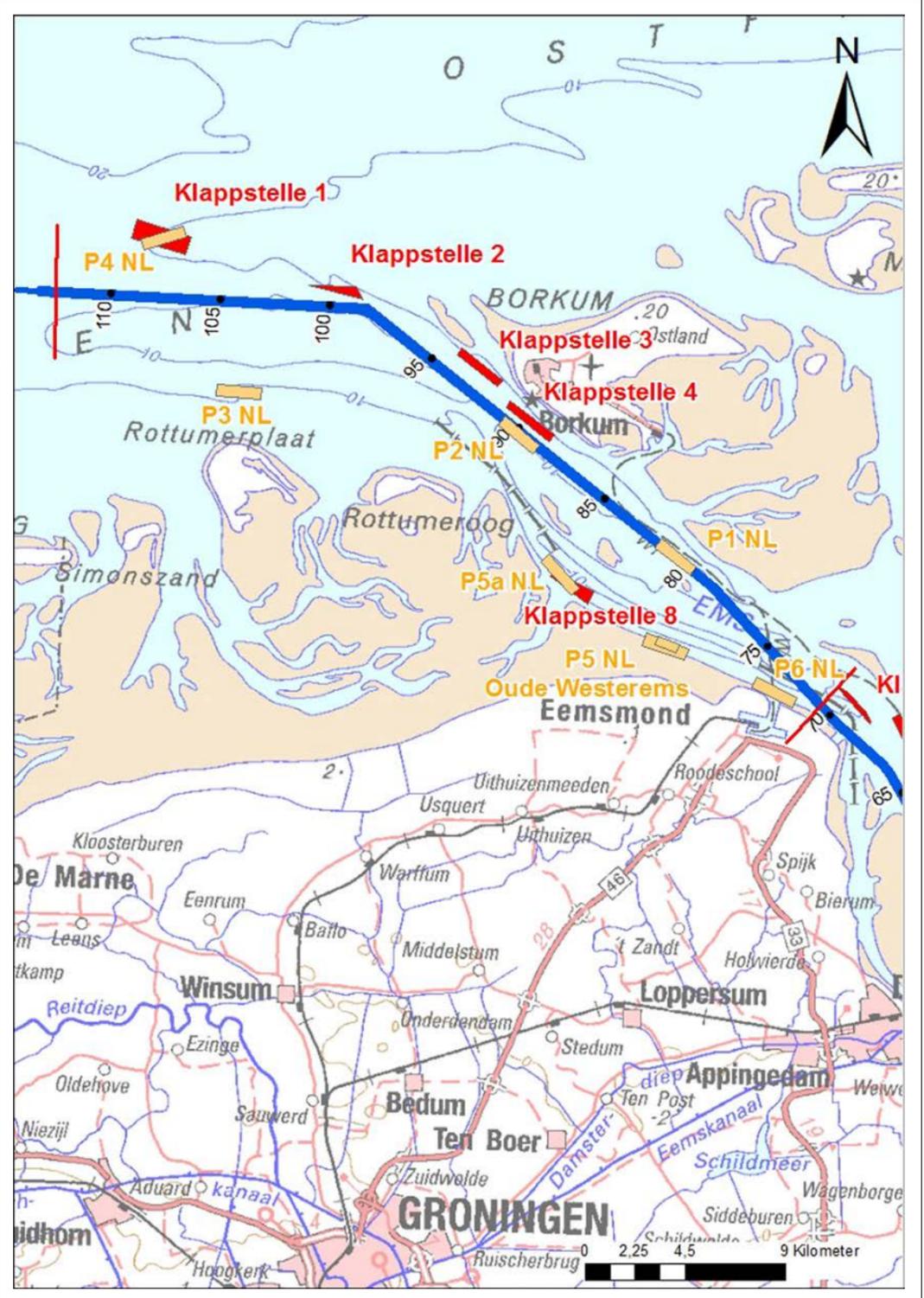
### Perspektiven/zu klärendes Optimierungspotenzial

- > Falls entsprechende Untersuchung Eignung ergibt: WI-Baggerung bei sandigen Einzeluntiefen (v. a. im Bereich Transportkörperstrecken)
- > Sofern positive Bewertung durch Landesbehörden und in entsprechenden Auswirkungsprognosen nach GÜBAK erfolgt: Unterbringung von sandigem Baggergut auf zusätzlichen, möglichst ortsnahe Unterbringungsstellen



**Außenems seawärts Seegrenze Höhe Eemshaven (Ems-km 71,0 bis 112,5)**

<p><b>Morphologie und Sedimenthaushalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Sohlsubstrat: vorwiegend sandige, teils kiesige Sedimente</li> <li>&gt; Morphologie der Gewässersohle abschnittsweise durch Transportkörperstrecken geprägt</li> </ul>
<p><b>Baggerbedarf</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; ca. 0,6 Mio. m<sup>3</sup> jährlich</li> <li>&gt; Zusätzlich Unterhaltung Dritter (Hafen Eemshaven)</li> </ul>
<p><b>Ökologische Sensitivität/Besonderheiten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Seegrasbestände auf dem Randzel</li> <li>&gt; Seehundliegeplätze links und rechts der Fahrrinne</li> <li>&gt; Wattflächen als wichtige Rast- und Mausegebiete für Vögel</li> </ul>
<p><b>Empfehlungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Unterhaltung mit Hopperbagger, Baggergutunterbringung auf Klappstelle 1 bis 4 (vorzugsweise nächstgelegene Unterbringungsstelle)</li> </ul>
<p><b>Perspektiven/zu klärendes Optimierungspotenzial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Sofern positive Bewertung durch Landesbehörden und in entsprechenden Auswirkungsprognosen nach GÜBAK erfolgt: Unterbringung von sandigem Baggergut auf zusätzlichen, möglichst ortsnahen Unterbringungsstellen</li> </ul>



## 6.2 Allgemeine Empfehlungen

Die Empfehlung des vorliegenden Konzepts gelten für die momentane Situation und müssen selbstverständlich zukünftig, beispielsweise bei Veränderungen der Baggermengen, im Zusammenhang mit dem vom IBP Ems vorgesehenen deutsch-niederländischen Gesamt-Sedimentmanagementkonzept, bei einer zukünftigen Umsetzung von Maßnahmen des Masterplans Ems 2050, aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse (z. B. durch Tests und Untersuchungen der zuständigen Wasserstraßen- und Schifffahrtsämter) oder in Folge neuer Zielsetzungen in Naturschutz-Fachplanungen, überprüft und ggf. angepasst werden.

In direktem Zusammenhang mit dem hier vorliegenden Sedimentmanagementkonzept stehen insbesondere folgende nach dem Fachbeitrag Natura 2000 zum IBP Ems (KÜFOG 2014) vorgesehenen Konzepte und Leitfäden:

- > Integriertes Strombaukonzept für die Tideems (IBP-Maßnahme M 2)
- > Bagger- und Sedimentmanagementkonzept einschließlich der deutschen und niederländischen Häfen (IBP-Maßnahme M 3)
- > Unterhaltungspläne (IBP-Maßnahme M 15)
- > Handlungsanweisung für Unterhaltungsmaßnahmen in der Fahrrinne sowie Vermeidung erheblicher Lärmbelastungen, die insbesondere die Wander- und Laichzeiten von Fischen und Neunaugen berücksichtigt (IBP-Maßnahme M 5)

Sobald diese Dokumente vorliegen, müssen deren Inhalte mit den Aussagen des vorliegenden Konzepts abgeglichen und ggf. die Empfehlungen angepasst werden. Langfristig ist eine Zusammenführung des WSV-Sedimentmanagementkonzepts mit Konzepten der Häfen zu einem Gesamtkonzept - wie im Fachbeitrag Natura 2000 vorgesehen - erforderlich (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 und GÜBAK) und der Leitfaden Umweltbelange bei der Unterhaltung (BMVI 2015). 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. heranzuziehen sind. 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).

Der Grundsatz, dass Baggergut aus ökologischen Gründen nach Möglichkeit im Gewässersystem verbleiben soll, gilt für die Tideems nur für sandiges Material (vgl. Kap. 5.2). Sand

sollte im Regelfall möglichst ortsnahe untergebracht werden. Bei feinkörnigem Baggergut erscheint angesichts der Schwebstoffproblematik der Tideems die Entnahme aus dem System die bessere Option zu sein. Sofern dies nicht möglich ist, sollte feinkörniges Baggergut möglichst so untergebracht werden, dass es möglichst lange dauert, bis das Material wieder stromauf zum Emden Fahrwasser (und evtl. z. T. in die Unterems) transportiert wird. Von diesen allgemeinen Grundsätzen kann natürlich im Einzelfall abgewichen werden, wenn besonders wertvolle Lebensräume betroffen sein könnten oder auch wenn der zusätzliche Aufwand nicht angemessen ist. Entsprechende Empfehlungen zu den einzelnen Gewässerabschnitten finden sich in den Steckbriefen.

Es sollten weitere Möglichkeiten erschlossen werden, feinkörniges Baggergut aus dem System Tideems zu entnehmen. Die Verwendung von schlickigem Material für den Deichbau könnte in Ostfriesland zu einer echten Win-win-Situation führen – zum einen wäre es eine Lösung für die Baggergutunterbringung zum anderen müssten weniger kleihaltige Flächen für den Deichbau abgegraben werden. In den Jahren 2012/2013 wurde aus einem Spülfeld im Jarssumer Polder bereits Klei-/Mischboden entnommen und für den Deichbau verwendet. Künftig sollten unbedingt Partner (z.B. Deichverbände, private Unternehmen, niederländische Partner) für ähnliche (Modell-) Projekte sowie die praktische Erprobung und ggf. Weiterentwicklung von beschleunigten Entwässerungsverfahren gewonnen werden, um die Nutzung von feinkörnigem Baggergut als Deichbaumaterial voranzutreiben. Hierbei ist fachliche Unterstützung durch die BAW, zu bestimmten Themen auch durch die BfG, sinnvoll (vgl. auch Kap. 6.3.3). In diesem Rahmen erscheint es auch vielversprechend, Bühnenfelder versuchsweise zu räumen und das hier gewonnene Material ebenfalls auf seine Eignung zu testen. Eine versuchsweise Räumung von Bühnenfeldern könnte auch aus anderen Erwägungen heraus sinnvoll sein (vgl. Kap. 5.6.1).

Da Sandentnahmen grundsätzlich einen Eingriff in die Sedimentbilanz darstellen und zumindest prinzipiell auch Effekte auf tidedämpfende Transportkörperstrukturen denkbar sind, sollten sie möglichst vermieden und Konzessionen für Sandentnahmen nur nach kritischer Prüfung und sehr zurückhaltend vergeben werden.

Bei Ausschreibungen von Baggerleistungen sollten - bei ansonsten vergleichbarem Gerät - emissionsärmere Bagger bevorzugt werden (beispielsweise bzgl. Luft- und Unterwasserschall sowie Trübungsentwicklung). Bezüglich Hopperbaggerungen in bindigem Sediment sollte festgeschrieben werden, dass - wie jetzt schon in der Praxis der Fall - keine Überlaufbaggerung erfolgt und ohne Wasserstrahl zur Mobilisierung des anzusaugenden Sediments gearbeitet wird.

Zur Umsetzung der erweiterten WSV-Aufgabe „wasserwirtschaftliche Unterhaltung“ (BMVBS 2010) wird empfohlen, bereits jetzt, immer wenn fester Uferschutz erneuert werden muss, zu prüfen, ob alternative naturnähere Ufersicherungsmethoden, z. B. auch Sandvorspülungen, im betroffenen Abschnitt feste Ufersicherungen ersetzen können (auch wenn hierdurch u.U. der Eintrieb von Sediment in die Fahrrinne erhöht werden kann). Im Zusammenhang mit dem Masterplan Ems werden vermutlich alternative Ufersicherungen in der Unterems erprobt werden; hier sollten auch Sandvorspülungen mit in Betracht gezogen

werden. 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.

Auch wenn die Zuständigkeit für eine Reaktivierung von Nebenarmen bei den Naturschutz- und Wasserwirtschaftsbehörden von Niedersachsen liegt, erscheint es - insbesondere auch angesichts der erweiterten Aufgabe „wasserwirtschaftliche Unterhaltung“ - realistisch und wünschenswert, dass die WSV hierbei praktische Unterstützung leistet. Es wäre sinnvoll, solche Maßnahmen im Rahmen des geplanten integrierten Strombaukonzepts mit zu betrachten.

Insgesamt ist ein konstruktiver Austausch aller Akteure (WSV, Hafenverwaltungen, Wasserwirtschafts- und Naturschutzbehörden etc.) zu Unterhaltungsfragen wichtig.

Die Entwicklung der Unterhaltungsbaggermengen und Ergebnisse der im folgenden Kapitel empfohlenen Untersuchungen (inkl. Monitoring der Unterbringungsstellen) sollten in regelmäßigen Abständen, d.h. etwa alle zwei Jahre, vorgestellt und ggf. Änderungen der Unterhaltungsstrategie diskutiert werden. 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. Bezüglich einiger längerfristiger Handlungsoptionen der WSV (vgl. Steckbriefe in Kap. 6.1 und Kap. 6.3) sollte zunächst eine Vorabstimmung mit Landesbehörden zu deren Bewertung erfolgen, bevor - sofern diese sie grundsätzlich begrüßen - weitere Untersuchungen zur Abklärung der Optionen erfolgen. Auch ein Austausch mit den an der Tideems 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.

Wie mehrfach dargestellt, ist der erforderliche Unterhaltungsaufwand der WSV in der Unterems direkt von Handlungen Dritter, nämlich insbesondere der Überführung von Werftschiffen und der damit einhergehenden Steuerung des Emssperrwerks abhängig.

Der Unterhaltungsaufwand der WSV steht darüber hinaus aber auch in Zusammenhang mit Unterhaltungsaktivitäten Dritter, welche die Schwebstoffgehalte in der Unterems beeinflussen (z. B. Einleitung von Hafenschlick mittels Fluidleitungen, Räumbooteinsätze des NLWKN, Sedimentkonditionierung im Emder Hafen, Airset Delfzijl etc.). Die WSV sollte im Rahmen ihrer Möglichkeiten darauf hinwirken, dass auch die Aktivitäten Dritter so optimiert werden, dass Baggermengen minimiert und Zeiten mit geringen Sauerstoffgehalten möglichst ausgespart werden können. Langfristig ist es, wie bereits erwähnt, angebracht, ein umfassendes, grenzüberschreitendes Sedimentmanagementkonzept zu erstellen, welches über

die WSV-Aktivitäten hinaus auch alle anderen Unterhaltungsaktivitäten und Akteure im Ems-Ästuar miteinbezieht.

### **6.3 Empfehlungen zu Monitoring und Untersuchungen für das Sedimentmanagement**

Für die Analyse der Auswirkungen von Unterhaltungsbaggerungen/Baggergutunterbringung und weiterer Systemveränderungen und damit auch zur kontinuierlichen Anpassung des Sedimentmanagements mit dem Ziel einer Minimierung der Auswirkungen durch Unterhaltung sind verschiedene, z. T. regelmäßige, Messungen und Untersuchungen als Grundlage erforderlich.

Die im Anschluss ausgeführten Empfehlungen zu Monitoring und Untersuchungen gliedern sich in die folgenden Kategorien, wobei natürlich Überschneidungen bestehen:

- a) Monitoring/Untersuchungen zur Abschätzung von Auswirkungen laufender Unterhaltungstätigkeiten
- b) Monitoring/Untersuchungen zur Verbesserung des Systemverständnisses als Basis für die Einordnung unterhaltungsbedingter Effekte und denkbarer Handlungsoptionen
- c) Untersuchung zur Abklärung konkreter Handlungsoptionen

#### **6.3.1 Monitoring/Untersuchungen zur Abschätzung von Auswirkungen laufender Unterhaltungstätigkeiten**

Erfasst werden sollen mittels Monitoring die unterhaltungsbedingten Auswirkungen (auf Sedimentbilanzen, Substratzusammensetzung und Morphologie der Gewässersohle, Trübungsverhältnisse, Sauerstoffverhältnisse, Makrozoobenthos) durch Baggervorgang und Unterbringung des Baggergutes.

Für das Sedimentmanagement ist es von zentraler Bedeutung, die Baggermengenentwicklung weiterhin zu beobachten und kontinuierlich zu analysieren sowie die Unterbringung zu dokumentieren, und zwar differenziert nach sandigem und bindigem Baggergut. Dies dient zunächst der Abschätzung sich ggf. ändernder Auswirkungen der Unterhaltung (durch veränderte Unterbringungsmengen, veränderte zeitliche Frequenz von Baggerungen und Verklappvorgängen). Die Dokumentation von Baggermengen bildet einen Teil der Grundlage, um Veränderungen des Systems (natürlicherweise oder beispielsweise durch Umsetzung von Maßnahmen des Masterplans 2050) zu ermitteln, welche möglicherweise eine Anpassung des Sedimentmanagements erforderlich machen. So soll auch versucht werden, umgesetzte Empfehlungen aus diesem Konzept oder auch andere Maßnahmen zu bewerten, auch wenn dies angesichts der natürlichen Variabilität der Sedimenttransportprozesse sehr schwierig ist. Dies betrifft beispielsweise die Frage, ob die empfohlene angepasste Unterbringungsstrategie Auswirkungen auf die Baggermengen in den Baggerabschnitten Gatjebogen und Emders Fahrwasser hat. Daneben sind Baggermengen und deren Unterbringung auch Bestandteil der Sedimentbilanz und ihre Kenntnis daher Voraussetzung zur Ermittlung einer solchen. Hinsichtlich der Baggermengen aus der Unterems ist zu berücksichtigen, dass diese maßgeblich durch Überführungshäufigkeiten und zulässige Stauhöhen bestimmt werden, so dass Rückschlüsse auf den Sedimenttransport erschwert sind.

Unbedingtes Ziel sollte es sein, eine Zusammenschau aller Unterhaltungsaktivitäten zu erreichen, also Baggermengen der WSV und Dritter regelmäßig für die Analyse zusammenzuführen (deutsch-niederländisches Gesamt-Sedimentmanagementkonzept).

Für die genannte Zusammenschau aller Baggermengen sowie für die Integration in Sedimentbilanzen ist die Entwicklung einer belastbaren Umrechnungsmöglichkeit von Baggermengen-Volumina (m<sup>3</sup>) in Baggermengen-Massen (t) erforderlich. Eine entsprechende Methode für die Tideems sollte unbedingt entwickelt bzw. abgestimmt werden. Möglicherweise müssen hierfür zukünftig zusätzliche Parameter beim Baggern regelmäßig erfasst werden.

Die Unterbringungsbereiche und ggf. auch die Baggerstrecken sollten regelmäßig nach GÜBAK (2009) untersucht und die Ergebnisse ausgewertet werden. Hinsichtlich der Untersuchungsfrequenz sind die Vorgaben der GÜBAK (2009) 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). Derzeit wird eine aktuelle Betrachtung nach GÜBAK erstellt; diese beinhaltet auch die Erarbeitung eines zukünftigen Überwachungsprogramms.

Zum Monitoring der Baggergutqualität in der Unterems sollte das bisherige Vorgehen weiter durchgeführt werden. Mit den Genehmigungsaufgaben der einzelnen Unterbringungsmaßnahmen auf Landflächen (Spülseen, Spülflächen) ist als Eingangskontrolle zur Beweissicherung eine jährliche Beprobung und Analyse des zu verwertenden Materials verbunden. Hierzu wird 1x im Jahr das Sohl sediment zwischen Ems km 0-53 alle 500m beprobt, zu Mischproben vereinigt und nach einem abgestimmten Katalog auf Parameter von GÜBAK, LAGA und BBodSchV untersucht (Löffler 2014). Baggergut von Ems km 0-40 wird praktisch vollständig auf Landflächen verwertet. Für das zwischen Ems km 40-53 anfallende Baggergut besteht, neben der Nutzung der Unterbringungsstellen, zumindest die Option, es z.T. auch an Land unterzubringen.

Um zukünftig die Auswirkungen sommerlicher WI-Maßnahmen im Bereich der Schleuse Herbrum besser beurteilen zu können, sollte das bestehende Messkonzept ggf. angepasst werden. Sofern in Zusammenhang mit der angestrebten Anschaffung eines eigenen WI-Geräts Änderungen der Unterhaltungspraxis erfolgen, ist auch eine ökologische Bewertung mit einzubeziehen, für die vermutlich auch entsprechende Untersuchungen erforderlich sind.

### **6.3.2 Monitoring/Untersuchungen zur Verbesserung des Systemverständnisses als Basis für die Einordnung unterhaltungsbedingter Effekte und denkbarer Handlungsoptionen**

Für das Sedimentmanagement von übergeordneter Bedeutung ist das Wissen zu Sedimentbilanzen und Teilprozessen, die für die bisher stattgefundenen Änderungen des Zustandes des Ems-Ästuars verantwortlich sind - insbesondere Prozesse, die zu der Entwicklung der Unterems hinein in einen hyperturbiden Zustand beigetragen haben und solche, die zu ansteigenden Schwebstoffgehalten auch im Bereich der Außenems führen.

Ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung von Sedimentbilanzen sind Ganztidemessungen der residuellen Sedimenttransporte mit ADCP auf Fließquerschnitten in der Außenems. Erste Messungen auf Querschnitten bei Gandersum und bei Ems-km 64 sind durch die BAW durchgeführt worden (BAW 2014). Aufgrund der sehr variablen Randbedingungen (z. B. Tide, Wetter, Jahreszeit), die alle Einfluss auf den tagesgenauen resultierenden Gesamttransport nehmen, ist es erforderlich, diese Messreihe mit weiteren Kampagnen fortzusetzen. Verbesserte Sedimentbilanzen, auch nur die Bilanz der Sedimenttransporte über einzelne Fließquerschnitte, sind eine essentielle Grundlage für die Abschätzung der Auswirkung einer gewählten Umlagerungsstrategie, z. B. auf die Baggermengenentwicklung und Feinsedimenteinträge in die Unterems. Ein in diesem Zusammenhang bisher wenig untersuchter Sachverhalt ist der Sedimentaustausch zwischen Emden Fahrwasser und Dollart durch Überströmung des Geiseleiddamms.

Für weitere Planungen mit dem Ziel von Verbesserungen des ökologischen Systems der Unterems ist die räumliche und zeitliche Erfassung der Schwebstoffdynamik sowie der Sauerstoffgehalte in der Unterems ein zentraler Aspekt. Angesichts der aktuellen extrem hohen Schwebstoffgehalte, verbunden mit Fluid-Mud-Bildung und dem langanhaltenden Auftreten von Dichteschichtungen sind für die Unterems die für diese Parameter etablierten Messkonzepte nicht ausreichend. Oberflächennah gewonnene Messwerte sind häufig nicht aussagekräftig für die gesamte Wassersäule und im Fluid-Mud-Horizont liefern die gängigen Methoden zur Trübungsermittlung keine belastbaren Ergebnisse. Für das Monitoring von Schwebstoffen und Sauerstoff in der Unterems muss daher ein spezielles Konzept entwickelt, erprobt und vermutlich in den nächsten Jahren kontinuierlich weiterentwickelt werden, das auch zum Ziel hat, die vertikale Schwebstoff- und Sauerstoffverteilung auch im Bereich sehr hoher Schwebstoffkonzentrationen messtechnisch zu erfassen. Ein weiterer Schwerpunkt sollte auf der flächenhaften Erfassung der Schwebstoff- und Fluid-Mud-Dynamik entlang der Unterems in Abhängigkeit von relevanten Einflussfaktoren (z. B. Oberwasser, Tidephase) liegen.

Um belastbare Aussagen hinsichtlich der Auswirkungen von Unterhaltungsbaggerung und Umlagerungen zu machen, muss der derzeitige Zustand im Bereich Außenems anhand der relevanten Einflussgrößen Trübungsentwicklung, Entwicklung der Korngrößenverteilung an der Gewässersohle sowie die hydromorphologische Entwicklung flächenhaft erfasst und beschrieben werden. Die Substratzusammensetzung der Gewässersohle im Bereich der Fahrrinne wird durch das WSA Emden erfasst, ein gegenwärtiger Zustand ist in diesem Bericht zum Sedimentmanagementkonzept dokumentiert. Der Bestand an Peildaten ist ein umfassendes Archiv, welches die morphologischen Strukturen sowie deren Entwicklung im Bereich der Fahrrinne dokumentieren kann. Auf dieser Basis sollten zusammenfassende Auswertungen erfolgen (etwa ähnlich denen an der Tideelbe für den Amtsbereich des WSA Hamburg, vgl. WSA Hamburg 2013).

Die Seegraswiesenentwicklung in der Außenems 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 Absenkungen im Zusammenhang mit Gasentnahmen, Umlagerungs-

mengen, Aktivitäten Dritter, extremen Witterungsphänomenen und den Bestandsentwicklungen des Seegrases aufzuzeigen.

### 6.3.3 Untersuchung zur Abklärung konkreter Handlungsoptionen

Die folgenden Empfehlungen für Untersuchungen dienen der weiteren Abklärung von Handlungsoptionen, die in erster Einschätzung das Potenzial haben könnten, die Auswirkungen durch Unterhaltung weiter zu reduzieren, für deren Realisierung und/oder abschließende Bewertung der derzeitige Kenntnisstand aber nicht ausreichend ist (in den Steckbriefen unter dem Punkt „Perspektiven“ aufgeführt).

Zunächst sind Entwicklungen auf dem Gebiet der Erfassung der nautischen Sohle bzw. der Peiltechnik für Gewässer mit hohen Schwebstoffgehalten/Fluid-Mud-Bildung unbedingt weiter zu beobachten und ggf. die Anwendbarkeit für die Tideems zu prüfen, um so ggf. Baggerungen und damit verbundene Auswirkungen reduzieren zu können.

Da in der Unterems gebaggertes sandiges Material nach Möglichkeit im Gewässer verbleiben sollte, sind hierfür geeignete Unterbringungsmöglichkeiten zu entwickeln und denkbare negative Effekte abzuklären. Für zwei Kolke in der Unterems (bei Ems-km 28 und 38) ist bereits eine Untersuchung nach GÜBAK in Bearbeitung. Kolkbereiche sind aus verkehrlichen Gründen unkritisch, teilweise sogar günstig, hier bestehen allerdings Unsicherheiten insbesondere hinsichtlich der fischökologischen Funktion. Daher sollten die potenzielle Eignung für Fische (z. B. Lage der Kolke im Längsverlauf des Ästuars im Vergleich zu bevorzugten Aufenthaltsbereichen der Fische, Vorbelastungen durch Fluid Mud, Sauerstoffdefizite, etc.) geprüft werden. Gegebenenfalls können weiterführende Untersuchungen zur fischökologischen Bedeutung der Kolke initiiert werden. Kolke sind eines von mehreren potenziell fischökologisch relevanten Strukturelementen innerhalb eines Gewässers. Es besteht weiterhin ein erhebliches Wissensdefizit bezüglich der fischökologischen Bedeutung von Kolken innerhalb des Fahrwassers und in Randbereichen von Wasserstraßen, da konkrete Untersuchungen hierzu bislang fehlen. Aufgrund veränderter Strömungsverhältnisse könnten diese Bereiche einigen Fischarten als besondere Mesohabitate zur Überwinterung oder als Ruhebereiche dienen. Die Untersuchungen sollten an mehreren Kolken erfolgen und mindestens einen kompletten Jahreszyklus umfassen. Die Nutzung der Kolkbereiche durch Fische lässt sich mittlerweile wahrscheinlich z. B. über hydroakustische Messmethoden erfassen (die Anwendbarkeit dieser Methoden in der Unterems muss natürlich unter den gegebenen Rahmenbedingungen zunächst überprüft werden).

Wie bereits erwähnt werden im Zusammenhang mit dem Masterplan Ems vermutlich alternative Ufersicherungen in der Unterems erprobt werden. Hier sollten auch Sandvorspülungen mit sandigem Baggergut aus der Unterems oder falls nicht vorhanden ggf. auch aus dem Gatjebogen in Erwägung gezogen und ggf. überprüft werden (neben der Entwicklung wertvoller Lebensräume im Uferbereich auch Stützung des Sandhaushaltes in der Unterems).

Zur Unterhaltung von sandigen Einzeluntiefen in der Außenems sollten Versuche mit dem Wasserinjektionsverfahren durchgeführt werden, um eine fundierte Abwägung ökologischer (ortsnahe Unterbringung von Sand) und wirtschaftlicher Aspekte zu ermöglichen.

Auch wenn nach den Modellierungen der BAW die gesamte Außenems flutstromdominiert ist, so dass alle denkbaren alternativen Unterbringungsstellen in flutstromdominierten Bereichen liegen (vgl. BAW 2014), sollte von der BAW ermittelt werden, ob es Stellen mit einem merklich besseren Flut-Ebbe-Verhältnis (also weniger flutstromdominant) bei den Transporten gibt als die zum jetzigen Zeitpunkt empfohlenen Klappstellen 7 und K2. Wenn es solche Stellen gibt, sollten diese nach GÜBAK untersucht und eine Nutzung anstelle der genannten Unterbringungsstellen mit den zuständigen Landesbehörden abgestimmt werden.

Da für feinkörniges Baggergut in der Tideems aus unserer Sicht eine Entnahme aus dem System einer Unterbringung im Gewässer vorzuziehen ist, sollten hierfür nach Möglichkeit weitere Möglichkeiten erschlossen werden. Vielversprechend erscheint der Einsatz von Nassbaggergut oder Sedimenten aus Buhnenfeldern als alternatives Material im Deichbau. Hierzu sollten - wie auch in Kap. 6.2 ausgeführt - (Modell-)Projekte angestoßen werden, die durch entsprechende Untersuchungen begleitet werden müssen. Weil u.a. unklar ist, ob bisher verfügbare Verfahren zur Beschleunigung der Entwässerung für große Mengen von Baggergut aus der Tideems geeignet sind, sind unter Umständen auch umfangreichere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig.

Hinsichtlich einer möglichen Nutzung von Baggergut zur gezielten Aufhöhung bestimmter Bereiche in der Außenems (z. B. auch zur Schaffung potenzieller Seegrassstandorte) ist abzuklären, ob dies für die Naturschutzbehörden grundsätzlich eine denkbare Option darstellt. Sofern dies der Fall ist, erscheint die Erstellung einer Machbarkeitsstudie sinnvoll (wobei zu klären ist, ob dies durch die WSV oder zuständige Landesbehörden oder aber als gemeinsame Aktion erfolgen sollte). Entsprechende Überlegungen könnten auch im Rahmen des Integrierten Strombaukonzepts weiter verfolgt werden.

Auch bezüglich einer weiträumigeren, d. h. weniger konzentrierten Unterbringung mit zusätzlichen Unterbringungsstellen für Sand und/oder größeren Unterbringungsbereichen für feinkörniges Baggergut sollte eine Vorabstimmung mit Naturschutz- und Wasserwirtschaftsbehörden erfolgen. Sofern diese Option von den Landesbehörden grundsätzlich positiv bewertet wird, sollten entsprechende erweiterte bzw. zusätzliche Bereiche abgegrenzt und nach GÜBAK untersucht werden.

Die Unterbringung von Feinmaterial außerhalb des Systems „Ems-Ästuar“ in der Nordsee sollte weiter verfolgt werden. Inwieweit hierdurch ein positiver Effekt auf den Feinsedimenthaushalt zu erwarten ist, sollte durch die Analyse weiterer Untersuchungsergebnisse (z. B. Ergebnisse aus Monitoringprogrammen, aktuelle Forschungsergebnisse) untermauert werden. Des Weiteren erscheint auch in diesem Fall eine Vorabstimmung mit Naturschutz- und Wasserwirtschaftsbehörden sinnvoll, ob Konfliktpotenzial mit Zielen des Naturschutzes oder der MSRL gesehen wird. Als nächste Schritte könnten dann denkbare Unterbringungsbereiche identifiziert werden und eine belastbare Abschätzung der zu erwartenden Kosten erfolgen (hierbei sollte auch einbezogen werden, ob möglicherweise Optimierungspotenzial durch Nutzung größerer Hopperbagger in Zusammenhang mit einem Sedimentfang besteht).

Es ist zu hoffen, dass eine gemeinsame Betrachtung aller Unterhaltungsaktivitäten/Baggermengen in der Tideems (vgl. Abschnitt a) und zukünftige Untersuchungen zur Sedimentbilanz und zum Feinsedimenttransport (vgl. Abschnitt b) eine bessere Einschätzung erlauben werden, ob durch eine Anpassung der Unterhaltung - insbesondere eine zusätzliche Entnahme von feinkörnigem Baggergut aus dem System - möglicherweise doch ein merklicher Beitrag zur Verbesserung der Schwebstoffsituation in der Unterems geleistet werden könnte, was einen hohen Aufwand rechtfertigen würde.

## 7 Abkürzungsverzeichnis

BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BG	Bestimmungsgrenze
	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (heute BMVI)
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
DEK	Dortmund-Ems-Kanal
DGM	Digitales Geländemodell
dl-PCB	dioxinähnliche polychlorierte Biphenyle
DOC	Dissolved Organic Carbon (gelöster organischer Kohlenstoff)
EG	Europäische Gemeinschaft
FFH	Fauna-Flora-Habitat
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
	Gemeinsame Übergangsbestimmung zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern
GÜBAK	Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland
HABAB-WSV	Höchster jemals gemessener Hochwasserabfluss
HHQ	Heavily modified water body
HMWB	Hochwasser
HQ	Integrierter Bewirtschaftungsplan
IBP	Lebensraumtyp
LRT	Mittlerer Hochwasserabfluss
MHQ	Mittlerer Abfluss
MQ	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie
MSRL	Mittlerer Tidehub eines bestimmten Zeitraums
MThb	Mittleres Tidehochwasser eines bestimmten Zeitraums
MThw	

MTnw	Mittleres Tideniedrigwasser eines bestimmten Zeitraums
NATO/CCMS	NATO Committee on the Challenges of Modern Society
NHN	Normalhöhennull
NL	Niederlande
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NN	Normalnull
NNatG	Niedersächsisches Naturschutzgesetz
NNQ	Niedrigster bekannter Abfluss
NQ	Niedrigster Abfluss gleichartiger Zeitabschnitte
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD/PCDF	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane
POC	Particulate Organic Carbon
PSU	Salzgehaltsmaß "practical salinity unit" (1‰ Salzgehalt = 1 psu)
RW	Richtwert
SM	Schwermetall
TEQ	Toxizitätsäquivalent
TMAP	Trilateral Monitoring and Assessment Program
TOC	total organic carbon (gesamter organischer Kohlenstoff)
TS	Trockensubstanz
UQN	Chemischer Zustand
UVU	Umweltverträglichkeitsuntersuchung
WI	Wasserinjektion
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung

## 8 Literatur

- Adolph, W. (2010): Praxistest Monitoring Küste 2008 Seegraskartierung - Gesamtbestands-  
erfassung der eulitoralen Seegrasbestände im Niedersächsischen Wattenmeer und  
Bewertung nach EG-Wasserrahmenrichtlinie. NLWKN Küstengewässer und Ästuar  
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. Niedersachsen.
- BAW - Bundesanstalt für Wasserbau (2010): Aktionsprogramm des Bundes zur Reduzierung  
seines Unterhaltungsaufwandes und der Minimierung der Verschlickung der  
Unterems. Bericht zur vertieften Wirkanalyse. Bundesanstalt f. Wasserbau, Hamburg.
- BAW - Bundesanstalt für Wasserbau (2011): Nautische Sohle im Schlick, Projekt Nr. 8137,  
BAW-Nr. A 395501 10128. Hamburg.
- BAW - Bundesanstalt für Wasserbau (2014): Modelluntersuchungen zum Sedimentmanage-  
ment in der Außenems - Bericht über die Arbeiten der BAW für die Deutsch-  
Niederländische Arbeitsgruppe „Baggergutunterbringung in der Außenems“. BAW-  
Nr. A3955 03 10144. Auftraggeber: WSA Emden. Hamburg.
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (1999): Handlungsanweisung für den Umgang mit  
Baggergut im Küstenbereich (HABAK-WSV, 2. Fassung).
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2000a): Bagger- und Klappstellenuntersuchungen  
im Ems-Ästuar. Zwischenbericht zu den Klappstellen 5, 6, 7; Stand Mai 2000. BfG-  
Bericht 1254. Koblenz.
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2000b): Handlungsanweisung für den Umgang mit  
Baggergut im Binnenland (HABAB-WSV, 2. Fassung).
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2001a): Bagger- und Klappstellenuntersuchungen  
im Ems-Ästuar, Klappstellen 1 - 7. BfG- Bericht 1329. Koblenz, 111 S. + Anl.
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2001b): Faunistische, morphologische und  
hydrologische Untersuchungen in der Dollartmündung (Ems-Dollart-Ästuar). BfG-  
Bericht 1335. Koblenz.
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2002): HABAK-WSV Untersuchungen im Ems-  
Ästuar: Klappstelle Borssum in BfG-Bericht 1348. Koblenz, 48 S.
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2008a): Untersuchungen an der Klappstelle „K2“  
(Dollartmund) zur Abschätzung der Auswirkungen eines Probetriebs in BfG-  
Bericht 1583, Koblenz.

- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2008b): Bericht Umweltrisikoeinschätzung (URE) und FFH-Verträglichkeitseinschätzung (FFH-VE) für Projekte an Bundeswasserstraßen - Ausbau der Außenems, BfG- Bericht 1538. Koblenz.
- BfG – Bundesanstalt für Gewässerkunde (2008c): 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 - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2009): Untersuchungen an der Klappstelle „K2“ (Dollartmund) - Unveröffentlichte Ergebnisse.
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2010): Monitoring zur Erfassung und Beurteilung der Umweltauswirkungen bei der Erprobung des Wasserinjektionsverfahrens im Unterwasser der Schleuse Herbrum an der Tideems. BfG-Bericht 1695. Koblenz.
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2012): Monitoring der morphologischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Auswirkungen eines Sedimentfangs vor Wedel an der Tideelbe. Abschlussbericht, Bearbeitungszeitraum März 2008 - August 2011. Gutachten im Auftrag der Hamburg Port Authority. BfG-Bericht 1757, Koblenz.
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2013a): Anlagen zum Auftrag: BFG\_20121116101731\_1. Sedimentbewertung mit Artemia. Untersuchung der marinen Biotestpalette (Eluat/Porenwasser) an Sediment-Proben aus der Unterems
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2013b): unveröffentlichte Ergebnisse.
- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2013c): Untersuchung der Auswirkungen des Sedimentkonditionierungsverfahrens auf den Sediment- und Sauerstoffhaushalt der Tideems. Monitoring gewässerökologischer Parameter zu den Naturversuchen im März 2009 sowie im November 2011. BfG-Bericht 1789 im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. Koblenz.
- Bierhals, E.; Von Drachenfels, O. & Rasper, M. (2004): Wertstufen und Regenerationsfähigkeit der Biooptypen in Niedersachsen. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 24 (4), S. 231 - 240.
- 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 NLWKN Brake/Oldenburg, 101 S.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR & COFAD (2012): Fischereigutachten im Rahmen der Vertiefung der Außenems bis Emden. Langfristige Veränderungen des Ems-Ästuars, der Bestände fischereilich bedeutsamer Arten und der Fischerei. Auswirkungsprognose. Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. November 2012. 547 S.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2006a): Zur Fischfauna der Unterems. Kurzbericht über die Erfassungen in 2006. Gutachten im Auftrag von LAVES, IBL Umweltplanung und Ingenieurbüro Grote, November 2006.

- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2006b): Beaufschlagung von Tiefwasserklappstellen in der Außenweser - Monitoring der Auswirkungen auf Seehunde. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Bremerhaven.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2007): Datenerhebung zur Reproduktion der Finte (*Alosa fallax*) in der Unterems. Gutachten im Auftrag der EWE, Oldenburg, der Meyer-Werft, Papenburg, sowie der WINGAS, Kassel. November 2007. 59 S.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2008): Gutachten zur Maßnahmenplanung in den niedersächsischen Übergangs- und Küstengewässer im Zuge der Umsetzung der WRRL. Projektbericht im Auftrag des Nds. Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Betriebsstelle Brake/Oldenburg, 85 S.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2009): Aspekte der ökologischen Sanierung der Unterems. Gutachten im Auftrag des WWF Frankfurt und des BUND Hannover. November 2009. 30 S.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2010): Einschätzung der ökologischen Relevanz der regelmäßigen Unterhaltungsbaggerungen im Bereich der Unterems von Papenburg bis Emden. Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. 94 S. + Anhang.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2011a): Einschätzung der ökologischen Relevanz von Unterhaltungsbaggerungen und Verklappungen in der Außenems. Analyse möglicher Wirkungen vor den Hintergrund der FFH-RL und EG-WRRL (eigener Teilbericht). Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. 185 S. + Anhang.
- BioConsult Schuchardt & Scholle GbR (2011b): Naturschutzfachliche Betrachtung zum Dauerbetrieb der Klappstelle (K2) im Dollartmund. FFH-Verträglichkeit, Eingriffsregelung, Artenschutzrecht, EU-Wasserrahmenrichtlinie. Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. November 2011. 109 S.
- BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (2010): Rahmenkonzept Unterhaltung. Verkehrliche und wasserwirtschaftliche Unterhaltung der Bundeswasserstraßen. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Bonn.
- BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (2007): Verwaltungsvorschrift der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes VV-WSV 1103 - Teil 3 12/2007
- BMVI - Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2015): Leitfaden Umweltbelange bei der Unterhaltung von Bundeswasserstraßen. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Bonn, 109 S.
- 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.  
<http://www.seagrasses.org>

- Bos, D.; Büttger, H.; Esselink, P.; Jager, Z.; de Jonge, V.; Kruckenberg, H.; van Maren, B. & Schuchardt, B. (2012): The ecological state of the Ems estuary and options for restoration. Programma Naar Een Rijke Waddenzee. Altenburg & Wymenga, Leeuwarde/Veenwouden, 36 S.
- Burkholder, J. M.; Tomasko, D. A. & Touchette, B. W. (2007): Seagrasses and eutrophication. - Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 350: 46 - 72.
- CEDA - Central Dredging Association (2011): Underwater sound in relation of dredging. CEDA Positionspapier, 6 S.
- 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). Scottish Association for Marine Science, (UK Marine SACs Project), 95 S.
- De Jong, D. J., Van Katwijk, M. M. & Brinkman, A. G. (2005): 'Kansenkaart Zee gras Waddenzee; Potentiële groeimogelijkheden voor zee gras in de Waddenzee', RIKZ/2005.013, RIKZ.
- De Jonge, V.N. (1983): Relations between annual dredging activities, suspended matter concentrations and the development of the tidal regime in the Ems estuary. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40(1), S. 289 - 300.
- De Jonge, V.N. (2010): Ästuarmanagement an der Ems. Tide Times, Ausg. 1/2010. AREA, Niederlande.
- Deltares (2012): Mud Dynamics in the Ems-Dollard. Research Phase 2. Analysis existing data. Im Auftrag von Rijkswaterstaat. 132 S.
- Deltares & Imares (2015): Schlick und Primärproduktion im Emsästuar. Zusammenfassung: vier Jahre messen, modellieren, Wissen bündeln und Erkenntnisse gewinnen. Im Auftrag von Rijkswaterstaat. 44 S.
- EAU (2012): Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen. Arbeitsausschuss „Ufereinfassungen“ der HTG e. V. (Hafenbautechnische Gesellschaft). 708 S.
- Eggens, M. L. & J. F. Bakker (2001). "Toxicity of dredged material polluted with hexachlorobenzene (HCB) - Is there a risk for organisms living in the ems-dollard estuary?" Wadden Sea Newsletter (2). S. 13 - 15.
- Engels, A. (2016): Veränderungen der Gewässergüte in der Unterems – Masterplan Ems 2050. In: Nachrichten des Marschenrats zur Förderung der Forschung im Küstengebiet der Nordsee, Heft 53 / 2016, S. 62 - 83
- Essink, K. (1999): Ecological effects of dumping of dredged sediments, options for management. Journal of Coastal Conservation 5, S. 69 - 80.
- Europäische Gemeinschaft (EG) (1997): Richtlinie des Rates 97/62/EG vom 27. Oktober 1997 zur Anpassung der Richtlinie 92/43/EWG (FFH-Richtlinie) zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen an den technischen und wissenschaftlichen Fortschritt.

- Europäische Union (EU) (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik - Wasserrahmenrichtlinie/WRRL (Amtsblatt EG, 22.12.2000 L 327/1 - L327/72).
- Europäische Union (EU) (2011): Umsetzung der Vogelschutz- und der Habitatrichtlinie in Mündungsgebieten (Ästuaren) und Küstengebieten unter besonderer Berücksichtigung von Hafenenwicklungs- und Baggermaßnahmen. Leitfaden der Europäischen Kommission für die Umsetzung der Naturschutzvorschriften der EU in Mündungs- und Küstengebieten. 50 S., Luxemburg.
- Flussgebietsgemeinschaft Ems (FGG Ems) (2005): Bericht (Teil A) der internationalen Flussgebietseinheit Ems - Bericht zur EG-Wasserrahmenrichtlinie.
- Flussgebietsgemeinschaft Ems (FGG Ems) (2009): Internationaler Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 Wasserrahmenrichtlinie für die Flussgebietseinheit Ems, Bewirtschaftungszeitraum 2010 - 2015.
- Flussgebietsgemeinschaft Ems (FGG Ems) (2012): Herstellung der Durchgängigkeit für Fische und Rundmäuler in den Vorranggewässern der internationalen Flussgebietseinheit Ems. Meppen, 183 S.
- Flussgebietsgemeinschaft Ems (FGG Ems) (2015a): Internationaler Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 Wasserrahmenrichtlinie für die Flussgebietseinheit Ems - Bewirtschaftungszeitraum 2015 - 2021.
- Flussgebietsgemeinschaft Ems (FGG Ems) (2015b): Maßnahmenprogramm nach Artikel 11 der EG-WRRL bzw. § 82 WHG der Flussgebietsgemeinschaft Ems - Bewirtschaftungszeitraum 2015 - 2021.
- Freyhof, J. (2009): Rote Liste der im Süßwasser reproduzierenden Neunaugen und Fische (Cyclostomata & Pisces). In: Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen, und Pilze Deutschlands, Band 1: Wirbeltiere, Naturschutz und Biologische Vielfalt. Bundesamt für Naturschutz, S. 291 - 316.
- Führböter, A. & Jensen, J. (1985): Sakuläränderungen der mittleren Tidewasserstände in der Deutschen Bucht. Die Küste, Heft 42, S. 78 - 100.
- Gesellschaft für Bioanalytik (GBA) (2009): Bericht über die Probenahme von Sedimenten mit Bewertung der Analyseergebnisse nach HABAK-WSV, LAGA (2004) und BBodsSchV/Vorhaben: Untersuchung Ems/Ledasedimente f. Unteremsbaggerei 2009 - WSV-ID: AF1\_WSV\_20081209160302\_112, Pinneberg.
- Gesellschaft für Bioanalytik (GBA) (2012a): Chemische und ökotoxikologische Untersuchungsdaten zur Sedimentkonditionierung Phase II 2011/2012 (AF1\_WSV\_20111014125226\_329). Pinneberg.
- Gesellschaft für Bioanalytik (GBA) (2012b): Untersuchung von Sedimenten im Ems-Dollart - Erfassung des Ist-Zustandes. Untersuchung von Sedimentproben gemäß Rahmenvertrag zur chemischen Untersuchung von PCDD/F, dl-PCB, Indikator PCB, PBDE und Octyl- und Nonylphenolen in Sedimenten, Schwebstoffen und Böden. Im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde.

- Gesellschaft für Bioanalytik (GBA) (2012c): Untersuchung von Sedimenten im Ems-Dollart - Erfassung des Ist-Zustandes. Untersuchung von Sedimentproben gemäß den Gemeinsamen Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern. Im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde. 15.05.2012, 51 S.
- Giesen, W. B. J. T.; van Katwijk, M. M. & den Hartog, C. (1990): Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquatic Botany* 37, S. 71 - 85.
- Gilles, A.; Herr, H.; Lehnert, K.; Scheidat, M.; Kaschner, K.; Sundermeyer, J.; Westerberg, U. & Siebert, U. (2007): Erfassung der Dichte und Verteilungsmuster von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) in der deutschen Nord- und Ostsee. MINOS 2 - Weiterführende Arbeiten an Seevögeln und Meeressäugern zur Bewertung von Offshore - Windkraftanlagen (MINOS plus). Endbericht für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit FKZ 0329946 B. Teilprojekt 2, 66 S.
- Gilles, A. & Siebert, U. (2010): Schweinswalbefassung im Bereich des niedersächsischen Wattenmeeres im Rahmen eines Monitorings (Endbericht für die Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer).
- Gregory, J. & Claburn, P. (2003): Avoidance behaviour of *Alosa fallax fallax* to pulsed ultrasound and its potential as a technique for monitoring clupeid spawning migration in a shallow river. *Aquatic Living Resources* 16, S. 313 - 316.
- GSP (2014): Project Ecologie en Economie in balans, Resultaten van werksessie 1 Slib als Grondstoff op 24 april 2014, Delfzijl, Mei 2014
- GÜBAK (2009): Gemeinsame Übergangsbestimmungen zum Umgang mit Baggergut in den Küstengewässern (GÜBAK) zwischen der Bundesrepublik Deutschland und den fünf Küstenländern, August 2009, 39 S.
- Habermann, C. (2003): Morphologischer Nachlauf nach Baggermaßnahmen in Tideästuaren. Diplomarbeit am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Darmstadt.
- Habermann, C. (2006): Einfluss von Unterhaltungsbaggerungen auf die Schwebstoffdynamik der Unterems - Monitoring während eines baggerungsfreien Zeitraums, BfG- Bericht 1488. Koblenz.
- Haesloop, U. (2004): Fischereibiologische Untersuchungen im Rahmen der HABAK/B Elbe. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Hamburg, 57 S. + Anhang.
- HARBASINS (2008): "Long-term Spatial Development of Habitats in the Ems-Dollard Estuary" und "Hydro- and Morphological Pressures and Impacts". Lower Saxony Water Management, Coastal Defence and Nature Conservation Agency - Coastal Research Station -, Herrling G. & Niemeyer, H.D. Norden, Aurich, Oldenburg, Wilhelmshaven.
- 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.

- Helsinki-Konvention (1992): Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Ostseegebietes. HELCOM-Kommission.
- Hensen, W. (1955): Stromregelungen, Hafenbauten, Sturmfluten in der Elbe und ihr Einfluss auf den Tideablauf. Hamburg - Großstadt und Welthafen, Festschrift zum XXX. Deutschen Geographentag, Ferdinand Hirt in Kiel, August 1955.
- HPA - Hamburg Port Authority & BSU - Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg (2012): Übergangsregelung zum Handlungskonzept Umlagerung von Baggeregut aus dem Hamburger Hafen in die Stromelbe. Stand: 16.03.2012, 19 S.
- IBL Umweltplanung & IMS Ingenieurgesellschaft mbH (2012): Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Vertiefung der Außenems bis Emden. Im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden.
- IBL Umweltplanung (1997): Bericht Umweltverträglichkeitsstudie zum Antrag auf Planfeststellung für die Errichtung eines Emssperrwerkes zwischen Gandersum und Nendorp bei Strom-km 32,2. Oldenburg.
- IM+P - Ingenieurbüro Dr.-Ing. Manzenrieder und Partner (2011): Trübungs- und Sauerstofflängsprofilmessungen in der Ems, Bericht Nr. 271 - Dezember 2011. Oldenburg.
- IM+P - Ingenieurbüro Dr.-Ing. Manzenrieder und Partner (2013): Trübungs- und Sauerstofflängsprofilmessungen in der Ems, Bericht Nr. 285- März 2013. Oldenburg.
- Institut Dr. Nowak (2012): Baggervorhaben Unterwasser Schleuse Herbrum, 2012. Probenahmen und Untersuchung im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde für das Wasser- und Schifffahrtsamt Meppen. Bearbeiter: Ebert, J. Ottersberg, 27.06.2012, 15 S.
- ITAP - Institut für technische und angewandte Physik (2011): Messung der Hydroschallimmissionen des Schwimmbaggers „Taccola“ bei Baggararbeiten an der Wendestelle des Außenhafens in Emden. Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden, 13 S.
- Krebs, F. (2000): Ökotoxikologische Bewertung von Baggeregut aus Bundeswasserstraßen mit Hilfe der pT-Wert-Methode. Fachverwaltungen des Bundes und der Länder (Hrsg), Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz (BfG) (Hrsg) (44), S. 301 - 307.
- Krebs, F. (2001): Ökotoxikologische Baggeregutuntersuchung, Baggeregutklassifizierung und Handhabungskategorien für Baggeregutumlagerungen. In: Calmano, W. (Hrsg.): Ökotoxikologische Baggeregutuntersuchung, Baggeregutklassifizierung und Handhabungskategorien für Baggeregutumlagerungen, Vol. XV, S. 333 - 352.
- Krebs, M. (2005): Bericht der Gewässerkunde (Neubau) zum baggerungsfreien Jahr. WSA Emden.
- Krebs, M. (2007): Erfolgskontrolle zur hydrologischen Steigerung der ebbseitigen Räumung durch Bühnenanpassung nach dem langfristigen Unterhaltungskonzept Unterems (Luke). Fortführung des Berichtes vom 09.04.2001. Emden. S. 71
- Krebs, M. & Weilbeer, H. (2008): Ems-Dollart estuary. Die Küste 74 ICCE, S. 252 - 262.

- Krost, P. & Kock, M.; Coastal Research and Management (2010): Ökologische Auswirkungen der Verbringung von Baggergut aus dem NOK. Unveröffentl. Bericht, Kiel, 16 S. BfG-1944
- Krüger, T. & Oltmanns, B. (2007): Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Brutvögel. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen, Heft 3. 52 S.
- KÜFOG (2014): Integrierter Bewirtschaftungsplan Ems-Ästuar (IBP Ems), Fachbeitrag 1: „Natura 2000“. Stand: Februar 2014. Loxstedt-Ueterlande.
- Lange, J. (2006): Ausbau der Unterems - Eine Chronik der Maßnahmen seit 1984 mit einer Bewertung der Umweltfolgen; Hrsg.: WWF Deutschland, Frankfurt am Main.
- Laves - Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2010): Potenziell natürliche Fischfauna von Ems (Herbrum-Leer), Leda, Jümme und Sagter Ems.
- Laves - Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2012): Integrierter Bewirtschaftungsplan Ems, Niedersächsischer Fachbeitrag 1: „Natura 2000“. Teilbeitrag "Fische und Rundmäuler". L. Meyer, Stand September 2012.
- Leuchs, H.; Wetzel, M.; Büttner, H. & Koop, J. (2005): Makrozoobenthos. In: Messprogramm Meeresumwelt. Zustandsbericht 1999 - 2002 für Nordsee und Ostsee, S. 123-127.
- Leuchs, H.; Löffler, D. & Wahrendorf, D. (2008c): Wiederholungsuntersuchung nach HABAK des Baggerguts und der Klappstellen 5 - 7 im Ems-Ästuar, BfG- Bericht 1585. Koblenz.
- Liebenstein, H. & Backfisch, R. (1990): Erweiterter Ausbau der Unterems zwischen Papenburg und Emden km 0,000 bis km 40,450. - Bestandsaufnahme von Vegetation (Bestand Nov. 1985, ergänzt durch Ergebnisse der ALAND-Untersuchungen 1987/88). Koblenz.
- Löffler, D. (2009a): Wiederholungsuntersuchung des Baggerguts aus Unterems und Leda 2009. BfG-Bericht 1638 im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. Koblenz, 23.04.2009, 29 S.
- Löffler, D. (2009b): Untersuchungen der Dioxingehalte von Unterems- und Ledasedimenten. BfG-Bericht 1639 im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. Koblenz, 23.04.2009, 49 S.
- Löffler, D. (2010a): Schadstoffgutachten zum Ausbau der Außenems und zur Einrichtung einer Wendestelle bei Ems-km 41,5 - 42. BfG-Bericht 1679 im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. Koblenz, 30.04.2010, 73 S.
- Löffler, D. (2010b): Wiederholungsuntersuchung des Baggerguts aus Unterems und Leda 2010. BfG-Bericht 1672 im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. Koblenz, 22.02.2010, 44 S.

- Löffler, D. (2011a): Klappstelle Dollartmund. Kurzdarstellung der Schadstoffuntersuchungen 2007 - 2010. Im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. Koblenz, 31.05.2011, 88 S.
- Löffler, D. (2011b): Wiederholungsuntersuchung des Baggerguts aus Unterems und Leda 2011. BfG-Bericht 1714 im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. Koblenz, 01.04.2011, 40 S.
- Löffler, D. (2012): Wiederholungsuntersuchung des Baggerguts aus Unterems und Leda 2012. BfG-Bericht 1753 im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. Koblenz, 16.03.2012, 39 S.
- Löffler, D. (2013): Wiederholungsuntersuchung des Baggerguts aus Unterems und Leda 2013. BfG-Bericht 1785 im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. Koblenz, 07.03.2013, 40 S.
- Löffler, D. (2014): Wiederholungsuntersuchung des Baggerguts aus Ems und Leda 2014. BfG-Bericht 1827 im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Emden. Koblenz, 10.10.2014, 59 S.
- London-Übereinkommen (1972): Übereinkommen zur Verhinderung der Meeresverschmutzung durch Einbringung von Abfall und anderen Stoffen, 29.12.1972.
- Magath, V. & Thiel, R. (2013): Stock recovery, spawning period and spawning area expansion of the twaite shad *Alosa fallax* in the Elbe estuary, southern North Sea. *Endangered Species Research* 20, S. 109 - 119.
- Mai, S. (2011): Messungen der Luftschallimmissionen von Wasserinjektionsgerät und Laderaumsaugbagger an der Unterweser. BfG-Bericht 1733. Auftraggeber: WSA Bremen. Koblenz
- Meyer, C. (2004): Beweissicherung Küstenschutz Leybucht - Morphologisch-sedimentologische Untersuchungen, Berichte der Forschungsstelle Küste.
- 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.
- Meyer-Nehls, R. (2001): Umlagerungen von Baggergut aus dem Hamburger Hafen im September und Oktober 2000 - Untersuchungen zur Feststoffausbreitung und Gewässergüte, Hamburg.
- Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (2015): Strategie für das Wattenmeer 2100. 88 S., Kiel
- 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.
- 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: 115 - 134.

- Nehring, S. & Leuchs, H. (1999): The BfG-Monitoring in the German North Sea Estuaries: Macrozoobenthos. In: *Senckenbergiana maritima* 29, Frankfurt. S. 107 - 111.
- Neudecker, T. & Damm, U. (2005): Maifische an der deutschen Nordseeküste - zum Auftreten von Finte (*Alosa fallax*) und Alse (*Alosa alosa*). *Informationen aus der Fischereiforschung* 52 (1), S 43 - 50.
- Newell, R. C.; Seiderer, L. J. & Hitchcock, D. R. (1998): The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. In: *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, Vol. 36. Hrsg. Ansell, Gibson, Barnes. S. 127 - 178.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (online): [http://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserwirtschaft/zulassungsverfahren/oberirdische\\_gewaesser\\_und\\_kuestengewaeser/emssperrwerk/zulassungen-zum-bau-und-betrieb-des-emssperrwerks-129808.html](http://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserwirtschaft/zulassungsverfahren/oberirdische_gewaesser_und_kuestengewaeser/emssperrwerk/zulassungen-zum-bau-und-betrieb-des-emssperrwerks-129808.html). Letzter Zugriff 11.05.2015
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2010): NLWKN: Umsetzung der EG-WRRL - Bewertung des ökologischen Zustands der niedersächsischen Übergangs- und Küstengewässer (Stand: Bewirtschaftungsplan 2009). *Küstengewässer und Ästuare* 1/2010.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2012): Fachbeitrag 3. EG-Wasserrahmenrichtlinie innerhalb des Integrierten Bewirtschaftungsplans Ems-Ästuar (IBP Ems). Aurich, 54 S.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2014): Änderung des Planfeststellungsbeschlusses zum Emssperrwerk zur Anhebung des Stauziels auf NHN +2,7 m für den Zeitraum vom 15.03. bis zum 31.03. Oldenburg.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Küsten- und Naturschutz (NLWKN) & Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr Bremen (SUBV) (2012): Integrierter Bewirtschaftungsplan Weser für Niedersachsen und Bremen. Textband, 342 S. + Anhang.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Küsten- und Naturschutz (NLWKN) & ZiltWater Advies (2013): Wax and wane of *Zostera marina* on the tidal flat Hond-Paap/Hund-Paapsand in the Ems estuary; examinations of existing data. Bericht, 60 S.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Rijksoverheid & Provincie Groningen (2016): Integrierter Bewirtschaftungsplan Emsästuar (IBP Ems) für Niedersachsen und die Niederlande
- Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz und Landesentwicklung (2008): Landes-Raumordnungsprogramm Niedersachsen 2008. Hannover.
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2015): Niedersächsischer Beitrag zu den Maßnahmenprogrammen 2015 bis 2021 der Flussgebiete Elbe, Weser, Ems und Rhein. Hannover.
- Nightingale, B. & Simenstad, C. (2001): Dredging Activities: Marine Issues. White Paper prepared for Washington State Transportation Commission Department of

Transportation and in cooperation with U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.

- OSPAR Commission (1992): Übereinkommen zum Schutz der Meeresumwelt des Nordostatlantiks. 40 S.
- Peters, C. & Ahlf, W (2003): Validieren, Harmonisieren und Implementieren eines minimalen biologischen Testsets zur Bewertung mariner Wasser- und Sedimentproben. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit . Hrsg.: Umweltbundesamt. UBA Texte 87-03 (ISSN 0722-186X).
- Planungsbüro Stelzer GmbH (2007): Planfeststellungsverfahren für die geplante bereichsweise Anpassung der Unterems und des Dortmund-Ems-Kanals. Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU). Freren, Rastede.
- Postma, H., (1960). Einige Bemerkungen über den Sinkstofftransport im Ems-Dollard Gebiet. In van Voorthuysen, J. H.: Das Ems-Ästuarium (Nordsee) - Ein Sedimentologisches Symposium. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb.k. Gen. 19, S. 103 - 117.
- Quick, I. & Schriewer, S. (2014): Ausgewählte hydromorphologische Parameter als Zeiger für den Sedimentstatus der Tideelbe. Beitrag zum 16. Gewässermorphologischen Kolloquium am 6./7. November in Bremerhaven. In: Ästuare und Küstengewässer der Nordsee. BfG-Veranstaltungen 2/2014, ISSN 1866 - 220X, DOI: 10.5675/BfG\_Veranst\_2014.2, S. 63 - 88.
- Rachor, E. (1998): Rote Liste der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere, Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, Heft 55, Bundesamt für Naturschutz. S. 290 - 300.
- 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.
- 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, 318 S. Bonn.
- Rüter, A. & Koop, J. (2011): Messung und Begutachtung von hydroakustischen Schallimmissionen verursacht durch WI-Unterhaltungsbaggerungen und deren Auswirkungen auf das Schutzgut Tiere - Finten und Neunaugen. BfG-Gutachten. Auftraggeber: WSA Bremen. Koblenz
- Scholle, J., Dau, K. & Schuchardt, B. (2007): Fischbasierter WRRL-konformer Bewertungsansatz für das Übergangsgewässer Ems und Ableitung eines Monitoringkonzepts. Kooperation Niederlande-Deutschland im Ems-Dollart-Ästuar. - Bericht im Auftrag von Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ), Haren, NL und Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Betriebsstelle Brake-Oldenburg. 63 S.
- 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.

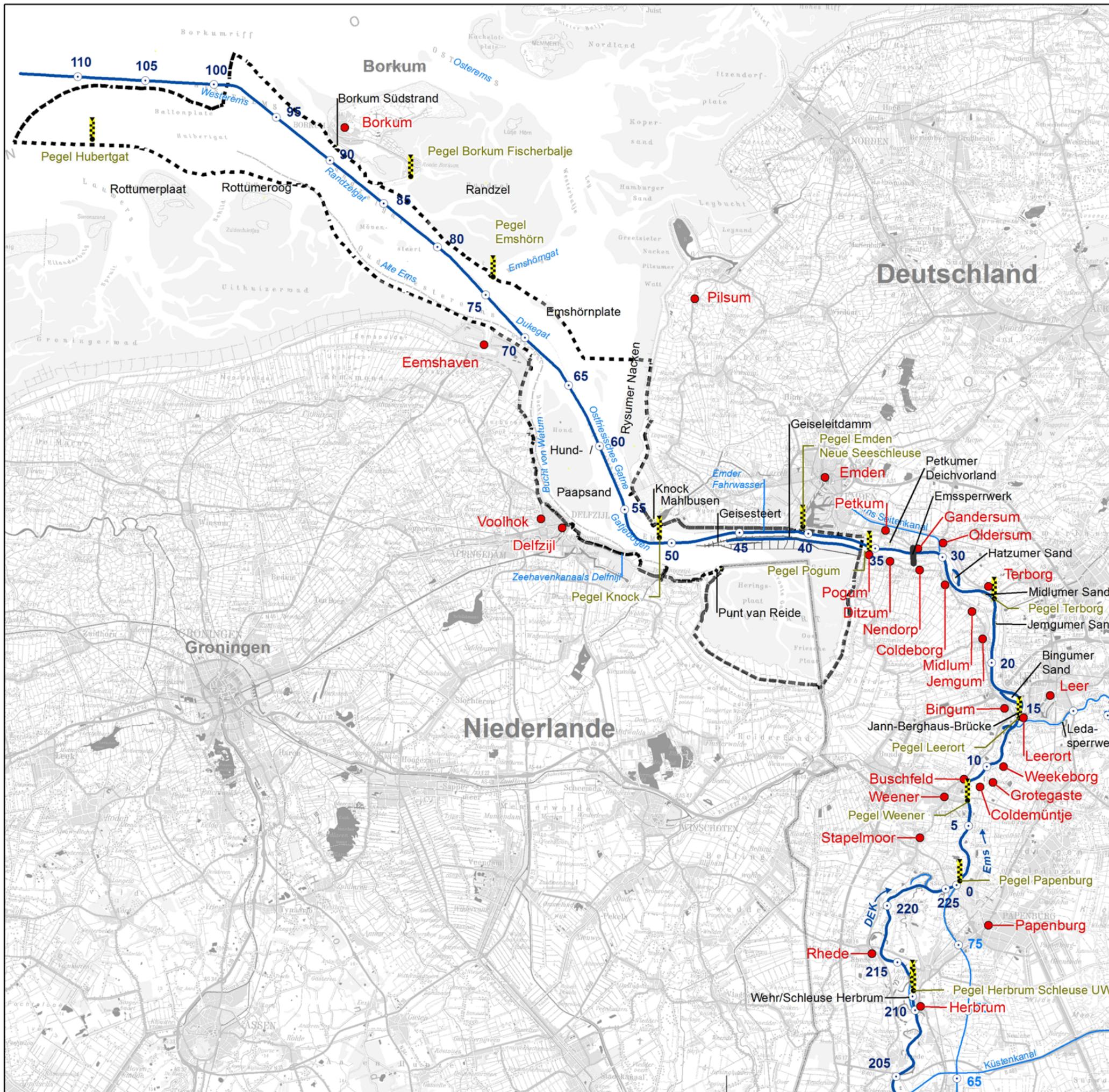
- Schrottke, K.; Becker, M.; Bartholomä, A.; Flemming, B. W. & Hebbeln, D. (2006): Fluid mud dynamics in the Weser estuary turbidity zone tracked by high resolution side-scan sonar and parametric sub-bottom profiler. In: *Geo-Marine Letters*, Vol. 26 (3). S. 185 - 198.
- Schubert, B.; Pies, C. & Heil., S. (2009): Schadstoffmonitoring von Schwebstoffen und Sedimenten in Ästuaren, in: *Aspekte des Schadstoffmonitorings an Schwebstoffen und Sedimenten in der aquatischen Umwelt*, BfG-Veranstaltungen 7/2009, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.
- Stammerjohann, D. (2012): Baggervorhaben Hunte und Küstenkanal. Stellungnahme der BfG zur physikalisch/chemischen und ökotoxikologischen Beschaffenheit des Baggergutes. WSD\_ID: AF1\_WSV\_20110810082744\_317
- Stelzer, P.; Diekmann & Mosebach (2007): Bericht Planfeststellungsverfahren für die geplante bereichsweise Anpassung der Unterems und des Dortmund-Ems-Kanals. Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU). Freren, Rastede.
- Stengel, T. (2006): Wasserinjektionsbaggerungen in der Unterweser- eine ökologische und ökonomische Alternative zu Hopperbaggerungen. *HANSA International Maritime Journal*, 143. Jahrgang 2006, Nr. 10.
- Talke, S. A.; de Swart, H. E. & Schuttelaars, H. M. (2009): Feedback between residual circulations and sediment distribution in highly turbid estuaries: An analytical model. *Continental Shelf Research* 29: S. 119 - 135.
- Thiel, R.; Winkler, H.; Böttcher, U.; Dänhardt, A.; Fricke, R.; George, M.; Kloppmann, M.; Schaarschmidt, T.; Ubl, C. & Vorberg, R. (2013): Rote Liste und Gesamtartenliste der etablierten Fische und Neunaugen (Elasmobranchii, Actinopterygii & Petromyzontida) der marinen Gewässer Deutschlands. In: Becker, N.; Haupt, H.; Hofbauer, N.; Ludwig, G. & Nehring, S. (Red.): *Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 2: Meeresorganismen*. Münster (Landwirtschaftsverlag). *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70 (2): S. 11 - 76.
- UBA - Umweltbundesamt (2005): DIOXINE - Daten aus Deutschland, 5. Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine.
- Van der Heide, T.; Peeters, E. T. H. M.; Hermus, D. C. R.; Katwijk, M. M. V.; Roelofs, J. G. M. & Smolders, A. J. P. (2009): Predicting habitat suitability in temperate seagrass ecosystems - *Limnol. Oceanogr.* 54, S. 2018 - 2024.
- 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.
- Van Maren, D.S.; van Kessel, T.; Cronin, K. & Sittoni, L. (2015): The impact of channel deepening and dredging on estuarine sediment concentration. *Continental Shelf Research* 95 (2015), S. 1 - 14.

- 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.
- Wattenrat (2010): Ems-Ästuar, vom gemeinsamen Problem zur gemeinsamen Lösung, Gutachten 2010/03
- Wilber, D. H. & Clarke, D. G. (2001): Biological Effects of Suspended Sediments: A Review of Suspended Sediment Impacts on Fish and Shellfish with Relation to Dredging Activities in Estuaries. *North American Journal of Fisheries Management* 21, S. 855 - 875.
- Winterwerp, J.C. (2013): On the response of tidal rivers to deepening and narrowing. Risks for a regime shift towards hyper-turbid conditions. *Deltares*. 86 S.
- WSA Emden; WSA Meppen; Rijkswaterstaat Noord-Nederland; Groningen Seaports; Niedersachsen Ports; Landkreis Emsland; Landkreis Leer; Stadt Emden; Stadtwerke Leer AöR; Stadt Weener; Stadt Papenburg; Gemeinden Moormerland, Rhede und Dörpen; IHK für Ostfriesland und Papenburg; Bundesverband der Deutschen Binnenschifffahrt e. V.; Seglerverband Niedersachsen & Meyerwerft (2013): Integrierter Bewirtschaftungsplan Ems, Fachbeitrag 5: Schifffahrt und Häfen. Stand 13.05.2013, 251 S.
- WSA Emden (2014): Bericht Zusammenstellung und Bewertung des zweiten Naturmessversuches zum Einsatz des Sedimentkonditionierungsverfahrens in der Ems, 21.01.2014.
- WSA Hamburg (2013): Gewässerkundlicher Bericht - morphologische Strukturen im Fahrinnenbereich der Tideelbe - Ein Betrag zum Reviersteckbrief Tideelbe, Az. 2-231.2.
- WSA Meppen (2012): Bericht Monitoring des Tests eines kleinen Wasserinjektionsgerätes im August 2011 im Unterwasser der Schleuse Herbrum, 06.06.2012.
- WSA Meppen (2013): Bericht Monitoring des Tests eines kleinen Wasserinjektionsgerätes im August 2012 im Unterwasser der Schleuse Herbrum, 14.06.2013.
- WSA Meppen & Bundesanstalt für Gewässerkunde (2010): Unterhaltungsplan Dortmund-Ems-Kanal Abschnitt km 209,00 bis km 225,82. Darstellung des Bestandes, der Einschätzung der Biotope, Flora und Fauna. Langfassung Bericht, 230 S.
- WSA Meppen & Bundesanstalt für Gewässerkunde (2012): Unterhaltungsplan Dortmund-Ems-Kanal Abschnitt km 209,00 bis km 225,82. Berücksichtigung ökologischer Belange bei der Unterhaltung. BfG- Bericht 1747, 165 S.
- WSD Nordwest (2008): Projektgruppe Machbarkeitsuntersuchung für das Vorhaben Vertiefung der Außenems bis Emden, Aurich, 63 S.

# Anhang

# Inhaltsverzeichnis – Anhang

<b>Anhang I:</b>	<b>Karte „Ortsbezeichnungen“ .....</b>	<b>A-3</b>
<b>Anhang II:</b>	<b>Karte „Natura 2000-Gebiete“ .....</b>	<b>A-4</b>
<b>Anhang III:</b>	<b>Auswertung zu Sauerstoffgehalten und Baggerkampagnen .....</b>	<b>A-5</b>



**Legende**

**Ortsbezeichnungen**

-  Gewässer
-  Orte
-  Pegel
-  Lagebezeichnung

**Sonstiges**

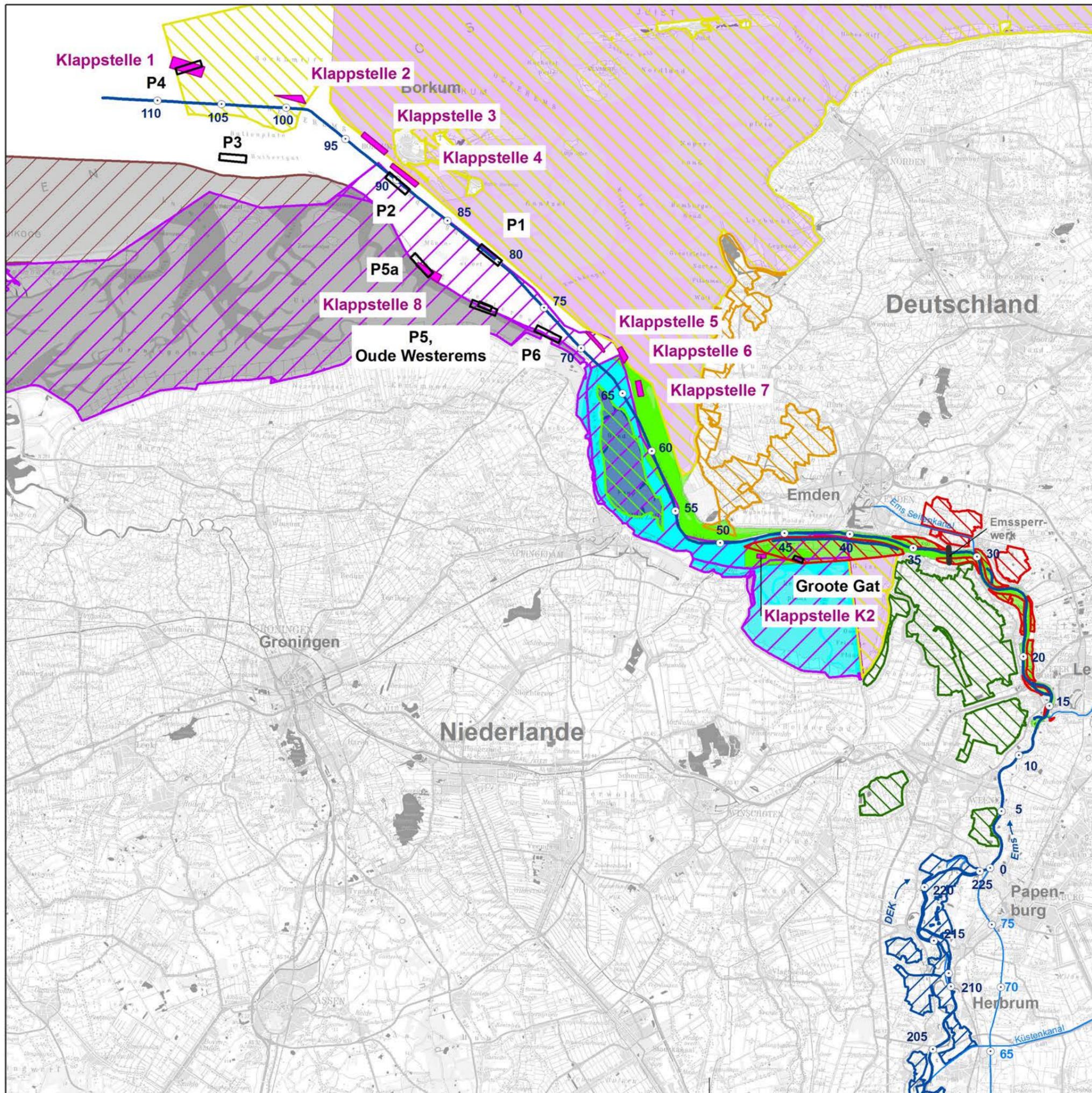
-  Vertragsgebiet Emsmündung
-  Staatsgrenze
-  Kilometrierung

**Sedimentmanagementkonzept Tideems  
- Ortsbezeichnungen -  
Anhang I**

Daten-/Kartengrundlage:  
DTK200 - Bundesamt für Kartographie und Geodäsie;  
Vertragsgebiet, Kilometrierung - Wasser- und Schifffahrtsverwaltung

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz  
Stand: März 2016





## Legende

### EU-Vogelschutzgebiete

-  V10 Emsmarsch von Leer bis Emden (DE2609-401)
-  V16 Emstal von Lathen bis Papenburg (DE2909-401)
-  V60 Hund und Paapsand (DE2507-301)
-  V04 Krummhörn (DE2508-401)
-  V01 Niedersächsisches Wattenmeer und angrenzendes Küstenmeer (DE2210-401)
-  V06 Rheiderland (DE2709-401)
-  Noordzeekustzone (NL9802001)
-  Waddensee (NL9801001)

### FFH-Gebiete

-  Hund und Paapsand (DE2507-301)
-  Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer (DE2306-301)
-  Unterems und Außenems (DE2507-331)
-  Eems-Dollard (NL2007001)
-  Noordzeekustzone (NL9802001)
-  Waddensee (NL1000001)

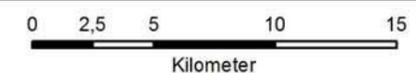
### Sonstiges

-  Kilometrierung
-  Unterbringungsstellen WSV
-  Unterbringungsstellen Niederlande

## Sedimentmanagementkonzept Tideems - Natura 2000-Gebiete - Anhang II

Daten-/Kartengrundlage:  
 DTK200 - Bundesamt für Kartographie und Geodäsie;  
 Kilometrierung - Wasser- und Schifffahrtsverwaltung;  
 Natura2000 - Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN); geodata.nationaalgeoregister.nl

Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz  
 Stand: August 2016, optimiert auf DIN A3



### **Anhang III:**

#### **Auswertung zu Sauerstoffgehalten und Baggerkampagnen**

BfG-1944

- Anhang -

In den nachfolgenden Abbildungen A-1 bis A-7 sind die Baggerkampagnen der Jahre 2006 bis 2012 und die gleichzeitig gemessenen Sauerstoffgehalte an den Stationen Papenburg und Leerort dargestellt.

Die Ermittlung des Einflusses der Unterhaltungstätigkeit auf den Sauerstoffgehalt kann dabei nur näherungsweise und deskriptiv erfolgen. Eine einfache Korrelation zu einem Einflussfaktor ist nicht möglich, da viele Faktoren - und diese oft nicht linear - den Sauerstoffgehalt beeinflussen. Einer der wichtigsten Faktoren ist der Oberwasserabfluss der Ems (in den Abbildungen als Abfluss bei Versen angegeben); ein weiterer Faktor ist die Wassertemperatur.

Aus den Abbildungen A-1 bis A-7 und Tabelle A-1 wird ersichtlich, bei welchen Sauerstoffverhältnissen die Baggerkampagnen der Jahre 2006 bis 2010 stattfanden. Dabei sind die Baggermengen im Abschnitt km 0 - km 15 den Sauerstoffdaten der Stationen Papenburg (km 0,9) und Leerort (km 15) gegenüber gestellt. Die Dauer der ausgewerteten Kampagnen betrug je nach Umfang der Baggerungen zwischen 4 und 12 Wochen. Die Jahreszeit der Kampagnen hingegen variierte entsprechend den Anforderungen bezüglich des Termins der Schiffsüberführung. Die Intensität der Unterhaltungsmaßnahme kann näherungsweise mit den gebaggerten Sedimentmengen (bzw. Transportmengen) gleichgesetzt werden. Hier sind für den Zeitraum 2006 bis 2009 deutliche Unterschiede zwischen zwei kleineren Kampagnen mit 65.000 bzw. 228.000 m<sup>3</sup> und den vier großen Kampagnen ersichtlich: 2006 ca. 420.000 m<sup>3</sup>, 2007 und 2008 ca. 780.000 bzw. 710.000 m<sup>3</sup> und 2009 ca. 910.000 m<sup>3</sup>.

Der Einfluss des Oberwassers auf die Sauerstoffverhältnisse ist in den folgenden Abbildungen bei Papenburg deutlicher als bei Leerort zu erkennen. Die Messstation Papenburg weist zu bestimmten Zeiten im Jahr (insbesondere bei geringen Oberwasserabflüssen) große Änderungen während des Tidezyklus und damit während eines Tages auf. Dies resultiert in deutlichen Unterschieden zwischen den Tagesmittelwerten und den Tagesminima. Diese meist im Sommerhalbjahr zu messenden Unterschiede sind durch das Auftreten von Fluid-Mud-Schichten an der Station Papenburg mit verursacht. Dadurch kommt es zur vorübergehenden Ausbildung von vertikalen Schichtungen der Schwebstoffe mit geringen sohnlahen Sauerstoffgehalten. Befindet sich die ca. 1 m über der Sohle messende Sauerstoffsonde der Station Papenburg in dieser Fluid-Mud-Schicht werden geringe Sauerstoffwerte erfasst und dadurch geringe Tagesminima des Sauerstoffs bei Papenburg bewirkt. Bei Ebbstrom wird dann der Oberwasserreinfluss mit meist hohen Sauerstoffwerten wirksam und führt dann zu vergleichsweise deutlich höheren Tagesmittelwerten des Sauerstoffs. Bei der Station Leerort sind demgegenüber nur geringe durch den Tidenzyklus bedingte Unterschiede zwischen Tagesmittel und Tagesminimum des Sauerstoffs zu beobachten. Somit treten an dieser Sonde nur geringe oder keine vertikalen Sauerstoffdifferenzen auf.

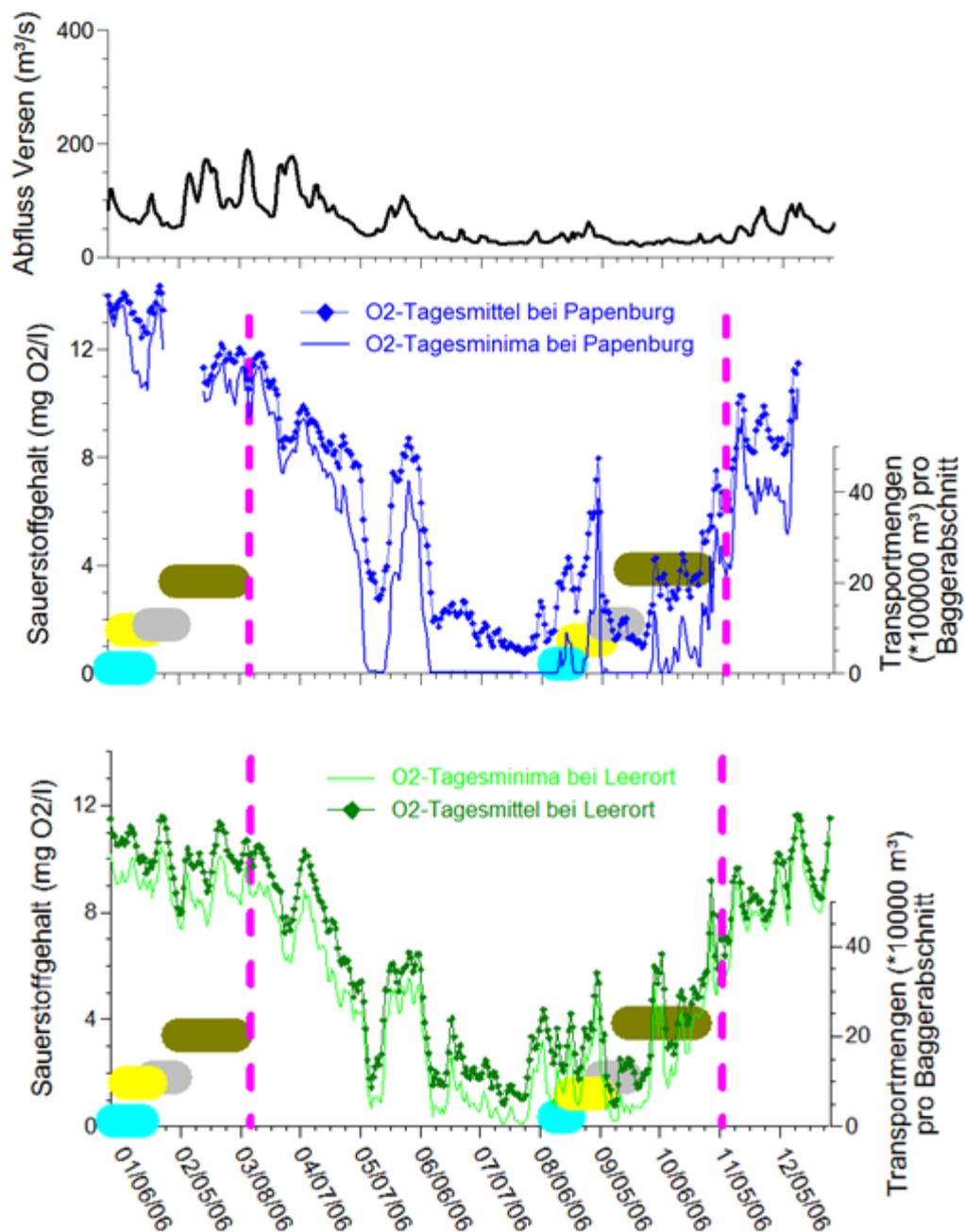
Aus den Abbildungen A-1 bis A-4 und Tab. A-1 ist zu ersehen, dass an der Station Papenburg während der drei großen Baggerkampagnen der Jahre 2007 bis 2009, die bei Abflüssen

zwischen 38 und 63 m<sup>3</sup>/s stattfanden, mittlere Sauerstoffgehalte von 2,8 bis 6,5 mg/l vorlagen. Bei den gemittelten Tagesminima der Sauerstoffgehalte waren Werte zwischen 0,4 und 3,9 mg/l zu beobachten, wobei phasenweise bei allen Kampagnen ein Wert von 1 mg O<sub>2</sub>/l unterschritten wurde. An der Station Leerort lagen die Mittelwerte des Sauerstoffs zwischen 3,0 und 5,5 mg/l und die gemittelten Sauerstoffminima zwischen 2,1 und 4,1 mg/l.

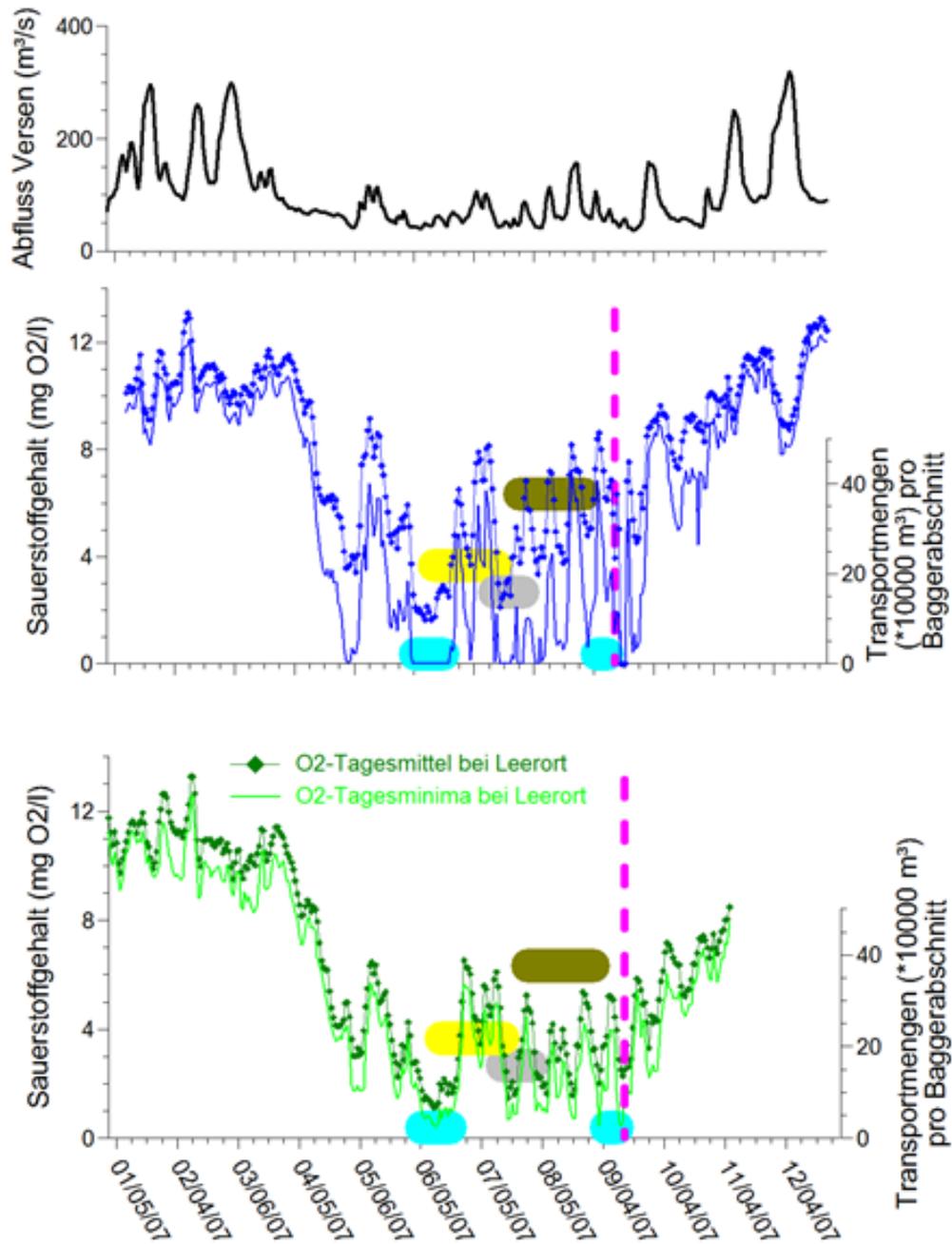
Die kleineren Kampagnen 2008 und 2009 sowie die Kampagne 2006 fanden in den kalten Monaten (Januar - März) bei vergleichsweise hohen Abflüssen (> 80 m<sup>3</sup>/s) statt. Die gemittelten Sauerstoffminima lagen sowohl in Papenburg als auch in Leerort über 9 mg/l.

Die Baggerungen in der kalten Jahreszeit und bei hohen Oberwasserabflüssen (> 80 m<sup>3</sup>/s) fanden bei ausreichenden Sauerstoffbedingungen (> 6 mg/l) statt. Diese Bedingungen lagen während der Baggerkampagne im Januar-März 2006 und den kleineren Kampagnen in den Jahren 2008 und 2009 vor. In den Jahren 2007 bis 2009 lagen während der größeren Kampagnen ungenügende (< 4 mg O<sub>2</sub>/l) und zeitweise sehr geringe Sauerstoffgehalte (< 2 mg/l) vor. In diesen Fällen ist der Sauerstoffhaushalt besonders sensitiv gegenüber den Auswirkungen des Baggervorgangs, da bereits geringe zusätzliche Sauerstoffabsenkungen den ohnehin geringen Sauerstoffgehalt weiter absenken können oder die ungünstigen Sauerstoffverhältnisse aufrecht erhalten werden.

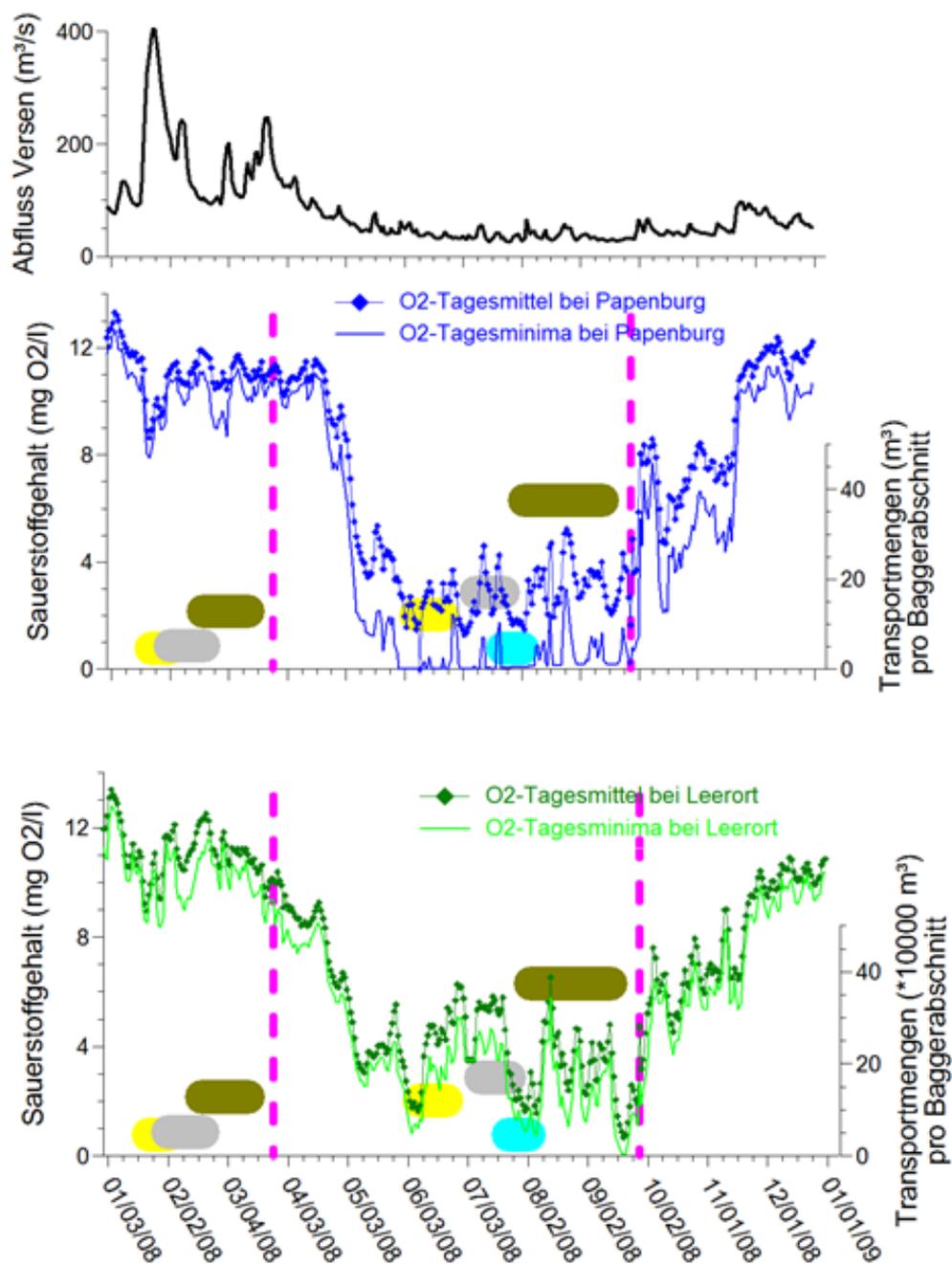
Deutliche Auswirkungen der kampagnenartigen Unterhaltungsaktivitäten auf die Sauerstoffbedingungen in der Unterems sind - auch auf Grund der starken Vorbelastung - aus den gezeigten Überwachungsdaten nicht zu erkennen. So traten auch in Zeiten ohne Unterhaltungskampagnen bei geringen Oberwasserabflüssen deutliche Sauerstoffdefizite und Tagesminima von 0 mg/l bei Papenburg auf (Abb. A-1 bis A-7). Demgegenüber waren im Jahr 2007 bei mehreren Oberwasseranstiegen im Sommer trotz einer sommerlichen Unterhaltungskampagne vergleichsweise günstige Sauerstoffbedingungen in Papenburg und Leerort zu beobachten (Abb. A-2). Ebenso fiel die Unterhaltungskampagne im Herbst 2010 mit einem deutlichen Anstieg des Oberwassers zusammen, so dass während der Kampagne sowohl in Papenburg als auch in Leerort im Mittel ausreichend gute Sauerstoffgehalte vorlagen (Abb. A-5). Am ehesten scheinen Auswirkungen der Baggerungen im Abschnitt km 10,8 - 14,8 (hellblaue Balken in Abb. A-2 bis A-4) an der Messstation Leerort erkennbar. An dieser Messstelle sind die Unterschiede zwischen den Mittelwerten und den Minimalwerten des Sauerstoffs deutlich geringer ausgeprägt als an der Station Papenburg, d.h. es treten weniger vertikale Unterschiede im Sauerstoffgehalt auf und auch weniger Unterschiede im Tagesgang. Durch Baggerkampagnen kann aber dies beides bewirkt werden, nämlich eine sohnnahe Absenkungen des Sauerstoffgehaltes oder ein zeitlich mit den Baggerungen auftretender Sauerstoffrückgang. Auswertungen über die Sauerstoffdifferenzen zu den Baggerzeiten im Abschnitt km 10,8 bis km 20,8 lassen aber ebenfalls keine eindeutigen Aussagen zu. So trat im Zeitraum 2006 bis 2009 im Mittel eine Sauerstoffdifferenz von 1,01 mg/l auf. Diese wurde bei 5 von 8 betrachteten Baggerzeiträumen überschritten (Differenzen betragen 1,11 bis 1,41 mg O<sub>2</sub>/l), aber in den übrigen 3 Kampagnen unterschritten (Differenzen betragen 0,81 bis 0,97 mg O<sub>2</sub>/l).



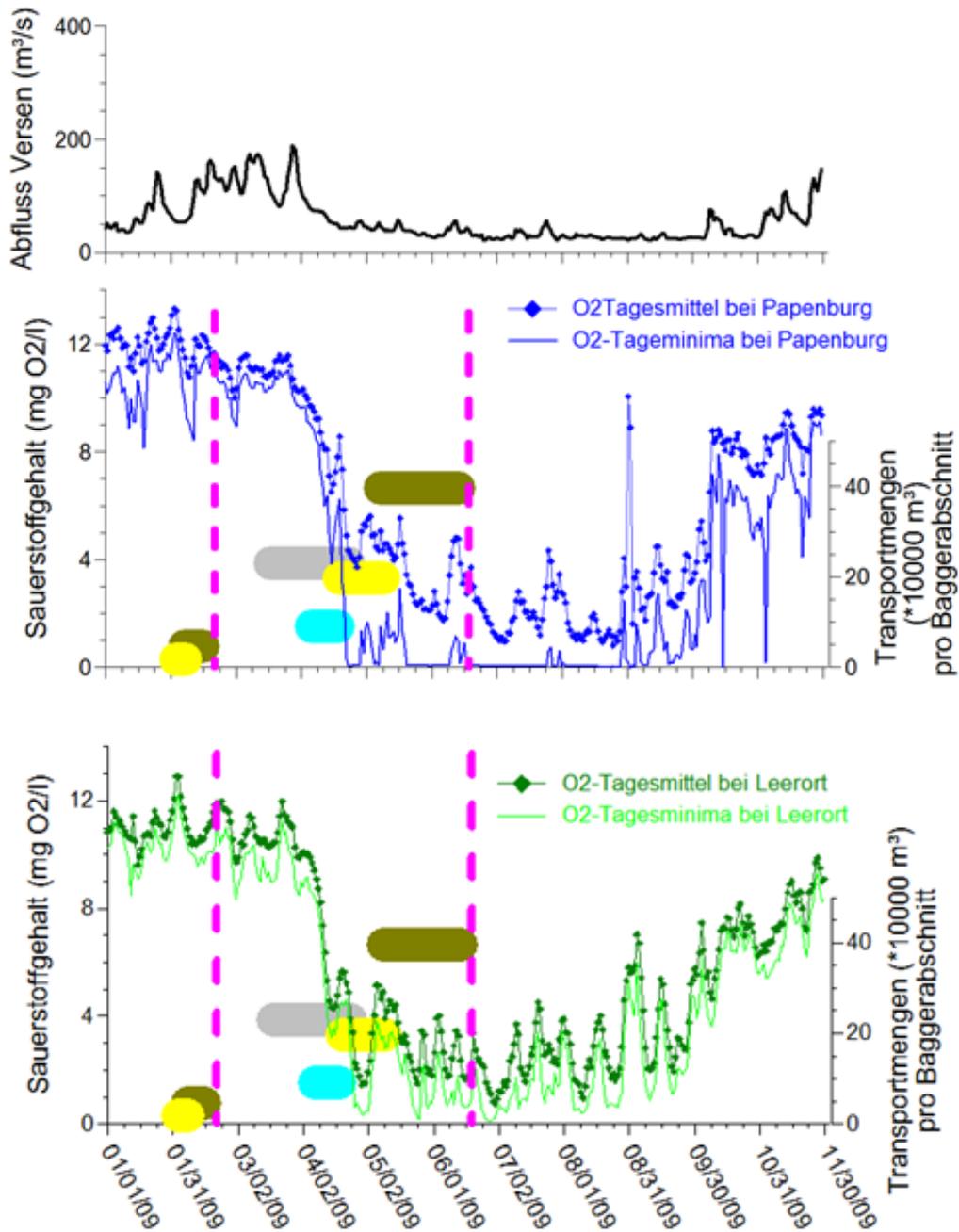
**Abbildung A-1: Baggerkampagnen und Sauerstoffgehalte (Tagesmittel und Tagesminima) in der Unterems bei Papenburg und Leerort im Jahr 2006. Die Balkenlänge gibt die Dauer und die Balkenhöhe die Baggermenge der einzelnen Kampagnenabschnitte an: braun = km 0-4, grau = km 4-6,8; gelb = km 6,8 -10,8 und hellblau = km 10,8-14,8, Überführungsdatum = rosa Linie.**



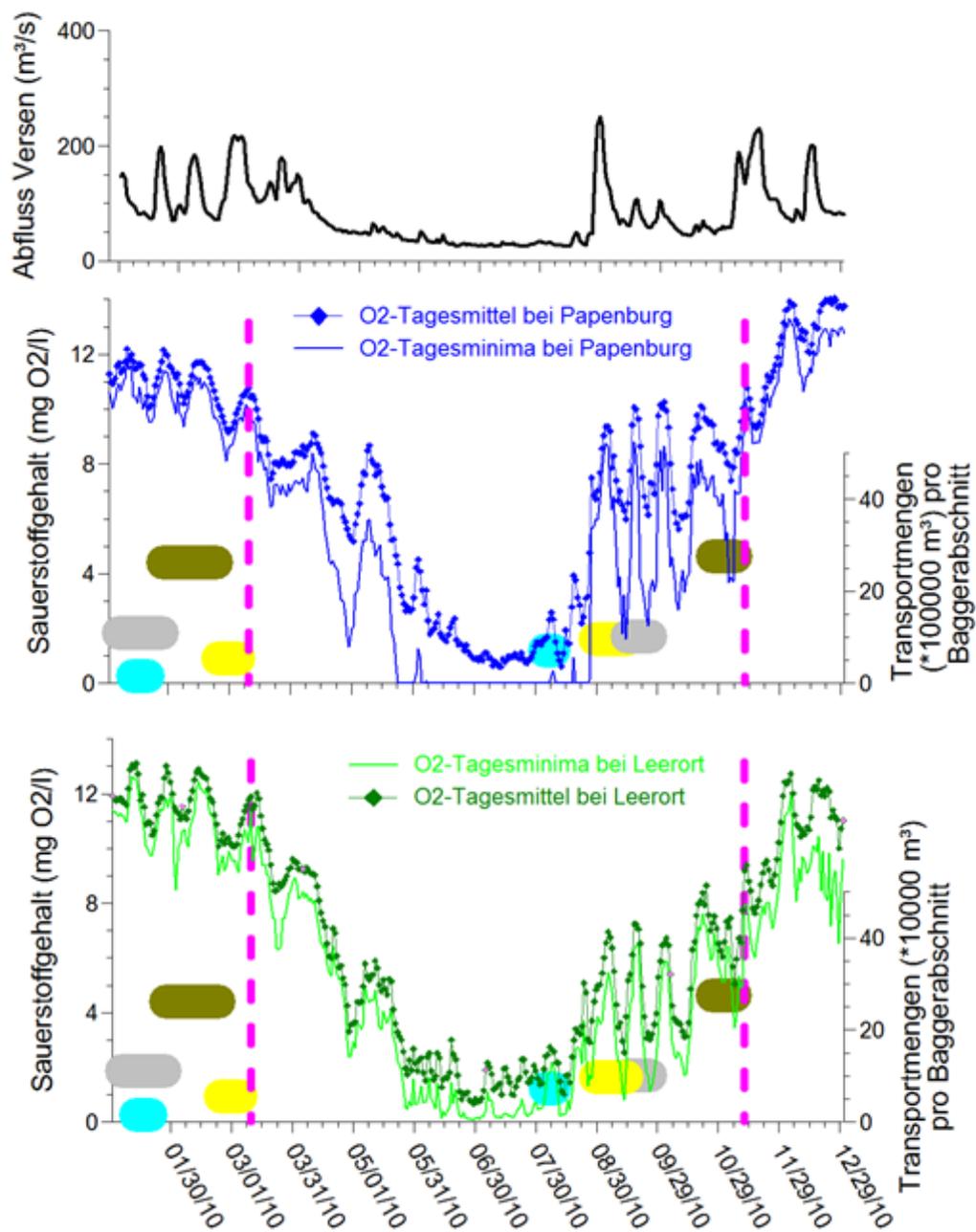
**Abbildung A-2:** Baggerkampagnen und Sauerstoffgehalte (Tagesmittel und Tagesminima) in der Unterems bei Papenburg und Leerort im Jahr 2007. Die Balkenlänge gibt die Dauer und die Balkenhöhe die Baggermenge der einzelnen Kampagnenabschnitte an: braun = km 0-4, grau = km 4-6,8; gelb = km 6,8 -10,8 und hellblau = km 10,8-14,8, Überführungsdatum = rosa Linie.



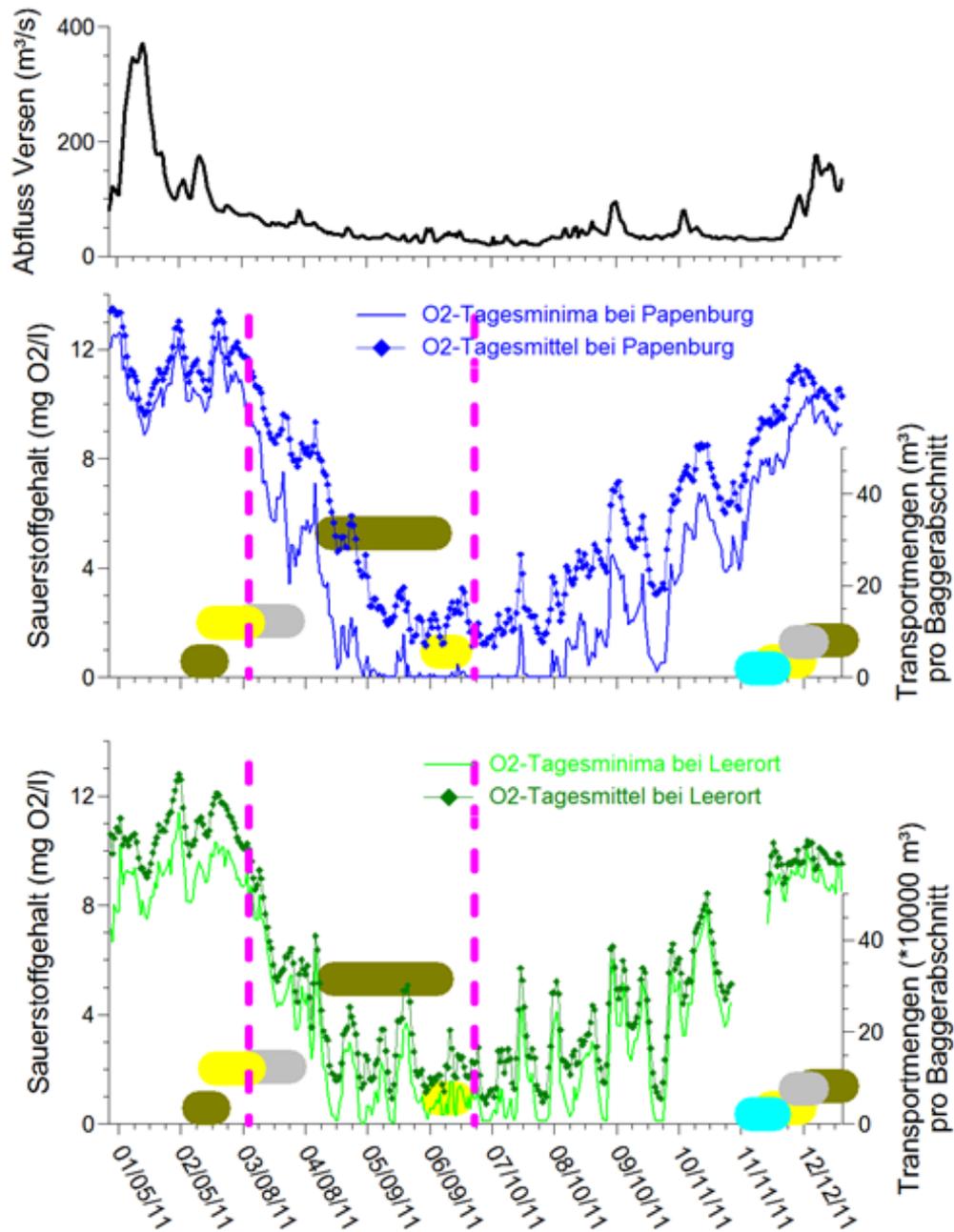
**Abbildung A-3: Baggerkampagnen und Sauerstoffgehalte (Tagesmittel und Tagesminima) in der Unterems bei Papenburg und Leerort im Jahr 2008. Die Balkenlänge gibt die Dauer und die Balkenhöhe die Baggermenge der einzelnen Kampagnenabschnitte an: braun = km 0-4, grau = km 4-6,8; gelb = km 6,8 -10,8 und hellblau = km 10,8-14,8, Überführungsdatum = rosa Linie.**



**Abbildung A-4:** Baggerkampagnen und Sauerstoffgehalte (Tagesmittel und Tagesminima) in der Unterems bei Papenburg und Leerort im Jahr 2009. Die Balkenlänge gibt die Dauer und die Balkenhöhe die Baggermenge der einzelnen Kampagnenabschnitte an: braun = km 0-4, grau = km 4-6,8; gelb = km 6,8 -10,8 und hellblau = km 10,8-14,8, Überführungsdatum = rosa Linie.



**Abbildung A-5: Baggerkampagnen und Sauerstoffgehalte (Tagesmittel und Tagesminima) in der Unterems bei Papenburg und Leerort im Jahr 2010. Die Balkenlänge gibt die Dauer und die Balkenhöhe die Baggermenge der einzelnen Kampagnenabschnitte an: braun = km 0-4, grau = km 4-6,8; gelb = km 6,8 -10,8 und hellblau = km 10,8-14,8, Überführungsdatum = rosa Linie.**



**Abbildung A-6:** Baggerkampagnen und Sauerstoffgehalte (Tagesmittel und Tagesminima) in der Unterems bei Papenburg und Leerort im Jahr 2011. Die Balkenlänge gibt die Dauer und die Balkenhöhe die Baggermenge der einzelnen Kampagnenabschnitte an: braun = km 0-4, grau = km 4-6,8; gelb = km 6,8 -10,8 und hellblau = km 10,8-14,8, Überführungsdatum = rosa Linie.

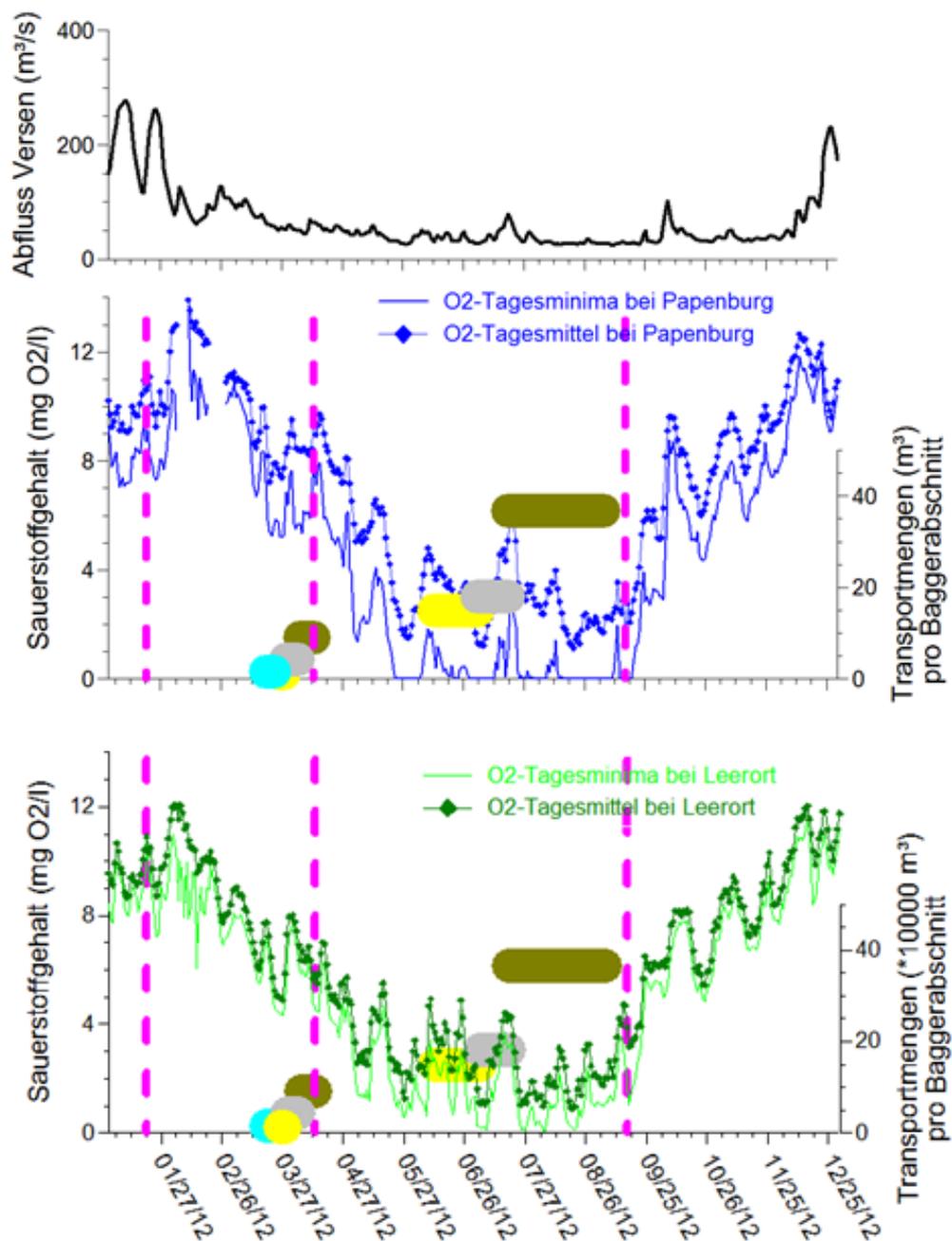


Abbildung A-7: Baggerkampagnen und Sauerstoffgehalte (Tagesmittel und Tagesminima) in der Unterems bei Papenburg und Leerort im Jahr 2012. Die Balkenlänge gibt die Dauer und die Balkenhöhe die Baggermenge der einzelnen Kampagnenabschnitte an: braun = km 0-4, grau = km 4-6,8; gelb = km 6,8 -10,8 und hellblau = km 10,8-14,8, Überführungsdatum = rosa Linie.

**Tabelle A-1**

BfG-1944

- Anhang -

	Gesamt- menge	Baggerabschnitte				Gesamt- Mittel
		km 0,0 - 4,0	km 4,0 - 6,8	km 6,8 - 10,8	km 10,8 - 14,8	
	1000*m <sup>3</sup>	braun	grau	gelb	blau	m <sup>3</sup> /s und mg O2/l
<b>2006 - Kampagne Januar - März</b>	422					
Q_mittel bei Versen (m <sup>3</sup> /s)		113.9	71.4	68.5	79.1	83.2
Papenburg (km 0.09)						
O2-Mittelwert (mg/l)		11.5	13.5	13.3	13.5	13.0
O2- gemittelte Minima (mg/l)		10.7	12.4	11.7	12.6	11.9
Leerort (km 15)						
O2-Mittelwert (mg/l)		9.9	10.3	10.3	10.6	10.3
O2- gemittelte Minima (mg/l)		8.6	9.2	9.3	9.4	9.1
<b>2007 - Kampagne Juni - August</b>	777					
Q_mittel bei Versen (m <sup>3</sup> /s)		81.4	50.7	70.0	49.5	62.9
Papenburg (km 0.09)						
O2-Mittelwert (mg/l)		5.5	3.6	5.1	2.1	4.1
O2- gemittelte Minima (mg/l)		2.2	0.4	2.2	0.0	1.2
Leerort (km 15)						
O2-Mittelwert (mg/l)		3.3	3.1	4.2	1.6	3.0
O2- gemittelte Minima (mg/l)		2.2	2.1	3.2	0.8	2.1
<b>2008 - Kampagne Januar - März</b>	228					
Q_mittel bei Versen (m <sup>3</sup> /s)		122.4	163.3	344.8		210.2
Papenburg (km 0.09)						
O2-Mittelwert (mg/l)		11.1	11.5	9.6		10.8
O2- gemittelte Minima (mg/l)		10.1	10.6	9.0		9.9
Leerort (km 15)						
O2-Mittelwert (mg/l)		11.3	11.6	10.1		11.0
O2- gemittelte Minima (mg/l)		10.6	10.1	9.3		10.0

	Gesamt- menge	Baggerabschnitte				Gesamt- Mittel
		km 0,0 - 4,0	km 4,0 - 6,8	km 6,8 - 10,8	km 10,8 - 14,8	
	1000*m <sup>3</sup>	braun	grau	gelb	blau	m <sup>3</sup> /s und mg O2/l
<b>2008 - Kampagne Juni - Juli</b>	714					
Q_mittel bei Versen (m <sup>3</sup> /s)		38.8	38.7	37.9	35.9	37.8
Papenburg (km 0.09)						
O2-Mittelwert (mg/l)		3.4	3.1	2.2	2.6	2.8
O2- gemittelte Minima (mg/l)		0.7	0.4	0.1	0.3	0.4
Leerort (km 15)						
O2-Mittelwert (mg/l)		3.6	5.1	4.0	3.9	4.2
O2- gemittelte Minima (mg/l)		2.5	3.8	2.7	2.8	3.0
<b>2009 - Kampagne Februar</b>	65					
Q_mittel bei Versen (m <sup>3</sup> /s)		90.7		53.8		72.3
Papenburg (km 0.09)						
O2-Mittelwert (mg/l)		11.6		12.2		11.9
O2- gemittelte Minima (mg/l)		10.0		11.1		10.5
Leerort (km 15)						
O2-Mittelwert (mg/l)		10.6		11.8		11.2
O2- gemittelte Minima (mg/l)		9.9		11.2		10.6
<b>2009 - Kampagne März - Juni</b>	914					
Q_mittel bei Versen (m <sup>3</sup> /s)		35.8	82.9	44.9	64.1	56.9
Papenburg (km 0.09)						
O2-Mittelwert (mg/l)		3.4	9.3	5.0	8.2	6.5
O2- gemittelte Minima (mg/l)		0.6	7.6	0.8	6.6	3.9
Leerort (km 15)						
O2-Mittelwert (mg/l)		3.1	9.0	3.6	6.3	5.5
O2- gemittelte Minima (mg/l)		1.9	7.1	2.2	5.4	4.1