

# **Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt**

## **Planfeststellungsunterlage nach Bundeswasserstraßengesetz**

### **Wasser / Oberirdische Gewässer - Wasserbeschaffenheit / Stoffhaushalt -**

#### **Unterlage H.2a**



Projektbüro Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe  
beim Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg  
Moorweidenstraße 14  
20148 Hamburg

---

**Auftraggeber:**

**Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes**

Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg

**Freie und Hansestadt Hamburg**

Hamburg Port Authority

---

#### **GUTACHTERGEMEINSCHAFT**

---



**IBL UMWELTPLANUNG GBR**



**INGENIEURGESELLSCHAFT MBH**

---

---

<b>Verfasser</b>	IBL UMWELTPLANUNG GBR	IMS INGENIEURGESELLSCHAFT MBH
Projektleitung:	Wolfgang Herr	Dr. Peter Ruland
Bearbeitung:	Jens-Uwe Gerdes Wolfgang Herr	Dr. Peter Ruland Jochen Stroebel
Techn. Arbeiten:	Till Martin Herr Robert Richter	
Redaktion:		
Projekt Nr.	633	9089
Datum:	07.02.2007	

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
<b>1 EINFÜHRUNG.....</b>	<b>1</b>
1.1 <b>Anlass und Aufgabenstellung .....</b>	<b>1</b>
1.2 <b>Allgemeine und methodische Grundlagen.....</b>	<b>1</b>
1.3 <b>Untersuchungsrahmen .....</b>	<b>2</b>
1.4 <b>Gebietsbezogenes Zielsystem .....</b>	<b>8</b>
1.5 <b>Vorhabensmerkmale und -wirkungen (Zusammenfassung).....</b>	<b>9</b>
1.5.1 Vorhabensmerkmale.....	9
1.5.1.1 Ausbaumaßnahmen.....	9
1.5.1.2 Begleitende Baumaßnahmen .....	10
1.5.1.3 Strombau- und Verbringungsmaßnahmen .....	10
1.5.2 Vorhabenswirkungen .....	11
<b>2 BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDS.....</b>	<b>14</b>
2.1 <b>Art und Umfang der Erhebungen .....</b>	<b>14</b>
2.2 <b>Bewertung der Datenbasis und Hinweise auf Kenntnislücken .....</b>	<b>14</b>
2.3 <b>Beschreibung des Ist-Zustands .....</b>	<b>15</b>
2.3.1 Grundlegende hydrologische Beschreibung des UG .....	16
2.3.1.1 Hauptstrom der Tideelbe .....	16
2.3.1.2 Nebenflüsse und Nebengewässer der Tideelbe.....	21
2.3.2 Schwebstoffregime .....	27
2.3.2.1 Charakteristika des Schwebstoffregimes im UG .....	27
2.3.2.2 Schwebstoffregime im Hauptstrom der Tideelbe.....	30
2.3.2.3 Schwebstoffregime in den Nebengewässern .....	42
2.3.2.4 Schwebstoffregime in den Nebenflüssen der Tideelbe .....	44
2.3.3 Salinität .....	50
2.3.3.1 Charakteristika der Salinität im UG.....	50
2.3.3.2 Salinität im Hauptstrom der Tideelbe.....	52
2.3.3.3 Salinität in den Nebengewässern .....	58
2.3.3.4 Salinität in den Nebenflüssen der Tideelbe .....	59
2.3.4 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt .....	64
2.3.4.1 Charakteristika des Sauerstoff- und Nährstoffhaushaltes im UG .....	64
2.3.4.2 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt im Hauptstrom der Tideelbe .....	68
2.3.4.3 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebengewässern .....	86
2.3.4.4 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebenflüssen der Tideelbe .....	89
2.3.5 Schadstoffe .....	96
2.4 <b>Planerischer Ist-Zustand .....</b>	<b>98</b>
2.5 <b>Bewertung des Ist-Zustands.....</b>	<b>100</b>

<b>3</b>	<b>BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DER UMWELTAUSWIRKUNGEN .....</b>	<b>108</b>
<b>3.1</b>	<b>Prognose der baubedingten Auswirkungen .....</b>	<b>108</b>
3.1.1	Schwebstoffregime .....	108
3.1.1.1	Baubedingte Auswirkungen in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe .....	110
3.1.1.2	Baubedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebeneiben .....	113
3.1.1.3	Baubedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebenflüssen der Tideelbe .....	113
3.1.2	Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt, Schadstoffgehalte .....	114
3.1.2.1	Baubedingte Auswirkungen in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe .....	114
3.1.2.2	Baubedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebeneiben .....	116
3.1.2.3	Baubedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebenflüssen der Tideelbe .....	117
<b>3.2</b>	<b>Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen .....</b>	<b>117</b>
3.2.1	Schwebstoffregime .....	117
3.2.1.1	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe .....	119
3.2.1.2	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebeneiben .....	122
3.2.1.3	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebenflüssen der Tideelbe .....	124
3.2.2	Salinität .....	125
3.2.2.1	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Salinität in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe .....	125
3.2.2.2	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Salinität in den Nebeneiben .....	129
3.2.2.3	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Salinität in den Nebenflüssen der Tideelbe .....	130
3.2.3	Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt .....	131
3.2.3.1	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe .....	142
3.2.3.2	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebeneiben .....	144
3.2.3.3	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebenflüssen .....	144
3.2.4	Schadstoffe .....	144
3.2.4.1	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe .....	146
3.2.4.2	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den Nebeneiben .....	147
3.2.4.3	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den Nebenflüssen der Tideelbe .....	148
3.2.5	Übersicht über die vorhabensbedingten Umweltauswirkungen .....	148

<b>4</b>	<b>LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>151</b>
<b>5</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>160</b>
<b>5.1</b>	<b>Abkürzungen .....</b>	<b>160</b>

### Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.2-1:	Schematisierte Vorgehensweise der UVU .....	2
Tabelle 1.3-1:	Gliederung der Tideelbe in (PÖUN 1997/IHF 1997) .....	5
Tabelle 1.3-2:	Längseinteilung der Tideelbe in fünf Wasserkörper (ARGE ELBE 2004a) .....	6
Tabelle 1.4-1:	Prinzipdarstellung des gebietsbezogenen Zielsystems .....	8
Tabelle 1.5-1:	Vorhabenswirkfaktoren .....	12
Tabelle 2.3-1:	Dimensionen einzelner 10 km-Abschnitte der Tideelbe .....	16
Tabelle 2.3-2:	Beschreibung des Wasserkörpers Elbe (Ost) - km 586,0 - 615,0 .....	18
Tabelle 2.3-3:	Beschreibung des Wasserkörpers Hafen - km 615,0 - 635,0 .....	19
Tabelle 2.3-4:	Beschreibung des Wasserkörpers Elbe (West) - km 635,0 - 654,9 .....	19
Tabelle 2.3-5:	Beschreibung des Wasserkörpers Übergangsgewässer - km 654,9 - 727,0 .....	20
Tabelle 2.3-6:	Beschreibung des Wasserkörpers Küstengewässer - km 727,0 - 746,3 .....	21
Tabelle 2.3-7:	UG-Abschnitte und Auflistung der Nebengewässer (ohne Nebenflüsse) in den Wasserkörpern der Tideelbe .....	22
Tabelle 2.3-8:	Hauptkennwerte der Nebenflüsse und Nebengewässer .....	26
Tabelle 2.3-9:	Mittelwerte aus Längsprofilmessungen oberflächennaher Schwebstoffkonzentrationen (abfiltrierbare Stoffe) in der Tideelbe 1980 - 2005 .....	32
Tabelle 2.3-10:	Daten aus den Längsprofilmessungen zu oberflächennahen Schwebstoffkonzentrationen (abfiltrierbare Stoffe) und elektrische Leitfähigkeit <sup>1</sup> 2005 .....	33
Tabelle 2.3-11:	Mittelwerte aus Längsprofilmessungen oberflächennaher Schwebstoffkonzentrationen (abfiltrierbare Stoffe) an den Messstellen Nordertill und Vogelsander Norderelbe .....	33
Tabelle 2.3-12:	Mittelwerte und 3. Quartil aus Längsprofilmessungen oberflächennaher Schwebstoffkonzentrationen (abfiltrierbare Stoffe) in Nebenelben und im Hauptstrom der Tideelbe .....	43
Tabelle 2.3-13:	Abfluss und Schwebstoffgehalte in der Stör 1998 bis 2004 .....	45
Tabelle 2.3-14:	Schwebstoffgehalte in der Krückau 1998 bis 2004 .....	46
Tabelle 2.3-15:	Abfluss und Schwebstoffgehalt in der Pinnau 1998 bis 2004 .....	46
Tabelle 2.3-16:	Abfluss und Schwebstoffgehalte in der Oste 1998 bis 2004 .....	47
Tabelle 2.3-17:	Abfluss und Schwebstoffgehalt in der Schwinge 1998 bis 2004 .....	48
Tabelle 2.3-18:	Abfluss und Schwebstoffgehalt in der Aue/Lühe 1998 bis 2004 .....	48
Tabelle 2.3-19:	Abfluss und Schwebstoffgehalte in Este, Seeve und Ilmenau (Zeitraum 1998 - 2004) .....	49
Tabelle 2.3-20:	Chloridgehalte (mg/l Cl) in der Tideelbe von 1998 bis 2004 .....	55
Tabelle 2.3-21:	Chloridgehalte im Hauptstrom sowie angrenzenden Nebengewässern der Tideelbe von 1998 bis 2004 .....	58
Tabelle 2.3-22:	Abfluss und Chloridgehalt in der Stör 1998 bis 2004 .....	59

Tabelle 2.3-23:	Chloridgehalt in der Krückau 1998 bis 2004 .....	60
Tabelle 2.3-24:	Abfluss und Chloridgehalt in der Pinnau 1998 bis 2004.....	60
Tabelle 2.3-25:	Abfluss und Chloridgehalt in der Oste 1998 bis 2004 .....	61
Tabelle 2.3-26:	Abfluss und Chloridgehalt in der Schwinge 1998 bis 2004 .....	62
Tabelle 2.3-27:	Abfluss und Chloridgehalt in der Lühe/Aue von 1998 bis 2004 .....	62
Tabelle 2.3-28:	Abfluss und Chloridgehalt in der Este 1998 bis 2004.....	63
Tabelle 2.3-29:	Abfluss und Chloridgehalt in der Seeve 1998 bis 2004.....	63
Tabelle 2.3-30:	Abfluss und Chloridgehalt in der Ilmenau 1998 bis 2004 .....	63
Tabelle 2.3-31:	Übersicht der Messstellen der ARGE ELBE in Wasserkörpern/Untersuchungsabschnitten der Tideelbe (km 586 - 756).....	68
Tabelle 2.3-32:	Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparametern sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Elbe (Ost), km 586,0 - 615,0.....	73
Tabelle 2.3-33:	Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Hafen (Norderelbe, km 615 - 635).....	76
Tabelle 2.3-34:	Minimum und erstes Quartil des Sauerstoffgehaltes (mg/l O <sub>2</sub> ) an fünf Messstellen der Tideelbe in den Jahren 1998 bis 2004 .....	76
Tabelle 2.3-35:	Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Elbe (West), km 635,0 - 654,9.....	80
Tabelle 2.3-36:	DOC (mg/l C) im Längsprofil der Tideelbe 2004 .....	81
Tabelle 2.3-37:	Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Übergangsgewässer, Teilbereich km 650 - 677 .....	83
Tabelle 2.3-38:	Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Übergangsgewässer, Teilbereich km 677 - 704 .....	83
Tabelle 2.3-39:	Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Übergangsgewässer, Teilbereich km 704 - 727).....	84
Tabelle 2.3-40:	Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Küstengewässer (km 727 - 756) .....	85
Tabelle 2.3-41:	Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der Schwebstoffkonzentration an den Messstellen Nordertill und Vogelsander Norderelbe.....	85
Tabelle 2.3-42:	Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der Schwebstoffkonzentration in Nebengelben (1998 - 2005).....	87
Tabelle 2.3-43:	Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoffparameter sowie der Schwebstoffkonzentration in Nebengewässern der unteren Tideelbe sowie im Hauptstrom (1998 - 2005).....	88
Tabelle 2.3-44:	Minima des Sauerstoffgehaltes in vier Nebengewässern der Tideelbe im Zeitraum 1998 bis 2005.....	89
Tabelle 2.3-45:	Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Stör 1998 bis 2004.....	90
Tabelle 2.3-46:	Sauerstoffgehalt und Schwebstoffgehalt in der Krückau von 1998 bis 2004 .....	90
Tabelle 2.3-47:	Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Pinnau 1998 bis 2004 .....	91
Tabelle 2.3-48:	Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Oste 1998 bis 2004.....	92

Tabelle 2.3-49:	Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Schwinge von 1998 bis 2004 .....	93
Tabelle 2.3-50:	Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Lühe von 1998 bis 2004 .....	93
Tabelle 2.3-51:	Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Este von 1998 bis 2004 .....	94
Tabelle 2.3-52:	Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Seeve von 1998 bis 2004 .....	94
Tabelle 2.3-53:	Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Ilmenau von 1998 bis 2004 .....	95
Tabelle 2.3-54:	90 %-Werte von Schwermetallen für die Jahre 1998 bis 2004 an der Messstation Seemannshöft (Strom-km 628,9) .....	97
Tabelle 2.3-55:	90 %-Werte von Schwermetallen für die Jahre 1998 bis 2004 an der Messstation Cuxhaven (Strom-km 725,2) .....	97
Tabelle 2.5-1:	Bewertungsrahmen Sauerstoffhaushalt .....	106
Tabelle 2.5-2:	Bewertungsrahmen Nährstoffhaushalt .....	106
Tabelle 2.5-3:	Bewertungsrahmen Schadstoffe .....	107
Tabelle 2.5-4:	Bewertung Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt.....	107
Tabelle 3.2-1:	Ausbaubedingte Änderungen der mittleren Salzgehalte im Wasserkörper Übergangsgewässer (vgl. Unterlage H.1a) .....	128
Tabelle 3.2-2:	Ausbaubedingte Änderungen der Salzgehalte im Wasserkörper Küstengewässer (Unterlage H.1a) .....	129
Tabelle 3.2-3:	Ausbaubedingte Änderungen der Salzgehalte in der Mündung der Nebenflüsse (Unterlage H.1a) .....	130
Tabelle 3.2-4:	Vorhabensbedingte Veränderung des Verhältnisses von Wasseroberfläche und Wasservolumen im Bereich von Fahrrinnenkilometer 635 bis 639 .....	136
Tabelle 3.2-5:	Prognose der zukünftigen Baggermengen in den zu unterhaltenden Abschnitten (Unterlage H.1c) .....	141
Tabelle 3.2-6:	Übersicht über die vorhabensbedingten Auswirkungen auf Wasserbeschaffenheit / den Stoffhaushalt.....	149

### Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.3-1:	Längseinteilung der Tideelbe in fünf Wasserkörper (ARGE ELBE 2004a) .....	6
Abbildung 1.5-1:	Übersicht der Vorhabensmerkmale .....	9
Abbildung 2.3-1:	Längsprofilmessstellen der ARGE ELBE in der Tideelbe (aus ARGE ELBE 2005a) .....	31
Abbildung 2.3-2:	Alle Schwebstoff-Längsprofile der Tideelbe 1979-2003 (aus Bergemann 2004).....	34
Abbildung 2.3-3:	Abschätzung des Schwebstoffinventars der Tideelbe in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss auf der Basis der Längsprofilmessungen von 1979 bis 1994 (aus Bergemann 2004).....	38
Abbildung 2.3-4:	Verlagerung der oberen Brackwassergrenze in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss (gewichtetes 3-Wochen-Mittel; aus ARGE ELBE 2005c) .....	56
Abbildung 2.3-5:	Verlagerung der oberen Brackwassergrenze (1h vor Tnw) bei niedrigen Oberwasserabflüssen 1953 - 2004 (aus ARGE ELBE 2005c).....	57

Abbildung 2.3-6:	Sauerstoffgehalte (Tagesminima) bei Seemannshöft (km 628,8) 1982 - 2003 (aus ARGE ELBE 2004c), hervorgehoben („Gefahr von Fischsterben“) ist die 3 mg/l-Linie .....	65
Abbildung 2.3-7:	Sauerstoff-Längsprofile der Tideelbe am 1. Juli 2003 und 18. Juli 1985 (aus ARGE ELBE 2004b) .....	66
Abbildung 2.3-8:	Baggermengen der WSA Hamburg und Cuxhaven (Unterhaltung, Teilmaßnahmen, Fahrrinnenausbau) .....	70
Abbildung 2.3-9:	Querprofile, Messstationen und Hauptmessstellen im Verlauf der Tideelbe (ARGE ELBE 2005a) .....	71
Abbildung 2.3-10:	Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle Bunt- haus (km 609,8) 1998 - 2004 (ARGE ELBE) .....	72
Abbildung 2.3-11:	Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle See- mannshöft (km 628,8) 1998 - 2004 (ARGE ELBE) .....	74
Abbildung 2.3-12:	Sommerliche Längsprofile des Ammoniumgehalts in der Tideelbe aus der Zeit vor (1982, 1984, 1989) und nach (1998) der Wiedervereinigung (AR- GE ELBE 2005c) .....	75
Abbildung 2.3-13:	Längsprofil der Tideelbe im Sommerhalbjahr (02.06.2004, aus Internetgale- rie ARGE ELBE 2005c) .....	78
Abbildung 2.3-14:	Längsprofil der Tideelbe im Winterhalbjahr (15.2.2005, aus Internetgale- rie ARGE ELBE 2005c) .....	79
Abbildung 2.3-15:	Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle Graue- rort (km 660,5) 1998 - 2004 (ARGE ELBE) .....	82
Abbildung 2.5-1:	Bewertung der Qualitätskomponenten und Gesamtbewertung für die Was- serkörper der Tideelbe (km 586,5 bis 727) gem. WRRL (aus ARGE ELBE 2004a) .....	103
Abbildung 3.2-1:	Abschätzung des Einflusses verschiedener Maßnahmen auf den Sauerstoff- haushalt der Tideelbe im Sommer .....	133

## **1 EINFÜHRUNG**

### **1.1 Anlass und Aufgabenstellung**

Vor dem Hintergrund der zu beobachtenden Größenentwicklung weltweit verkehrender Containerschiffe und der damit verbundenen Zunahmen der Maximaltiefgänge wird von der Freien und Hansestadt Hamburg, vertreten durch Hamburg Port Authority (HPA), und dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), vertreten durch das Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg, eine Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Belange der Containerschifffahrt geplant.

Das vorliegende Teilgutachten zum „Schutzgut Wasser - oberirdische Gewässer; Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt“ (nachfolgend verkürzt benannt: „Teilschutzgut Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt“), ist Bestandteil der Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) zum genannten Vorhaben. Es umfasst die Beschreibung und Bewertung des Bestandes Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt sowie die Prognose der zu erwartenden unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen des Vorhabens auf dieses (Teil-)Schutzgut.

Weitere Aspekte des Schutzgutes Wasser, Oberirdische Gewässer werden an anderer Stelle in den Antragsunterlagen behandelt. Hydrologie und Morphologie werden durch die Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg (BAW) bearbeitet und in separaten Teilgutachten dargestellt (Unterlagen H.1a - H.1f). Schadstoffgehalte und -freisetzung in/aus Sedimenten und Baggergut werden durch das Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg (IfB) bearbeitet und ebenfalls in einem separaten Teilgutachten dargestellt (Unterlage H.2b).

### **1.2 Allgemeine und methodische Grundlagen**

Die Vorgehensweise in der UVU bzw. dem vorliegenden Gutachten zum Schutzgut Wasser, oberirdische Gewässer, ist in Tabelle 1.2-1 schematisch dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Methodik erfolgt in Kapitel 1 der Unterlage E (Zusammenfassender UVU-Bericht).

**Tabelle 1.2-1: Schematisierte Vorgehensweise der UVU**

Vorgehensweise	Ergebnis	Erläuterung
Beobachtung/Datenauswertung	Beschreibung des Ist-Zustands	Derzeitiger Zustand der Schutzgüter*
Entwicklung eines gebietsbezogenen Zielsystems	Bewertung des Ist-Zustands	Ausmaß der Abweichungen des Ist-Zustands von dem Zustand, der anhand der zielorientierten Vorgaben beschrieben wird
Prognose bei Nicht-Realisierung des Vorhabens** (Nullvariante)	Beschreibung der zu erwartenden Entwicklung ohne Realisierung des Vorhabens	Jede nicht vorhabensbedingte Veränderung der Schutzgüter innerhalb des Prognosezeitraumes von 10 Jahren.
Prognose bei Durchführung des Vorhabens	Beschreibung von zu erwartenden mess- und beobachtbaren Wirkungen und Auswirkungen (direkte und indirekte)	Jede mess- und beobachtbare vorhabensbedingte Veränderung der Schutzgüter innerhalb des Prognosezeitraumes von 10 Jahren.
Bewertung	a) positive Auswirkung	Jede vorhabensbedingte Veränderung der Schutzgüter, die dem gebietsbezogenen Zielsystem entspricht
	b) negative Auswirkung	Jede vorhabensbedingte Veränderung der Schutzgüter, die dem gebietsbezogenen Zielsystem zuwiderläuft.
Betrachtung der Erheblichkeit	a) unerhebliche negative Auswirkung	Jede dem gebietsbezogenen Zielsystem zuwiderlaufende Veränderung, die innerhalb eines tolerablen Rahmens*** bleibt.
	b) erhebliche negative Auswirkung = erhebliche Beeinträchtigung i.S.d. Eingriffsregelung	Jede dem gebietsbezogenen Zielsystem zuwiderlaufende Veränderung, die innerhalb eines tolerablen Rahmens*** bleibt.
Betrachtung von Vermeidung und Verminderung erheblicher Beeinträchtigungen (entsprechend der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung)	a) vermeidbare bzw. verminderbare erheblich negative Auswirkung = vermeidbare bzw. verminderbare erhebliche Beeinträchtigung i.S.d. Eingriffsregelung	Jede erhebliche vorhabensbedingte Veränderung der Schutzgüter, die durch bestimmte Maßnahmen vermindert bzw. vermieden werden kann.
	b) unvermeidbare bzw. nicht zu vermindernde erheblich negative Auswirkung = erhebliche Beeinträchtigung = Eingriff i.S.d. Eingriffsregelung	Jede erhebliche vorhabensbedingte Veränderung der Schutzgüter, die unvermeidbar bzw. nicht vermindernbar ist.
Kompensation (Ausgleich und Ersatz entsprechend der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung)	a) ausgleichbare oder ersetzbare erheblich negative Auswirkung = ausgleichbarer / ersetzbarer Eingriff i.S.d. Eingriffsregelung	Jede dem gebietsbezogenen Zielsystem zuwiderlaufende unvermeidbare bzw. nicht zu vermindernde Veränderung, die kompensierbar ist.
	b) nicht ausgleichbare oder ersetzbare negative Auswirkung = nicht ausgleichbarer / ersetzbarer Eingriff i.S.d. Eingriffsregelung (Ausgleich steht vor Ersatz)	Jede dem gebietsbezogenen Zielsystem zuwiderlaufende unvermeidbare bzw. nicht vermindernbare Veränderung, die nicht kompensierbar ist.
Bilanzierung	Zusammenfassende Bilanz von Auswirkungen und Beeinträchtigungen sowie Hinweise zur Kompensation	Übersicht über positive und negative Auswirkungen sowie Hinweise zu Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen

Erläuterungen:

\* Im Falle von Schutzgütern, deren kennzeichnende Parameter eine große zeitliche Variabilität aufweisen, ist die Beschreibung des Ist-Zustands nur durch eine Zeitreihe möglich.

\*\* Eine schutzgutübergreifende Prognose der Nullvariante erfolgt im Zusammenfassenden UVU-Bericht (Unterlage E).

\*\*\* Die Definition des tolerablen Rahmens („Grad der Erheblichkeit“) erfolgt ebenfalls in Unterlage E.

Weiterhin erfolgt eine Darstellung von sonstigen Vermeidungs-, Verminderungs- und Schutzmaßnahmen für unerhebliche Beeinträchtigungen gemäß BNatSchG in Unterlage E.

### 1.3 Untersuchungsrahmen

Der von den Planfeststellungsbehörden festgelegte Untersuchungsrahmen (WSD Nord & BWA 2005) regelt in mehreren Abschnitten die Bearbeitung des Teilschutzgutes Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt.

Grundsätzlich wird, unter Bezugnahme auf „vorangegangene Ausbaumaßnahmen“ darauf hingewiesen (WSD Nord & BWA 2005, Abschnitt D.3), dass der Zustand zu ermitteln und zu beschreiben ist, „...der unmittelbar vor Beginn der Vorhabensverwirklichung gegeben sein wird, d.h. es ist der aktuelle Ist-Zustand zu ermitteln. In diesem Ist-Zustand sind die bereits realisierten Vorhaben enthalten. Entscheidend für die Bestimmung der Umweltauswirkungen des geplanten Vorhabens ist deshalb der Zustand, der sich unmittelbar vor Beginn der Vorhabensverwirklichung eingestellt hat.“ Lediglich dann, wenn „...zukünftig wirtschaftliche, verkehrliche, technische und sonstige Entwicklungen zu erwarten“ sind, ist der „...vorhersehbare Zustand, wie er sich bis zur Vorhabensverwirklichung darstellen wird, zu beschreiben“.

### Untersuchungsumfang

Der Untersuchungsumfang für das Schutzgut Wasser, Oberirdische Gewässer, Teil-schutzgut „Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt“, wird in Abschnitt 3.1.1 des Untersuchungsrahmens wie folgt festgelegt:

*„Ist-Zustand Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt (Schwebstoffregime und gelöste Stoffe):*

- Auswertung vorhandener Literatur und Daten
- Darstellung des bisherigen Wissensstandes über das Schwebstoffregime und den Gehalt von Sauerstoff, Nährstoff, Salz und Schadstoffen
- ggf. ergänzende Messungen
- Bewertung.

*Prognose Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt (Schwebstoffregime und gelöste Stoffe): Auswirkungen während der Bauzeit:*

- Auswirkungen der Ausbaubaggerungen
- Auswirkungen der Unterbringung des Baggerguts
- Bewertung.

*Prognose Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt (Schwebstoffregime und gelöste Stoffe): Langfristige Auswirkungen:*

- Auswirkungen infolge veränderter Gewässergeometrie (Fahrrinntiefen und -breiten)
- Auswirkungen infolge ausbaubedingter Änderungen hydrodynamischer Parameter
- Auswirkungen infolge der Änderung der Unterhaltungsbaggerei
- Bewertung.

*Die langfristigen ausbaubedingten Auswirkungen auf das Schwebstoffregime und den Gehalt an gelösten Stoffen sind abzuschätzen. Veränderungen im Schlickfall durch ausbaubedingte Verschiebung der Brackwasserzone sind zu ermitteln“.*

Diesen Vorgaben des Untersuchungsrahmens wird gefolgt.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Es sei darauf hingewiesen, dass die Gesamtheit der Leitparameter (inkl. der bei dem Schutzgut Tiere untersuchten Gruppen sowie den Untersuchungsparametern in der Unterlagen H.1a - H.1f) weitgehend mit den in Anhang V der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000) benutzten Parametern zur Einstufung

### Schutzgutspezifisches Untersuchungsgebiet

In Abschnitt 1 des Untersuchungsrahmens (WSD Nord & BWA 2005) werden folgende Festlegungen zum Untersuchungsgebiet getroffen:

*„Das Untersuchungsgebiet (s. beigefügten Übersichtsplan) entspricht der Darstellung in der Scoping-Unterlage. Es umfasst den Raum, in dem direkte oder indirekte Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung auf die Schutzgüter erwartet werden. Das engere Untersuchungsgebiet beinhaltet den Raum, in dem der direkte Eingriff stattfindet, d.h. diejenigen Flächen, auf denen Ausbaubaggerungen und Baggergutablagerungen vorgesehen sind. Weiterhin sind darüber hinaus aber auch jene Gebiete zu betrachten, in denen durch indirekte (hydrologische) Auswirkungen, also z. B. ausbaubedingten Wasserstands- und/oder Strömungsänderungen, mit signifikanten Folgewirkungen auf die Schutzgüter zu rechnen ist. Dies hat zur Folge, dass im Rahmen der UVU grundsätzlich das Gebiet der Tideelbe von der seeseitigen Ausbaugrenze in der Außenelbe bei Scharhörn (km 756, Tonne 7) bis zum Wehr Geesthacht (km 586), das bei mittleren Tideverhältnissen die stromaufwärtige Tidegrenze bildet, zu betrachten ist. Seitlich begrenzt wird das Untersuchungsgebiet in der Regel durch die Deichlinie.*

*Darüber hinaus umfasst das Untersuchungsgebiet auch die tidebeeinflussten Nebenflüsse und Nebengewässer der Tideelbe. Hier finden zwar keine Baumaßnahmen statt, gleichwohl können aber Beeinflussungen der örtlichen Umweltbedingungen durch ausbaubedingte Änderungen der hydrologischen Verhältnisse in der Tideelbe nicht ausgeschlossen werden. Bei den zum Untersuchungsraum zählenden Nebenflüssen und Nebengewässern handelt es sich namentlich um:*

*Stör, Krückau, Pinnau, Wedeler Au / Hetlinger Binnenelbe, Flottbek, Oste, Freiburger Hafenriel, Wischhafener Süderelbe, Ruthenstrom, Grauensieker Schleusenfleth/Krautsander Binnenelbe, Barnkruger Loch, Bützflether Süderelbe, Schwinge, Lühe, Este, Seeve, Illmenau, Luhe.“*

Diesen Vorgaben des Untersuchungsrahmens wird gefolgt. Das Untersuchungsgebiet (UG) erstreckt sich somit über etwa 170 km (semi-)aquatischen Bereich der Tideelbe. Seitliche Begrenzung des schutzgutspezifischen Untersuchungsgebietes ist die Mittlere MThw-Linie die das UG vom terrestrischen Bereich abgrenzt. Die (Klein-)Gewässer im Außendeichsland werden mit behandelt, sofern mess- und beobachtbare Auswirkungen („signifikante Folgewirkungen“ gem. WSD Nord & BWA 2005) zu erwarten sind.

Den Untersuchungen zur vorangegangenen Fahrrinnenanpassung (PÖUN 1997, IHF 1997) lag eine siebenteilige Gliederung des UG zugrunde, die anhand der Kriterien Morphologie und Salinität vorgenommen wurde. Da auf diese Gliederung in diesem Teilgutachten teils Bezug genommen wird, gibt Tabelle 1.3-1 eine Übersicht.

---

des ökologischen Zustands von Übergangsgewässern und Küstengewässern (WRRL-Anhang V 1.14, 1.2.4) übereinstimmt.

**Tabelle 1.3-1: Gliederung der Tideelbe in (PÖUN 1997/IHF 1997)**

Unter-suchungs-abschnitt	Lage	km	Abschnittslänge (km)
I	Obere Tideelbe Wehr Geesthacht bis Bunthäuser Spitze	586 - 610	24
II	Hamburger Stromspaltungsgebiet Bunthäuser Spitze bis Nienstedten	610 - 632	22
III	Mittlere Tideelbe Nienstedten bis Lühesand (Nord)	632 - 650	18
IV	Mittlere Tideelbe Lühesand (Nord) bis uh Glückstadt/oh Störmündung	650 - 677	27
V	Untere Tideelbe uh Glückstadt/ oh Störmündung bis Ostemündung	677 - 704	27
VI	Untere Tideelbe Ostemündung bis Cuxhaven	704 - 727	23
VII	Außenelbe Cuxhaven Kugelbake bis UG-Grenze (etwa Scharhörn)	727 - 748	21
<b>Gesamt</b>	<b>Wehr Geesthacht bis ca. Scharhörn</b>	<b>586 - 748</b>	<b>162</b>

Bei der Bearbeitung des Teilschutzgutes Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt sind allerdings die aktuellen Entwicklungen im Gewässerschutz und hierbei insbesondere die Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000) zu beachten. Daher wird in diesem Teilgutachten, den Festlegungen in den Berichten zur Umsetzung der WRRL (ARGE ELBE/WGE 2004a) folgend, eine Einteilung der Tideelbe nach sog. Wasserkörpern<sup>2</sup> verwendet. Diese Einteilung gliedert das UG in eine Abfolge von fünf Wasserkörpern: drei limnisch geprägten Abschnitten, einen Übergangsgewässer- und einen Küstengewässerabschnitt (Tabelle 1.3-2, Abbildung 1.3-1). Die Zuordnung der Untersuchungsabschnitte der vorangegangenen UVU zu den Wasserkörpern gemäß WRRL wird nachfolgend erläutert:

Der Abschnitt I (Obere Tideelbe) aus PÖUN (1997) wird mit einem fünf Stromkilometer umfassenden Anteil des Abschnittes II (Hamburger Stromspaltungsgebiet) zum Wasserkörper Elbe (Ost) zusammengefasst.

Der übrige Teil des Abschnitts II ist deckungsgleich mit dem Wasserkörper „Hafen“ gemäß WRRL.

Abschnitt III (Mittlere Tideelbe: Nienstedten bis Lühesand Nord) ist überwiegend dem Wasserkörper „Elbe (West)“ zuzuordnen.

Die Abschnitte IV, V und VI (Mittlere Tideelbe: Lühesand Nord bis Glückstadt u. Untere Tideelbe) werden gemäß WRRL zu dem Wasserkörper „Übergangsgewässer“ zusammengefasst<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Ein „(Oberflächen)Wasserkörper“ i.S.v. Art. 2 (10) WRRL ist ein „*einheitlicher und bedeutender Abschnitt eines Oberflächengewässers*“, mithin also ein hinsichtlich seiner physikochemischen und morphologischen Beschaffenheit homogener Gewässerabschnitt. Wasserkörper können zu Wasserkörpergruppen zusammengefasst werden.

<sup>3</sup> Der Wasserkörper „Übergangsgewässer“ wurde in ARGE ELBE (2002) noch abweichend festgelegt.

Der Abschnitt VII (Außenelbe) entspricht weitgehend dem Wasserkörper „Küstengewässer“. Der Wasserkörper „Küstengewässer“ reicht jedoch nur bis km 746,3, d. h. der Abschnitt des UG von km 746,3 bis km 756 wird durch die WRRL nicht mehr erfasst.

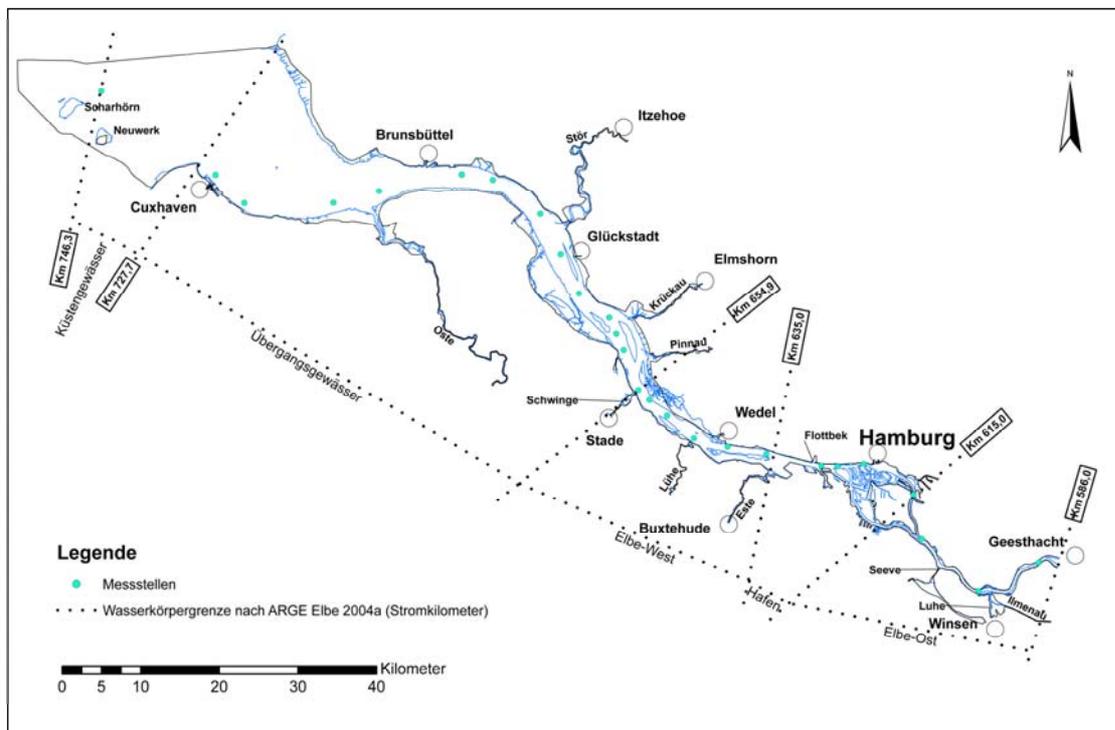
**Tabelle 1.3-2: Längseinteilung der Tideelbe in fünf Wasserkörper (ARGE ELBE 2004a)**

Lage	Strom-km	Abschnittslänge (km)	Wasserkörper (ARGE ELBE 2004)	Fließgewässertypisierung (Pottgiesser et al. 2004)
Wehr Geesthacht bis Müggenberger Schleuse/ Harburger Eisenbahnbrücke	586,0 - 615,0	29,0	Elbe (Ost)	Typ 20 - Strom des Tieflandes (limnisch)
bis Mühlenberger Loch	615,0 - 635,0	20,0	Hafen	
bis Schwinge-Mündung	635,0 - 654,9	19,9	Elbe (West)	Typ 22 - Marschgewässer (limnisch)
bis Grauerort <sup>1)</sup>	635,0 - 660,5			
bis Kugelbake	654,9 - 727,0	72,1	Übergangsgewässer	Typ T1 - Übergangsgewässer (brackig)
bis Scharhörn	727,0 - 746,3	19,3	Küstengewässer <sup>2)</sup>	Küstengewässer (marin)
<b>Gesamt</b>	<b>586,0 - 746,3</b>	<b>ca. 160</b>	<b>Tideelbe</b>	-

Erläuterungen:

<sup>1)</sup> Nicht mehr aktuelle Abgrenzung nach ARGE ELBE 2002.

<sup>2)</sup> Im Küstengewässer der FGE (Flussgebietseinheit) Elbe kommen 3 der 5 Gewässertypen der Ökoregion Nordsee vor. LANU Schleswig-Holstein (2004) gibt eine differenzierte Betrachtung des Wasserkörpers Küstengewässer mit Unterscheidung mehrerer „Nordseetypen“. Relevant sind hier lediglich zwei Typen (Tabelle 2.3-6).



**Abbildung 1.3-1: Längseinteilung der Tideelbe in fünf Wasserkörper (ARGE ELBE 2004a)**

Gemäß Untersuchungsrahmen gehören auch die tidebeeinflussten Nebenflüsse und Nebengewässer zum Untersuchungsgebiet. Bei den Nebenflüssen handelt es sich definitionsgemäß um Flüsse zweiter Ordnung, die in diesem Fall in die Tideelbe münden. Zu den Nebengewässern zählen insbesondere die aus ehemaligen Seitenarmen

der Elbe hervorgegangenen sogenannten Nebenelben sowie kleinere, tideoffene Gewässer (Bäche, Priele u. ä.). Nachfolgend werden die Nebenflüsse und Nebengewässer in Wasserkörper(gruppen) eingeteilt und den Fließgewässertypen (Pottgiesser et al. 2004) zugeordnet (Tabelle 1.3-2). Die Gewässer sind nach ihrer Lage linksseitig bzw. rechtsseitig der Elbe und nachfolgend stromaufwärts gehend gelistet. Eingestellt sind nur die tidebeeinflussten Unterläufe.

**Tabelle 1.3-3: Zuordnung der „Nebenflüsse und Nebengewässer“ gem. WRRL**

Gewässer, Lage	Teileinzugsgebiet u. Wasserkörper(gruppe) <sup>1), 2)</sup>	Fließgewässertypisierung (Pottgiesser et al. 2004)
<b>Rechtsseitig der Tideelbe</b>		
Stör	Teg 5 Stör, Wkg bk_6	Typ 22 - Marschengewässer
Krückkau	Teg 6 Bille/Krückkau, Wkg kr_11	Typ 22 - Marschengewässer
Pinnau	Teg 6 Bille/Krückkau, Wkg pi_5	Typ 22 - Marschengewässer
Wedeler Au	Teg 6 Bille/Krückkau, Wkg pi_15	Typ 14 - Sandgeprägter Tieflandbach
Hetlinger Binnenelbe	Teg 6 Bille/Krückkau, Wkg pi_14	Typ 22 - Marschengewässer (künstlich)
Flottbek	el_4 Flottbek	Typ 16 - Kiesgeprägter Tieflandbach
<b>Linksseitig der Tideelbe</b>		
Oste	Tideoffene Gewässer der Marschen (rechts der Oste)/ Übergangsgewässer (Elbe)	Typ 22.2 - Flüsse der Marschen 1 Typ 15 - Sand- u. lehmgeprägte Tieflandflüsse
Freiburger Hafenpriel	Tideoffene Gewässer der Marschen (rechts der Oste)/ Übergangsgewässer (Elbe)	Typ 22.1 - Gewässer der Marschen
Wischhafener Süderelbe	Tideoffene Gewässer der Marschen (rechts der Oste)	Typ 22.1 - Gewässer der Marschen
Ruthenstrom	Tideoffene Gewässer der Marschen (rechts der Oste)	Typ 22.1 - Gewässer der Marschen
Gauensieker Schleusenfleth/Krautsander Binnenelbe	Tideoffene Gewässer der Marschen (rechts der Oste)	Typ 22.1 - Gewässer der Marschen
Barnkruger Loch	Tideoffene Gewässer der Marschen (rechts der Oste)	Typ 22.1 - Gewässer der Marschen
Bützflether Süderelbe	Tideoffene Gewässer der Marschen (rechts der Oste)	Typ 22.1 - Gewässer der Marschen
Schwinge	29004 Este, Lühe, Schwinge, tidebeeinflusst	Typ 22.1 - Gewässer der Marschen
Lühe	29004 Este, Lühe, Schwinge, tidebeeinflusst	Typ 22.2 - Flüsse der Marschen 1
Este	29004 Este, Lühe, Schwinge, tidebeeinflusst	Typ 22.2 - Flüsse der Marschen 1
Seeve	29005 Seeve Unterlauf	Typ 22.2 - Flüsse der Marschen 1
Ilmenau	28012 Ilmenau, Olderhausen - Mündung	Typ 22.2 - Flüsse der Marschen 1
Luhe	28016 Luhe (Unterlauf)	Typ 15 - sand- u. lehmgeprägte Tieflandflüsse

Erläuterungen:

<sup>1)</sup> soweit im UG befindlich

<sup>2)</sup> Die WRRL bezieht sich auf Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet > 10 km<sup>2</sup>. Daraus ergibt sich das sog. „reduzierte Gewässernetz“. Die Informationen in der Tab. wurden den B- u. C-Berichten der Bundesländer Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein entnommen (Quelle: <http://www.wasserblick.net>).

## 1.4 Gebietsbezogenes Zielsystem

Die Bewertung der naturschutzfachlichen Bedeutung von erhobenen Bestandsdaten sowie die Bewertung von Konflikten und Beeinträchtigungen der Schutzgüter durch das Vorhaben erfolgt anhand der Leitbildmethode (vgl. Kapitel 1 der Unterlage E, zusammenfassender UVU-Bericht). Das Prinzip des gebietsbezogenen Zielsystems ist in Tabelle 1.4-1 dargestellt.

**Tabelle 1.4-1: Prinzipdarstellung des gebietsbezogenen Zielsystems**

Ebene (Kap.)	Art des Ziels		Quellen	Raumbezug	Schutzgutspezifisch?
1. Ebene (Unterlage E, Kapitel 1.4.2)	Oberzielebene: Ziele und Grundsätze der Umweltvorsorge als übergeordnetes Leitbild		§ 1 BNatSchG	Keiner	Nein
2. Ebene (Unterlage E, Kapitel 1.4.3)	Zwischenzielebene Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege, die das Oberziel auf der Ebene des Untersuchungsgebietes konkretisieren		Fachgesetzliche und untergesetzliche Vorgaben, in Potenzialanalyse der BfG (2002) dargelegt	Untersuchungsgebiet insgesamt als Teil des Naturraums Unterelbe und des Elbe-Ästuars	Nein, schutzgutübergreifend
3a. Ebene (Unterlage E, Kapitel 1.4.4)	Unterzielebene: Schutzgutspezifische Ziele		Wie 2. Ebene, weiter konkretisiert	Schutzgutspezifische Untersuchungsgebiete, Raumbezug ergibt sich aus dem UR	Ja
3b. Ebene (Unterlage E, Kapitel 1.4.4)	Umweltziele nach Stand des Wissens (Ebene 3a) und den laufenden Untersuchungen. Anhand von Leitparametern und Umweltzielen werden für jedes Schutzgut/Teilschutzgut aus der Sicht der Naturschutzes und der Landschaftspflege Soll-Zustände beschrieben. Die Mess- oder Beobachtungsergebnisse des Ist-Zustandes können mit dem Soll-Zustand verglichen und bewertet werden. Entwicklung eines schutzgutspezifischen 5-stufigen Bewertungsrahmens (Optimum: Wertstufe 5, Pessimum: Wertstufe 1)				

Erläuterung: Der Begriff „Umweltziel“ wird an Stelle des Begriffpaares „Umweltqualitätsziel (UQZ)“ und „Umweltqualitätsstandard (UQS)“ verwendet, weil nicht für jedes Schutzgut gleichermaßen eine sinnvolle Differenzierung zwischen UQZ und UQS möglich ist.

Die im zusammenfassenden UVU-Bericht (Unterlage E, Kapitel 1) genannten Zielvorstellungen der Ebenen 1-3a bilden die Grundlage des in Kapitel 2.5 dargestellten Bewertungsrahmens, der zur Beurteilung des Teilschutzguts Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt oberirdischer Gewässer angewandt wird.

## 1.5 Vorhabensmerkmale und -wirkungen (Zusammenfassung)

### 1.5.1 Vorhabensmerkmale

Das Vorhaben wird in der Planfeststellungsunterlage B.2 (Vorhabensbeschreibung) ausführlich beschrieben. Die Auswertung der Vorhabensbeschreibung im Hinblick auf die Umweltrelevanz der beabsichtigten Maßnahmen (vgl. Abbildung 1.5-1) ist dem zusammenfassenden UVU-Bericht (Unterlage E, Kapitel 1) zu entnehmen.

Zusammengefasst besteht das zur Planfeststellung beantragte Vorhaben aus:

1. Ausbaumaßnahmen,
2. begleitenden Baumaßnahmen und
3. Strombau- und Verbringungsmaßnahmen.

Kompensationsmaßnahmen sind Teil des Landschaftspflegerischen Begleitplans (Planfeststellungsunterlage Teil G). Zukünftige Unterhaltung und zukünftiger Schiffsverkehr als ausbauinduzierte Folgen und Entwicklungen sind Teil der weiteren, betriebsbedingten Vorhabenswirkungen.

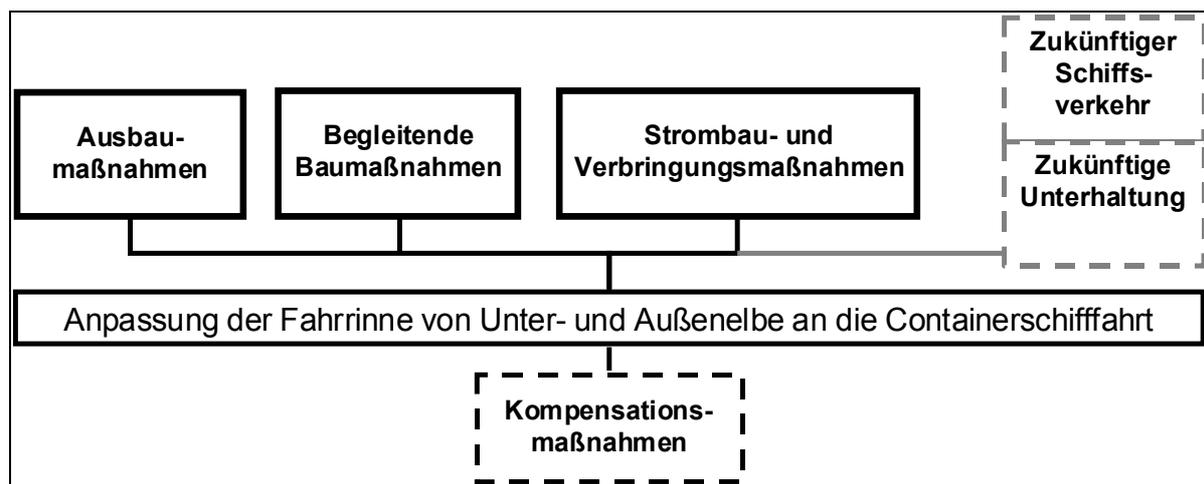


Abbildung 1.5-1: Übersicht der Vorhabensmerkmale

#### 1.5.1.1 Ausbaumaßnahmen

Die Ausbaumaßnahmen zur Anpassung der vorhandenen Fahrrinne an die Schiffgrößenentwicklung in der Containerschifffahrt umfassen die drei Teilausbaumaßnahmen:

- Fahrrinnenausbau (Vertiefung und Verbreiterung): Innerhalb der 136 km langen Ausbaustrecke (km 755,3 bis km 619,5) wird die vorhandene Fahrrinne vertieft und ab Störkurve (km 680) bis oberhalb in den Hamburger Hafen streckenweise verbreitert.
- Herstellung der Begegnungsstrecke: Zwischen km 644 (Ausgang Lühekurve, Bundesstrecke) und km 636 (Blankenese, Delegationsstrecke) wird die Fahrrinne als Begegnungsstrecke für den Schiffsverkehr nach Süden aufgeweitet.

- Vertiefung von Hafenzufahrten: Park- und Waltershofer Hafen sowie Vorhafen (Hamburger Delegationsstrecke) in Anpassung an die beantragte Solltiefe der Fahrrinne.

Rechnerisch wird eine Sedimentmenge von ca. 33,4 Mio. m<sup>3</sup> (bezogen auf das Profilmaß) ausgebaggert. Insgesamt ergibt sich durch Auflockerung des Sediments beim Baggervorgang eine unterzubringende Baggermenge von rund 38,5 Mio. m<sup>3</sup> (Schutenmaß). Bei den Mengenangaben sind Baggertoleranz bzw. Vorhaltemaß<sup>4</sup> und Breitenüberbaggerung<sup>5</sup> sowie die Herstellung des Warteplatzes Brunsbüttel (vgl. Kap.1.5.1.2) berücksichtigt.

### 1.5.1.2 Begleitende Baumaßnahmen

Folgende drei Baumaßnahmen begleiten die o.g. Ausbaumaßnahmen:

1. Anpassung der Schifffahrtszeichen: Schwimmende Schifffahrtszeichen (Fahrwasser-tonnen) werden an die sich ändernde Fahrrinnentrassierung angepasst. Darüber hinaus ist ein Neubau der Richtfeuerlinie Blankenese auf der Hamburger Delegationsstrecke vorgesehen: Die heutige Richtfeuerlinie wird um 125 m südlich verschoben. In dieser Linie wird das Unterfeuer ca. 90 m östlich des Anlegers Blankenese und das Oberfeuer nördlich des Jachthafens Mühlenberg errichtet. Die vorhandenen Richtfeuer werden bis auf die Fundamente rückgebaut.
2. Herstellung eines Warteplatzes bei km 695 im Bereich der Nordost-Reede (vor dem Elbehafen Brunsbüttel)
3. Bau einer Vorsetze in der Köhlbrandkurve (Hamburger Delegationsstrecke).

Die Wirkfaktoren sind teilweise mit denen der Ausbaumaßnahmen identisch.

### 1.5.1.3 Strombau- und Verbringungsmaßnahmen

Das Strombau- und Verbringungskonzept ist ein wesentlicher Bestandteil der Planungen zur Fahrrinnenanpassung (vgl. Planfeststellungsunterlage B.2).

#### Verbringungsarten

Die gebaggerten Sedimente, allgemein das Ausbaubaggergut (im Unterschied zu Unterhaltungsbaggergut), werden in der Unter- und Außenelbe strombaulich optimierend eingebaut. Ein Teil der Sedimente soll darüber hinaus in der Außenelbe umgelagert und ein Teil auf Spülfeldern verbracht werden. Es besteht eine Option, bautech-

---

<sup>4</sup> Die Baggertoleranz bezeichnet die über die geplante Solltiefe hinausgehende Vertiefung der Sohle. Innerhalb der Bundesstrecke werden 0,2 m angesetzt. Auf der Hamburger Delegationsstrecke ist zusätzlich ein Vorhaltemaß vorgesehen, so dass hier 0,5 m (in Teilbereichen auch 1,0 m) angesetzt werden.

<sup>5</sup> Die Breitenüberbaggerung sichert die herzustellende Breite (Sollbreite) der Gewässersohle der Fahrrinne, weil es in Abschnitten anstehender Lockersedimente zum Nachrutschen der Böschungen kommen kann, durch die eine erforderliche Sollbreite kurzfristig wieder unterschritten würde. Dabei handelt es sich um eine kurzfristige, unmittelbare Reaktion der Topographie auf die Baggerung, also die "Anpassung" der Böschungen an die veränderte (vertiefte) Gewässersohle.

nisch geeignete Sande an Dritte zu verkaufen, allerdings ist dies nicht umweltrelevanter Teil des Vorhabens der Fahrrinnenanpassung.

Im Rahmen der UVU sind

- das Umlagern und
- der Einbau von Sedimenten

in Unter- und Außenelbe von Belang.

### **Umlagern von Sediment (Umlagerungsstellen)**

Für eine Umlagerung von Ausbaubaggergut ist eine Verbringung bevorzugt in den Bereichen Medembogen und Neuer Luechtergrund vorgesehen.

### **Einbau von Sedimenten**

Der Einbau der Sedimente erfolgt in

1. Unterwasserablagerungsflächen:
2. Medemrinne-Ost, Neufelder Sand, Glameyer Stack-Ost, St. Margarethen, Scheelenkuhlen, Brokdorf
3. Übertiefenverfüllung St. Margarethen
4. Ufervorspülungen
5. Brokdorf, Glückstadt/Störmündung (unterhalb), Glückstadt/Störmündung (oberhalb), Kollmar, Hetlingen, Wisch (Lühemündung), Wittenbergen
6. Spülfeldern auf den Elbinseln Pagensand und Schwarztonnensand.

## **1.5.2 Vorhabenswirkungen**

In die UVU werden alle bau-, anlage-/betriebsbedingten Wirkfaktoren des beantragten Vorhabens eingestellt.

Die Vorhabenswirkungen während der Bauphase sind von den übrigen Vorhabenswirkungen aufgrund ihrer kurz- bis mittelfristigen Wirkungsdauer eindeutig abzugrenzen.

Anlage- und betriebsbedingte Vorhabenswirkungen (die oft nicht eindeutig getrennt werden können) wirken dagegen langfristig oder treten regelmäßig wiederkehrend auf.

In Tabelle 1.5-1 wird eine Übersicht der Vorhabenswirkungen (bau-, anlage-/betriebsbedingt) gegeben, die in der UVU zu berücksichtigen sind. Bei den Anlagen der Richtfeuerlinie Blankenese wird neben dem Neubau der Anlagen auch der Rückbau der vorhandenen Richtfeuer betrachtet.

Ein Rückbau der Fahrrinne wird nicht betrachtet.

**Tabelle 1.5-1: Vorhabenswirkfaktoren**

<b>Vorhabensmerkmal:</b>	<b>Baubedingte Wirkungen:</b>
<p>Ausbaumaßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nassbaggerungen mit Eimerkettenbaggern, Schleppkopfsaugbaggern und Löffelbaggern</li> </ul>	<p>Einsatz von Schiffen und sonstigem technischen Gerät zur Entnahme von Sedimenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- optische Wahrnehmbarkeit der Baggerfahrzeuge und Transportschuten</li> <li>- Schallemissionen (Unterwasserschall, Luftschall)</li> <li>- Luftschadstoffemissionen</li> </ul> <p>Sedimentabtrag:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sedimentfreisetzung, Trübung und Erhöhung des Schwebstoffgehaltes</li> <li>- Freisetzung und Verlagerung Sauerstoff zehrender Sedimente</li> <li>- Freisetzung und Verlagerung nähr- und schadstoffhaltiger Sedimente</li> <li>- vorübergehende Veränderung von Gewässersohle</li> </ul>
<p>Begleitende Baumaßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausbaubaggerung zur Herstellung eines Warteplatzes Brunsbüttel</li> </ul>	<p>- wie vor -</p>
<p>Begleitende Baumaßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bau eines neuen Ober- und Unterfeuers bei Blankenese und Rückbau der vorhandenen Richtfeuer in diesem Bereich</li> <li>- Bau einer Vorsetze in der Köhlbrandkurve</li> </ul>	<p>Wasser- und landseitiger Geräte- und Maschineneinsatz, Einsatz von Schiffen (Materialtransport etc.), Baustelleneinrichtung; Entnahme, Transport und Einbringung von Sedimenten, Boden und Baumaterial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- optische Wahrnehmbarkeit von Baufahrzeugen, Baggerfahrzeugen und Transportschuten</li> <li>- Schallemissionen (Unterwasserschall, Luftschall)</li> <li>- Luftschadstoffemissionen</li> <li>- vorübergehende Flächeninanspruchnahme</li> <li>- vorübergehende Veränderung von Geländeoberfläche und Gewässersohle</li> </ul>
<p>Strombau- und Verbringungsmaßnahmen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Umlagern von Sediment</li> <li>- Herstellung von Unterwasserablageungsflächen</li> <li>- Übertiefenverfüllung</li> <li>- Ufervorspülungen</li> <li>- Spülfeldherrichtung und -beschickung</li> </ul>	<p>Wasser- und landseitiger Geräte- und Maschineneinsatz, Einsatz von Schiffen (Materialtransport etc.), Baustelleneinrichtung; Entnahme, Transport und Einbringung von Sedimenten, Boden und Baumaterial:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Optische Wahrnehmbarkeit von Baufahrzeugen, Schiffen und Transportschuten</li> <li>- Schallemissionen (Unterwasserschall, Luftschall)</li> <li>- vorübergehende Flächeninanspruchnahme</li> <li>- vorübergehende Veränderung von Geländeoberfläche und Gewässersohle z. B. durch Spüleleitungen</li> </ul>
<b>Vorhabensmerkmal</b>	<b>Anlagebedingte Wirkungen:</b>
<p>Ausbaumaßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausgebaute Fahrrinntiefe</li> <li>- Ausgebaute Fahrrinnenbreite</li> <li>- Begegnungsstrecke</li> <li>- Angepasste Hafenzufahrten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veränderte Gewässertopografie und Gewässersohle (Beschaffenheit und Struktur, Tiefe/Lage etc.)</li> <li>- Veränderte Morphodynamik</li> <li>- Veränderte Strömungsgeschwindigkeiten und Sedimenttransporte</li> <li>- Veränderte Tidewasserstände</li> <li>- Veränderte Salzgehalte</li> </ul>
<p>Begleitende Baumaßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Warteplatz Brunsbüttel</li> <li>- Vorsetze in der Köhlbrandkurve</li> <li>- Neubau der Richtfeuerlinie Blankenese</li> <li>- Rückbau der vorhandenen Richtfeuer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Veränderte Gewässertopografie und Gewässersohle (Beschaffenheit und Struktur, Tiefe/Lage etc.)</li> <li>- Veränderte Geländeoberflächen (im terrestrischen Bereich) und Strukturen</li> <li>- Vorhandensein von Bauwerken und Schifffahrtszeichen (z.T. veränderte Lage)</li> </ul>

<b>Vorhabensmerkmal</b>	<b>Anlagebedingte Wirkungen:</b>
Strombau- und Verbringungsmaßnahmen im terrestrischen Bereich: - zwei Uferverspülungen, die über MThw hinausgehen - Spülfelder	- Veränderte Geländeoberflächen oberhalb MThw bzw. im terrestrischen Bereich
Strombau- und Verbringungsmaßnahmen unterhalb MThw: - Unterwasserablagerungsflächen - Übertiefenverfüllungen - Uferverspülungen - Umlagerungsstellen	- Veränderte Gewässertopographie und Gewässersohle (Beschaffenheit und Struktur, Tiefe/Lage etc.) unterhalb MThw - Veränderte Morphodynamik - Veränderte Strömungsgeschwindigkeiten und Sedimenttransporte - Veränderte Tidewasserstände
<b>Vorhabensmerkmal</b>	<b>Betriebsbedingte Wirkungen</b>
Unterhaltungsbaggerungen	- Veränderter Unterhaltungsaufwand (Quantität und Lage) - vgl. baubedingte Wirkungen der Ausbaumaßnahmen
Unterhaltungsbaggerungen	- Veränderte Umlagerung s.o.
Beschickung SF Pagensand mit Unterhaltungsbaggertgut (Feinstsedimente)	- Spülbetrieb auf drei Jahre befristet
Schiffsverkehr	- Veränderter Schiffsverkehr bzw. Zunahme schiffsinduzierter Belastungen (z. B. Wellen).
Neue Richtfeuer Rückgebaute Richtfeuer	- Betrieb des Richtfeuers - Wegfall des Richtfeuerbetriebs

## 2 BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDS

### 2.1 Art und Umfang der Erhebungen

Der Bestand des Teilschutzgutes Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt wird auf der Basis vorhandener Daten dargestellt. Die Darstellung umfasst etwa den Zeitraum von 1980 - 2004. Die verwendeten Daten stammen überwiegend aus Veröffentlichungen der ARGE ELBE bzw. wurden von der Wassergütestelle Elbe (WGE) zur Verfügung gestellt. Des Weiteren basieren die Ausführungen auf einschlägiger Literatur und sonstigen Daten, die im Text jeweils zitiert sind. Zurückgegriffen wird wiederholt auch auf die umfangreiche Bearbeitung in der UVU zur vorangegangenen Fahrrinnenanpassung (PÖUN 1997).

#### Hinweise zu Schnittstellen der Bearbeitung

Die Ausführungen zum Teilschutzgut Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt weisen Schnittstellen zu anderen Themenbereichen des Schutzgutes Wassers auf, die in den folgenden Teilgutachten der UVU bearbeitet werden:

- Hydrologie und Morphologie, Bearbeiter: Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg (BAW), Unterlage H.1a - H.1f
- Grundwasser, Bearbeiter: BWS GmbH, Unterlage H.2c
- Schadstoffgehalte und –freisetzung (Sediment und Baggergut), Bearbeiter: Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg (IfB), Unterlage H.2b
- Aquatische Flora, Bearbeiter: Gutachtergemeinschaft IBL & IMS, Unterlage H.4b (Aquatische Lebensgemeinschaften)

#### Planerischer Ist-Zustand

Einige Maßnahmen im Untersuchungsgebiet, die derzeit realisiert werden oder deren Realisierung zweifelsfrei unmittelbar bevorsteht, sind im Sinne eines unmittelbar vor Beginn des Fahrrinnenausbaus gegebenen planerischen Ist-Zustands (PIZ) in der UVU zu berücksichtigen (WSD Nord & BWA 2005). Eine Übersicht über die betreffenden Maßnahmen wird in Kapitel 1.2.1.1.2 der Unterlage E (zusammenfassender UVU-Bericht) gegeben. Der PIZ wird im vorliegenden Teilgutachten im Kapitel 2.4 bearbeitet.

### 2.2 Bewertung der Datenbasis und Hinweise auf Kenntnislücken

Gemäß WSD Nord & BWA (2005) ist „[...] *durch Quellenangaben nachvollziehbar* [...]“ und zudem „schutzgutbezogen zu belegen, ob Quantität und Qualität (insbesondere auch Aktualität) vorhandener Daten ausreichend für eine Beurteilung/Prognose aus Umweltsicht ist. Etwaige Kenntnislücken oder sonstige Schwierigkeiten sind entsprechend § 6 Abs. 4 Nr. 3 UVPG klar zu benennen.“

Dem wird hier gefolgt und festgestellt, dass die für die Bearbeitung des Teilschutzgutes Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt zur Verfügung stehende Datenbasis ausrei-

chend ist. Kenntnislücken, die zu einer fehlerhaften Bewertung oder entscheidungserheblichen Prognoseungenauigkeit führen würden, bestehen nicht. Ergänzende Messungen sind insoweit nicht notwendig. Zudem wurden während der Bearbeitung fortlaufend insbesondere seitens der WGE Messungen durchgeführt, deren Ergebnisse in diesem Teilgutachten berücksichtigt sind.

Dies wird wie folgt begründet: Gemäß Untersuchungsrahmen sind die zu bearbeitenden Leitparameter das Schwebstoffregime sowie Sauerstoff, Nährstoffe, Salz und Schadstoffe. Die Tideelbe ist nicht nur in Bezug auf die genannten Leitparameter das bei weitem am besten untersuchte deutsche Ästuar. Zu den genannten Parametern liegt umfangreiches Datenmaterial aus den verschiedenen Bereichen des UG vor, insbesondere durch die langjährige Tätigkeit der ARGE ELBE bzw. der WGE. Auch aus den Zuflüssen liegt vielfältiges Datenmaterial vor.

Hinzu kommt die teils seit vielen Jahrzehnten andauernde Befassung mehrerer Forschungseinrichtungen mit der Tideelbe sowie die neuerdings intensivierten Anstrengungen auf Länderebene (in Verbindung mit ARGE ELBE) im Zusammenhang mit der Umsetzung der WRRL. Ein Großteil des aus diesen Umständen resultierenden Daten- und Literaturpools ist bereits hinreichend aufgearbeitet, so dass eine Datenexploration kaum mehr notwendig ist. Zudem bieten diverse, an verschiedenen Stellen publizierte Reviews grundlegende Einsichten und Übersichten.

In der UVU zur vorangegangenen Fahrrinnenanpassung (PÖUN 1997) wurde das bis dahin vorliegende Material eingehend bearbeitet. Dieses Material umfasst Daten bis einschließlich 1993, die veränderte Situation nach der Wiedervereinigung wurde bereits berücksichtigt.

In den meisten Elbenebenflüssen haben die Untersuchungen der vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Tidedynamik (Unterlage H.1a) lediglich im Rechenmodell nachweisbare Auswirkungen ergeben, die in der Natur nicht mess- und beobachtbar sein werden<sup>6</sup>. Soweit dies der Fall ist, werden die Ausführungen in der Bestandsbeschreibung im Sinne der Konzentration auf entscheidungserhebliche Sachverhalte knapp gehalten.

### **2.3 Beschreibung des Ist-Zustands**

Die zu bearbeitenden Leitparameter gem. WSD Nord & BWA (2005) sind „*Schwebstoffregime, Gehalt von Sauerstoff, Nährstoff, Salz und Schadstoffe*“. Die Leitparameter werden in dieser Reihenfolge bearbeitet. Einleitend werden einige grundlegende Charakteristika des UG, insbesondere zur Hydrologie, erläutert.

---

<sup>6</sup> Zur Mess- und Beobachtbarkeit von vorhabensbedingten Auswirkungen vgl. Unterlage E.

## 2.3.1 Grundlegende hydrologische Beschreibung des UG

### 2.3.1.1 Hauptstrom der Tideelbe

Die obere Grenze der Tideelbe ist bei mittleren Tideverhältnissen das Wehr Geesthacht (km 586). Dies ist gleichzeitig die obere Grenze des UG. Das Wehr Geesthacht wurde 1960 in Betrieb genommen, um die rückschreitende Erosion der Gewässer-  
sohle zu begrenzen, vor allem aber, um dem 1958 fertiggestellten Pumpspeicherwerk einen festen Pegelstand zu garantieren. Bei Sturmfluten und hohen Oberwasserabflüssen wird das Wehr gelegt, um eine Überströmung der Deiche zu verhindern. Am Wehr Geesthacht umfasst das Einzugsgebiet Elbe eine Fläche von 135.013 km<sup>2</sup>, der langjährige mittlere Oberwasserabfluss (Jahresreihe 1989 - 1998) beträgt dort 729 m<sup>3</sup>/s. Die Flussbreite in der oberen Tideelbe beträgt ca. 200 m.

Bei km 609 spaltet sich die Elbe in Norder- und Süderelbe auf (Hamburger Stromspaltungsgebiet). Die Süderelbe geht in den Köhlbrand über, der sich bei km 625,6 wieder mit der Norderelbe vereinigt. Das Hamburger Stromspaltungsgebiet stellt das ehemalige Binnendelta der Elbe dar. Oberhalb des Stromspaltungsgebietes bei Bunt-  
haus umfasst das Einzugsgebiet der Elbe eine Fläche von 138.380 km<sup>2</sup>. Unterhalb von Hamburg bei Tinsdal erreicht das Einzugsgebiet eine Fläche von 140.361 km<sup>2</sup>. Der mittlere Oberwasserabfluss beträgt dort ca. 770 m<sup>3</sup>/s (Jahresreihe 1989 - 1998).

Unterhalb von Hamburg (km 630 bis 700) steigt die Breite der Tideelbe auf 2.000 bis 3.500 m an. Unterhalb Brunsbüttel (km 695) öffnet sich ein breiter Mündungstrichter (Ästuar) zur Nordsee hin. Bei Cuxhaven umfasst das Einzugsgebiet der Elbe eine Fläche von 148.268 km<sup>2</sup>.

In Tabelle 2.3-1 sind die Dimensionen des Wasserkörpers in ausgewählten Abschnitten der Tideelbe unterhalb von Hamburg zwischen Seemannshöft und der Ostemündung angegeben (die Angaben beziehen sich auf den Zustand vor der letzten Fahrrinnenanpassung und haben lediglich orientierenden Charakter). Es ist von einer in der Regel vollständig durchmischten Wassersäule auszugehen, allerdings kommt es zeitweise durch das von der Nordsee einströmende Salzwasser zu einer Schichtung von Salz- und Süßwasser (siehe Kapitel 2.3.3, S. 50).

**Tabelle 2.3-1: Dimensionen einzelner 10 km-Abschnitte der Tideelbe**

km	V [Mio m <sup>3</sup> ]	A [km <sup>2</sup> ]	Wasserkörper gem. WRRL	z [m]
632 bis 645	173,6	23,2	Elbe (West)	9,7
645 bis 655	155,8	18,6		8,4
655 bis 665	222,2	25,5	Übergangsgewässer	8,7
665 bis 675	254,6	28,9		8,8
675 bis 685	286,9	32,4		8,9
685 bis 695	296,1	26,8		11,0
695 bis 705	288,7	29,9		9,1
<b>Summe</b>	<b>1777,9</b>	<b>185,3</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>9,2</b>

Erläuterung: aus Fast (1993), V = Volumen, A = Wasserfläche, z = Wassertiefe

Für die Parameter des Stoffhaushaltes sind, neben anthropogenen Einflüssen, Oberwasserzufluss und Gezeiten von Belang. Der Oberwasserzufluss ist stochastisch geprägt und abhängig von den Witterungsverhältnissen im Niederschlagsgebiet. Der damit verbundene Oberflächenabfluss wird durch Topographie, Landnutzung und das entsprechende Retentionsvermögen bestimmt. Abflussmaxima treten überwiegend im Frühjahr (März, April) mit der Schneeschmelze in den Mittelgebirgen auf<sup>7</sup>. Im Herbst treten häufig niedrige Oberwasserzuflüsse aufgrund geringer Niederschlagshöhen ein.

Neben dem Oberwasserzufluss wirken auch andere witterungsbedingte Einflüsse auf die Hydrologie der Tideelbe. Westliche Winde entsprechender Ausprägung können zu Windstau und Sturmfluten führen, Ostwinde in Zusammenhang mit niedrigem Oberwasser extreme Niedrigwasserstände bewirken. Windbürtige Wellen bzw. Wellenschlag sind nur in der unteren Tideelbe (Wasserkörper Übergangsgewässer und Küstengewässer) von Belang, Seegang wird durch die ausgedehnten Wattflächen stark gedämpft und dringt nicht weit in das Ästuar ein.

Die Strömungsverhältnisse in der Tideelbe werden ebenfalls durch den Oberwasserzufluss und die Gezeiten geprägt. Daneben sind Driftströmungen (Wind), Drehströmungen (Rechtsablenkung), Dichteströmungen und lokale Strömungen an morphologischen Unstetigkeitsstellen zu berücksichtigen. Die größten Fließgeschwindigkeiten treten in den tiefen Rinnen auf, weil dort die Sohlreibung relativ zur Wassersäule am geringsten ist. Randbereiche mit größerer Rauheit weisen geringere Fließgeschwindigkeiten auf.

Die Gewässersohle der Tideelbe unterhalb von Hamburg kann

- in einen rinnenförmigen Bereich von Hamburg bis zur Störmündung,
- einen Übergangsbereich von der Störmündung bis Brunsbüttel und
- einen trichterförmigen Bereich von Brunsbüttel bis Cuxhaven

unterteilt werden (PÖUN 1997). Die Sohle weist mehrere ausgeprägte Rinnen auf. Die Hauptrinne bildet die Fahrrinne, die seewärts von Cuxhaven in das der Küste vorgelagerte Watt schneidet. Der Anteil der Fahrrinne an der Gesamtabflussquerschnittsfläche ist überwiegend gering und beträgt schon bei Wedel nur noch ca. 20 %. Lediglich in einer Engstelle bei Grünendeich (km 645,5) werden etwa 55 % erreicht.

Die Gewässersohle ist unregelmäßig verformt und durch "natürliche" Übertiefen (in diesem Fall Bereiche mit größeren Tiefen als die Solltiefe) und Riffelformationen strukturiert. Die Riffel mit ihrem stark bewegten Relief prägen insbesondere im rinnenförmigen Bereich die Gewässersohle. Daneben kommen Kuppenbereiche (Reste von Grundmoränen) mit relativ glatter Gewässersohle ohne ausgeprägte Riffelstrukturen vor. Die Wassertiefen reichen im rinnenförmigen Bereich bis ca. NN -20 m. Die Gewässersohle im Übergangsbereich ist ähnlich wie im rinnenförmigen Bereich ausgeprägt. Die im trichterförmigen Bereich relativ schwach strukturierte Sohle weist erst am seeseitigen Ende größere Übertiefenbereiche auf. Die größte Wassertiefe erreicht die Fahrrinne bei Cuxhaven mit Übertiefen um NN -35 m.

---

<sup>7</sup> Abflussmaxima können als stark stochastisch geprägte Ereignisse an jedem anderen Zeitpunkt im Verlauf eines Jahres auftreten, wie z. B. das Sommerhochwasser im Jahre 2002 zeigt.

Die Morphodynamik des Gewässers ist durch zahlreiche anthropogene Maßnahmen überprägt. Einen (auch historischen) immer noch hinreichend aktuellen Überblick dazu gibt ARGE ELBE (1984).

### Beschreibung der Wasserkörper gemäß WRRL

Nachfolgend werden die gemäß WRRL unterschiedenen Oberflächenwasserkörper beschrieben und ihre Besonderheiten kurz benannt. Die Angaben in den Tabellen sind den offiziellen Beschreibungen gemäß WRRL<sup>8</sup> entnommen (ARGE ELBE 2004a, LANU Schleswig-Holstein 2004). Ihnen liegt der Zeitraum 1989 - 1998 zu Grunde. Weitergehende Hinweise zu den Angaben in den Tabellen lassen sich ARGE ELBE (2002) und dem landesinternen Bericht zum Bearbeitungsgebiet Elbe/Hafen (BSU 2004) entnehmen.

Im limnischen Wasserkörper „Elbe (Ost)“ findet eine Überlagerung von Oberwasserzufluss und Gezeitenbewegung statt, deren Verhältnis die Strömungsgeschwindigkeiten prägt. Im unteren Abschnitt dieses Wasserkörpers teilt sich der Elblauf in Nor- der- und Süderelbe.

**Tabelle 2.3-2: Beschreibung des Wasserkörpers Elbe (Ost) - km 586,0 - 615,0**

<b>Obligatorische Faktoren</b>	
Entfernung von der Quelle des Flusses	950 km
Höhe	< 200 m (Tiefeland)
Geographische Breite (Hochwert)	5922225 bis 5931580
Geographische Länge (Rechtswert)	3588924 bis 3566382
Geologie	Kleimarsch
Größe	sehr großes Einzugsgebiet (> 10.000 km <sup>2</sup> )
<b>Optionale Faktoren</b>	
Strömungsenergie	150 bis 3.375 kW
Durchschnittliche Wasserbreite	ca. 200 m
Durchschnittliche Wassertiefe	2 bis 5,5 m unter Kartennull (KN), Fahrrinne
Durchschnittliches Wassergefälle	um 0,02 ‰
Form und Gestalt des Hauptflussbettes	schwach gewunden
Flussabfluss-(Durchfluss-)klasse	729 m <sup>3</sup> /s (Oberwasserabfluss, langjähriges Mittel)
Talform	Flachland
Feststofffracht (abfiltrierbare Stoffe)	rd. 800.000 t/a
Säurebindungsvermögen	1,5 bis 3,5 mmol/l
Durchschnittliche Zusammensetzung des Substrates	Sand, Mischsedimente und Kies sowie größere Schlickablagerungen in strömungsberuhigten Bereichen
Chlorid	rd. 160 mg/l (langjähriges Mittel)
Lufttemperatur	9,0°C (langjähriges Mittel), höchster und niedrigster Tagesmittelwert 28,8°C bzw. -15,5°C
Niederschlag	rd. 780 mm (mittlerer Jahresniederschlag)

<sup>8</sup> Die Beschreibung erfolgt gem. WRRL Anhang II Nr. 1.2.1 u. 1.2.3 (System B).

Der ebenfalls limnische Wasserkörper „Hafen“ ist durch große Verweilzeiten und eine geringe spezifische Oberfläche (geringe Wasseroberfläche bei großem Wasservolumen) geprägt. Diesen Wasserkörper kennzeichnet die besonders starke anthropogene Überformung durch den Hamburger Hafen.

**Tabelle 2.3-3: Beschreibung des Wasserkörpers Hafen - km 615,0 - 635,0**

<b>Obligatorische Faktoren</b>	
Höhe	< 200 m (Tiefland)
Geographische Breite (Hochwert)	5927290 bis 5935500
Geographische Länge (Rechtswert)	3570370 bis 3554000
Geologie	künstliche Auffüllung über Marschenablagerungen
Größe	sehr groß (ca. 135.000 ha)
<b>Optionale Faktoren</b>	
Form und Gestalt des Hauptflussbettes	schwach gewunden, verzweigt
Durchschnittliche Zusammensetzung des Substrates	ca. 30 % Sand (< 200 $\mu$ ), ca. 45 % Silt (< 63 $\mu$ ), ca. 25 % Ton (< 20 $\mu$ )
Fließgewässerlandschaft	Marsch, Aue, im Norden Grundmoräne

Im limnischen Wasserkörper „Elbe (West)“ sind Wasserstände und Strömungen vor allem durch das Tidegeschehen geprägt. Die Verweilzeiten sind abhängig vom Oberwasserzufluss, die spezifische Oberfläche ist gering. Dies gilt auch für den etwa 72 km umfassenden Wasserkörper „Übergangsgewässer“, in dem sich der Strom allmählich aufweitet. Der Salzeinfluss nimmt zu und es bildet sich eine ästuartypische Brackwasserzone aus. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der oberen Trübungszone (limnisch/oligohalin), der Trübungszone zwischen Störmündung und Ostemündung (mesohalin, 5 - 18 psu<sup>9</sup>) sowie der unteren Trübungszone (polyhalin, ca. 18 - 30 psu).

**Tabelle 2.3-4: Beschreibung des Wasserkörpers Elbe (West) - km 635,0 - 654,9**

<b>Obligatorische Faktoren</b>	
Höhe	< 200 m (Tiefland)
Geographische Breite (Hochwert)	5935500 bis 5944821
Geographische Länge (Rechtswert)	3554000 bis 3535485
Geologie	Kleimarsch
Größe	sehr großes Einzugsgebiet (> 10.000 km <sup>2</sup> )
<b>Optionale Faktoren</b>	
Entfernung von der Quelle des Flusses	1.025 km
Strömungsenergie	11.250 kW
Durchschnittliche Wasserbreite	ca. 200 bis 2.000 m
Durchschnittliche Wassertiefe	rd. 15 m unter Kartennull (KN), Fahrrinne
Durchschnittliches Wassergefälle	um 0,02 ‰
Form und Gestalt des Hauptflussbettes	schwach gewunden
Flussabfluss-(Durchfluss-)klasse	rd. 770 m <sup>3</sup> /s (Oberwasserabfluss, langjähriges Mittel)
Talform	Flachland
Feststofffracht (abfiltrierbare Stoffe)	rd. 600.000 bis 1.200.000 t/a
Säurebindungsvermögen	1,5 bis 3,5 mmol/l
Durchschnittliche Zusammensetzung des Substrates	and, Mischsedimente und Kies sowie größere Schlickablagerungen in strömungsberuhigten Bereichen
Chlorid	rd. 160 mg/l (langjähriges Mittel)
Lufttemperatur	9,0°C (langjähriges Mittel), höchster und niedrigster Tagesmittelwert 28,8°C bzw. -15,5°C
Niederschlag	rd. 780 mm (mittlerer Jahresniederschlag)

<sup>9</sup> psu: practical salinity unit (auch: Sp)

**Tabelle 2.3-5: Beschreibung des Wasserkörpers Übergangsgewässer - km 654,9 - 727,0**

<b>Obligatorische Faktoren</b>	
Geographische Breite (Hochwert)	5944821 bis 5974508
Geographische Länge (Rechtswert)	3535485 bis 3480164
Tidehub	Mesotidal (< 3,1 m) <sup>1)</sup>
Salzgehalt	oligohalin bis polyhalin (0,3 bis 22 ‰)
<b>Optionale Faktoren</b>	
Tiefe	< 30 m unter Kartennull (KN)
Strömungsgeschwindigkeit	< 1,5 m/s <sup>2)</sup>
Wellenexposition (Auflaufhöhe)	< 2 m <sup>3)</sup>
Verweildauer (mittl. Abflussverhältnisse)	< 25 Tage
Durchschnittliche Wassertemperatur	11 bis 12°C
Schwankungsbereich Wassertemperatur	-0,3 bis 26°C
Durchmischungseigenschaften	polymiktisch
durchschnittliche Zusammensetzung des Substrates	Schluff/Weichsedimente bis Kies
Gestalt	Wattfläche (KN bis +3 m) 48 %, Flachwasser (KN bis – 2 m) 11 % Tiefwasser (unter –2 m bez. auf KN) 41 % <sup>4)</sup>
Mittlerer Gehalt abfiltrierbare Stoffe (Trübung)	120 mg/l (oberflächennah)
Schwankungsbereich abfiltrierbare Stoffe	5 bis 770 mg/l (oberflächennah)

Erläuterungen:

<sup>1)</sup> mesotidal = Thb 2 - 4 m<sup>2)</sup> Max. Flut- u. Ebbstromgeschwindigkeiten; lokal sind höhere Geschwindigkeiten möglich.<sup>3)</sup> Annahme zum Wellenaufbau bei Sturmfluten<sup>4)</sup> Bezugsjahr 1998, Gesamtfläche 40.600 ha

Im Wasserkörper „Küstengewässer“ hat die Elbe eine weite Trichtermündung mit ausgedehnten Sanden und Watten gebildet, in welche die Hauptstromrinne mit mehreren Nebenrinnen eingelagert ist. Es herrschen marine Bedingungen vor (polyhalin 18 - 30 psu, z.T. > 30 psu, vgl. Abschnitt 2.3.3.1, S. 50). Der Abschnitt des UG von km 746,3 bis 756 wird durch die WRRL nicht mehr erfasst.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Die WRRL betrifft nur teilweise marine Oberflächengewässer: „Küstengewässer“ sind die Oberflächengewässer auf der landwärtigen Seite einer Linie, auf der sich jeder Punkt eine Seemeile seewärts vom nächsten Punkt der Basislinie befindet, von der aus die Breite der Hoheitsgewässer gemessen wird, ggf. bis zur äußeren Grenze eines Übergangsgewässers. Ein "guter ökologischer Zustand" gem. WRRL ist in einem Bereich bis zu einer Seemeile Entfernung von der Küstenlinie zu erreichen, ein "guter chemischer Zustand" in bis zu zwölf Seemeilen Entfernung.

**Tabelle 2.3-6: Beschreibung des Wasserkörpers Küstengewässer - km 727,0 - 746,3**

<b>Typ 3 (polyhalin, offen)</b>	
Lage	Küstenvorfeld Dithmarschen und Elbe
Salinität	< 29 psu
Tidenhub (MTH)	um 3 m
Tiefe (gegen SKN)	max. > -20 m
Seegang	exponiert
Strömung (Max)	> 0,5 m/s
Temperatur	-2° bis 23°C
Durchmischung	ständig durchmischt
Trübung	mäßig bis sehr hoch
Retentionszeit	(noch keine Angaben)
Substrat	Fein-Mittelsand
<b>Typ 4 (polyhalines Wattenmeer)</b>	
Lage Watten	Trischen, Dithmarschen und Elbe
Salinität	< 29 psu
Tidenhub (MTH)	> 3 m
Tiefe (gegen SKN)	> 50 % Eulitoral, max. < -20 m
Seegang	mäßig exponiert
Strömung (Max)	meist < 0,5 m/s
Temperatur	-2° bis 23°C, häufig Temperaturextreme im Eulitoral
Durchmischung	ständig durchmischt
Trübung	hoch bis sehr hoch
Retentionszeit	(noch keine Angaben)
Substrat	Feinstsand

### 2.3.1.2 Nebenflüsse und Nebengewässer der Tideelbe

In die Tideelbe münden diverse Zuflüsse, in denen der Tideeinfluss überwiegend durch Querbauwerke (Wehre, Siele, Schleusen) begrenzt wird. Die Nebenflüsse und größeren Nebengewässer (Stör, Pinnau, Krückau, Oste, Wischhafener Süderelbe, Schwinge, Lühe, Este, Luhe, Ilmenau) weisen mündungsnahe Sperwerke auf, die nur bei Sturmfluten geschlossen werden. Ansonsten sind die Gewässer tideoffen. Die Seeve entwässert über ein Siel an der Mündung.

Die zu den Nebengewässern zählenden Nebnelben sind überwiegend Reste alter Nebenarme der Tideelbe (vgl. ARGE ELBE 1994), die z. B. durch Baggergutablagerungen (Spülfelder, aufgespülte Inseln) vom Hauptstrom abgetrennt wurden. Nebnelben sind nur unterhalb des Hamburger Stromspaltungsgebietes in den Wasserkörpern Elbe (West) und Übergangsgewässer vorhanden. Eine Übersicht gibt Tabelle 2.3-7. Nebnelben befinden sich am südlichen und nördlichen Ufer der Tideelbe. Teils sind die Nebnelben eindeutig durch Inseln abgetrennt, teils handelt es sich um Nebenarme, die lediglich bei Tnw vom Hauptstrom getrennt sind.

**Tabelle 2.3-7: UG-Abschnitte und Auflistung der Nebengewässer (ohne Nebenflüsse) in den Wasserkörpern der Tideelbe**

Untersuchungsgebietsabschnitt			Nebengewässer (ohne Nebenflüsse)	
Wasserkörper	Lage	km	Bezeichnung/Lage	km
<b>Elbe (Ost)</b>	Wehr Geesthacht bis Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke	586,0 - 615,0	Dove-Elbe (nur kleinräumig tidebeeinflusst)	ca. 615,0 (Mündung)
<b>Hafen</b>	bis Mühlenberger Loch	615,0 - 635,0	Mühlenberger Loch	ca. 632,0 - 635,0
<b>Elbe (West)</b>	bis Schwinge-Mündung	635,0 - 654,9	Hahnöfer Nebanelbe	ca. 635,0 - 644,5
			Lühesander Süderelbe	ca. 647,0 - 651,0
<b>Übergangsgewässer</b>	bis Kugelbake	654,9 - 727,0	Haseldorfer Binnenelbe	ca. 653,0 - 659,0
			Pagensander Nebanelbe	ca. 658,0 - 665,5
			Nebanelbe bei Schwarztonnensand	ca. 663,0 - 668,0
			Glückstädter Nebanelbe	ca. 671,5 - 677,0
			Nebanelbe zw. Freiburg u. Wischafener Süderelbe	ca. 676,0 - 681,0
			Medemrinne	ca. 710,0 - 725,0
<b>Küsten-gewässer</b>	bis Scharhörn bzw. bis seewärtiges Ende UG <sup>1)</sup>	727,0 - 746,3 727,0 - 756,0	Klotzenloch	ca. 730,0

Erläuterungen: Einteilung der Untersuchungsabschnitte nach ARGE ELBE (2004a)

1) nach WSD Nord & BWA 2005 (Untersuchungsrahmen)

Nachfolgend werden die Nebenflüsse und Nebengewässer kurz beschrieben. Die Hauptkennwerte der Nebenflüsse und Nebengewässer sind in Tabelle 2.3-8 zusammengefasst.

### Stör

Die etwa 87 km lange Stör mündet ca. 5 km nordwestlich von Glückstadt bei km 679 (Wasserkörper Übergangsgewässer) in die Tideelbe. Die Stör ist von der Mündung bis Itzehoe (km 53) schiffbar (Bundeswasserstraße). An der Mündung befindet sich ein Sturmflutsperrwerk. Zuflüsse in diesem Bereich sind Rantzau, Bekau, Wilsterau und Krempau sowie der Breitenburger Kanal. Der Tideeinfluss in der Stör reicht bis oberhalb Kellinghusen (etwa km 32).

### Krückau

Die ca. 40 km lange Krückau mündet ca. 10 km südöstlich von Glückstadt etwa bei km 664,5 (Wasserkörper Übergangsgewässer) in die Pagensander Nebanelbe und ist von dort bis Elmshorn schiffbar (Sportboote, Bundeswasserstraße). An der Mündung befindet sich ein Sturmflutsperrwerk. Die Krückau ist bis zur BAB 23 oberhalb von Elmshorn tidebeeinflusst.

## **Pinnau**

Die ca. 40 km lange Pinnau mündet etwa bei km 660 (Wasserkörper Übergangsgewässer) in den inneren Bereich der Pagensander Nebenelbe. Sie ist bis Uetersen für die Berufsschifffahrt und bis Pinneberg für Sportboote schiffbar (Bundeswasserstraße). An der Mündung befindet sich ein Sturmflutsperrwerk. Bis Pinneberg ist die Pinnau tidebeeinflusst.

## **Wedeler Au/Hetlinger Binnenelbe**

Die Wedeler Au mündet etwa bei km 643 in die Tideelbe (Wasserkörper Elbe (West)). Die Hetlinger Binnenelbe ist ein Zufluss zur Wedeler Au.

## **Flottbek**

Die Flottbek mündet etwa bei km 630 in die Tideelbe (Wasserkörper Hafen). Ihre ursprünglich natürliche Quelle befindet sich auf dem Gelände des heutigen Botanischen Gartens. Mehr als zwei Drittel der Gewässerlänge sind verrohrt, insbesondere der Oberlauf (Bereich Groß-Flottbek) ist fast vollständig überbaut. Bauwerke zur Wasserstandsregulierung (Rückhaltebecken, Abstürze) verhindern die Ausbildung eines fließgewässertypischen Gewässerregimes. Es liegen keine hydrologischen Daten vor, die geschätzte Abflussspende beträgt ca.  $2 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ ,  $\text{MHQ} \approx 20 \text{ l}/\text{s}$ , der mittlere Abfluss ca.  $10 \text{ l}/\text{s}$  (Freie u. Hansestadt Hamburg, 2005).

## **Oste**

Die ca. 153 km lange Oste ist der der Nordsee am nächsten gelegene linksseitige Nebenfluss der Tideelbe. Die Oste mündet etwa bei km 707 in die Elbe und ist bis Bremervörde schiffbar (Bundeswasserstraße). An der Mündung befindet sich ein Sturmflutsperrwerk. Über den Schwinge-Oste-Kanal besteht eine nicht schiffbare Verbindung zur Schwinge. Der Tideeinfluss in der Oste reicht bis zum Wehr in Bremervörde. In diesem Gewässerabschnitt sind diverse künstliche und natürliche Zuflüsse vorhanden (Auflistung gem. WRRL in BR Lüneburg 2004a).

## **Freiburger Hafenpriel**

Der tideoffene Freiburger Hafenpriel ist von der Deichschleuse Freiburg (oberes Ende des Freiburger Hafens) bis zur Mündung in die Elbe ca. 2 km lang (Bundeswasserstraße). Ein Sperrwerk trennt den Freiburger Hafen vom Hafenpriel, der als Außenmuhde<sup>11</sup> eines im Binnenland befindlichen Systems von Marschgräben bezeichnet werden kann. Das Gewässer ist stark verschlickt und fällt bei MTnw fast vollständig trocken (Sohllage um NN -0,5 bis -1 m).

## **Zuflüsse/Nebengewässer im Bereich Krautsand und Asseler Sand**

In diesem Bereich von km 660 bis 676 befinden sich die Gewässer Wischhafener Süderelbe, Krautsander Binnenelbe, Ruthenstrom, Gauensieker Schleusenfleth, Gauen-

---

<sup>11</sup> Muhde = Mündung, Außenmuhde = das an einem Siel beginnende Außentief

sieker Süderelbe, Barnkruger Süderelbe und Barnkruger Loch sowie Bützflether Süderelbe. Kennzeichnend für diese Gewässer ist der in Abhängigkeit von der Tidephase teils nur zeitweise gegebene Anschluss an den Hauptstrom.

### **Wischhafener Süderelbe**

Die Wischhafener Süderelbe (Bundeswasserstraße) ist vom Sturmflutsperrbauwerk beim Fähranleger Wischhafen bis zur Gauensieker Süderelbe rd. 12 km lang und durch Gauensieker Schleusenfleth und Krautsander Binnenelbe mit dem Ruthenstrom verbunden. Die Entwässerungsgräben auf Krautsand sind durch Regulierungsbauwerke bzw. Abdämmungen von der Wischhafener Süderelbe abgetrennt. Entlang des Sommerdeiches von Drochtersen bis Wischhafen entwässern fünf Schöpfwerke in die Wischhafener Süderelbe.

### **Ruthenstrom**

Der Ruthenstrom ist vom Sturmflutsperrwerk aus etwa 6,5 km lang (Bundeswasserstraße ca. 2 km) und durch ein Teilstück der Krautsander Binnenelbe und den ca. 900 m langen Gauensieker Schleusenfleth mit dem oberen Ende der Wischhafener Süderelbe verbunden. Oberwasserzuflüsse gelangen über drei Schöpfwerke bei Assel, Ritsch und Drochtersen in den Ruthenstrom. Am Pegel Krautsand liegt das MTnw bei ca. NN -1,2 m und das MThw bei ca. NN +1,6 m. Der obere Abschnitt des Ruthenstroms weist Sohllagen von etwa Tnw bis teils über Tnw auf und fällt regelmäßig trocken. Auch die Krautsander Binnelbe und der Gauensieker Schleusenfleth führen bei MTnw kaum noch Wasser.

### **Barnkruger Loch und Barnkruger Süderelbe**

Barnkruger Süderelbe und Barnkruger Loch sind stark verlandete Nebanelben im Südteil des Asseler Sandes. Das ca. 0,9 km lange B. Loch ist die Zufahrt von der Schwarztonnensander Nebanelbe zum Hafen Barnkrug. Die B. Süderelbe verläuft vom Hafen Barnkrug aus ca. 1,9 km in nordwestlicher Richtung vor dem Hauptdeich, die früher vorhandene Verbindung zum Ruthenstrom besteht nicht mehr. Beide Gewässer fallen bei Tnw weitgehend trocken.

### **Bützflether Süderelbe**

Der tidebeeinflusste Bereich der Bützflether Süderelbe wurde im Zusammenhang mit den Aufspülungen für die Industrieansiedlung Bützfleth stark verkürzt und weist heute nur noch eine Länge von 2,4 km auf (Bundeswasserstraße ca. 2 km). Nach den verfügbaren Unterlagen liegen die größten Wassertiefen im oberen Bereich bei NN +0,3 m und in Mündungsnähe bei NN -1,3 m. Bei einem mittleren Tidehochwasser von NN +1,69 m und einem mittleren Tideniedrigwasser von NN -1,25 m in der Elbe (Pegel Grauerort) fällt die Bützflether Süderelbe bei jedem Niedrigwasser trocken bzw. es verbleibt nur ein schmales Rinnsal.

### **Schwinge**

Die ca. 35 km lange Schwinge mündet etwa bei km 655 an der Grenze zwischen dem Wasserkörper Elbe (West) und dem Wasserkörper Übergangsgewässer in die Tideelbe. Die Schwinge ist bis Stade schiffbar (Bundeswasserstraße). Über den Schwinge-Oste-Kanal besteht eine, allerdings nicht schiffbare, Verbindung mit der Oste. Etwa 1 km oberhalb der Mündung befindet sich ein Sturmflutsperrwerk. Bis Stade (Wehr) ist die Schwinge tidebeeinflusst (ca. 5,4 km).

### **Lühe/Aue**

Die Lühe mündet bei ca. km 645 in die Tideelbe (Wasserkörper Elbe (West)). Oberhalb von Horneburg heißt das Gewässer Aue. Lühe und Aue erreichen eine Gesamtlänge von ca. 35 km. Etwa 1,5 km oberhalb der Lühe-Mündung befindet sich ein Sturmflutsperrwerk. Der tidebeeinflusste Bereich erstreckt sich über eine Länge von ca. 13 km und reicht bis zum Wehr in Horneburg (Bundeswasserstraße).

### **Este**

Die ca. 61 km lange Este mündet bei km 635 in das Mühlenberger Loch (Wasserkörper Hafen). Direkt an der Mündung und etwa 1 km oberhalb der Mündung befinden sich zwei Sturmflutsperrwerke (äußeres und inneres Sperrwerk). Der Tideeinfluss in der Este reicht bis Buxtehude (ca. 12,5 km, Bundeswasserstraße).

### **Seeve**

Die ca. 49 km lange Seeve mündet bei km 604,9 in die Tideelbe (Wasserkörper Elbe (Ost)). Direkt an der Mündung befindet sich ein Siel (Fluttor). Die Seeve ist bis Hörsten tidebeeinflusst (ca. 5,7 km).

### **Ilmenau**

Die ca. 110 km lange Ilmenau mündet bei km 599 (Ortschaft Hoopte) in den Wasserkörper Elbe (Ost). Direkt an der Mündung befindet sich ein Sturmflutsperrwerk. Die Ilmenau ist bis zur Schleuse Fahrenholz tidebeeinflusst (ca. 9 km). Die Ilmenau ist von Lüneburg flussabwärts auf einer Länge von ca. 29 km schiffbar (Binnenschiffahrtsstraße). Auf der Strecke von Lüneburg bis Hoopte befinden sich drei Schleusen (bei Bardowick, Wittorf u. Fahrenholz).

### **Luhe**

Die ca. 59 km lange Luhe mündet bei Stöckte, einem Stadtteil von Winsen, in die Ilmenau. Der Tideeinfluss in der Luhe reicht bis zum Mühlenwehr in Winsen. Das an der Mündung der Ilmenau befindliche Sperrwerk trennt bei Sturmtiden auch die Luhe von der Elbe ab.

**Tabelle 2.3-8: Hauptkennwerte der Nebenflüsse und Nebengewässer**

	<b>Einzugsgebiet</b>	<b>Länge</b>	<b>Oberwasserabfluss (vieljähriges Mittel / MQ)</b>
Stör <sup>1)</sup>	1.781 km <sup>2</sup>	ca. 87 km	20,0 m <sup>3</sup> /s
Krückau <sup>1)</sup>	276 km <sup>2</sup>	ca. 40 km	3,3 m <sup>3</sup> /s
Pinnau <sup>1)</sup>	367 km <sup>2</sup>	ca. 40 km	4,0 m <sup>3</sup> /s
Wedeler Au <sup>1)</sup>	56 km <sup>2</sup>	k. A.	k. A.
Hetlinger Binnenelbe <sup>1)</sup>	90 km <sup>2</sup>		
Flottbek <sup>2)</sup>	11 km <sup>2</sup>	k. A.	k. A.
Oste <sup>1)</sup>	1.711 km <sup>2</sup>	153 km	6,319 m <sup>3</sup> /s (1962 - 2002, Rockstedt) 3,084 m <sup>3</sup> /s (1980 - 2002, Weertzen)
Freiburger Hafenspriel <sup>1)</sup>	17,0 km <sup>2</sup>	ca. 2 km	0,2 m <sup>3</sup> /s
Wischhafener Süderelbe <sup>1)</sup>	89,0 km <sup>2</sup>	ca. 12 km	1,1 m <sup>3</sup> /s
Bützflether Süderelbe <sup>1)</sup>	23 km <sup>2</sup>	2,4 km	0,3 m <sup>3</sup> /s
Schwinge <sup>3)</sup>	61,1 km <sup>2</sup>	ca. 35 km	0,74 m <sup>3</sup> /s
Aue / Lühe	132 km <sup>2</sup> (bei Daudieck)	ca. 35 km	1,3 m <sup>3</sup> /s (MQ 1978 - 2002 bei Daudieck)
Este <sup>3)</sup>	184 km <sup>2</sup> (bei Emmen)	ca. 61 km	1,75 m <sup>3</sup> /s (MQ 1978 - 2002 bei Emmen)
Seeve <sup>3)</sup>	408 km <sup>2</sup> ( bei Jehrden)	ca. 49 km	4,47 m <sup>3</sup> /s (MQ 1978 - 2002 bei Jehrden)
Luhe <sup>4)</sup>	462 km <sup>2</sup> (bei Roydorf)	ca. 59 km	4,86 m <sup>3</sup> /s (MQ 1962 - 2002 bei Roydorf)
Ilmenau <sup>4)</sup>	1.434 km <sup>2</sup> (bei Bienenbüttel)	ca. 110 k m	9,22 m <sup>3</sup> /s (MQ 1978 - 2002 bei Bienenbüttel)

Quelle: <sup>1)</sup> z. T. Bergemann (2005),  
<sup>2)</sup> z. T. ARGE Elbe/WGE (2004a)-Flottbek  
<sup>3)</sup> BR Lüneburg (2004b)  
<sup>4)</sup> BR Lüneburg (2004c)  
k. A. keine Angaben

## 2.3.2 Schwebstoffregime

Über das Schwebstoffregime der Unter- und Außenelbe liegt umfangreiche Literatur vor, die für die nachfolgende Darstellung ausgewertet wurde. Neben der im Text zitierten Literatur sei eingangs auf die Übersichtsdarstellungen in Bergemann (2004) und BfG (2002) hingewiesen. Im Rahmen der UVU zur vorangegangenen Fahrrinnenanpassung (PÖUN 1997) wurde die Thematik in einem separaten Gutachten (GKSS & HGU 1994) ausführlich behandelt. Die BAW (2005a) bearbeitet die Thematik vor allem unter Modellierungsaspekten sowie im Zusammenhang mit der Entwicklung einer Baggerstrategie für den Hamburger Hafen.

In Unterlage H 1c beschreibt die BAW die morphologische Ist-Situation des Gesamstäuars und prognostiziert die zu erwartenden ausbaubedingten morphologischen Veränderungen. Innerhalb der als Gesamtheit aller Sedimenttransportprozesse und deren Wirkungen verstandenen Morphologie wird als Teilprozess der Schwebstofftransport im Ist-Zustand beschrieben und es werden die ausbaubedingten Veränderungen prognostiziert. Die dort beschriebenen Prozesse sind in die folgende Darstellung des Ist-Zustandes eingeflossen.

Ein wichtige Datengrundlage bilden ferner die Ergebnisse der regelmäßigen Schwebstoffuntersuchungen der ARGE ELBE<sup>12</sup> (s. Bergemann 2004), die in jährlichen Güteberichten veröffentlicht werden (zuletzt: ARGE ELBE 2006). Jedoch liegen aus der Tideelbe (im Gegensatz z. B. zur Unterems) keine hochaufgelösten Dauermessungen zu Trübungen bzw. Schwebstoffgehalten vor, so dass statistische Auswertungen der vorliegenden Daten nur eingeschränkt möglich sind.

### 2.3.2.1 Charakteristika des Schwebstoffregimes im UG

Erosion und Sedimentation gehören zu den hydromechanischen Prozessen, die das Schwebstoffregime wesentlich prägen. Schwebstoffe werden hier als im Wasser suspendierte organische und anorganische Partikel > 43 µm verstanden<sup>13</sup>.

Im Grunde muss die Schwebstoff-(bzw. Sedimentations- u. Erosions-)situation in mindestens drei Teilaspekte aufgeteilt werden:

1. Transport der Teilchen (Mechanismus und Richtung)
2. Herkunft bzw. Entstehung der Teilchen (rezenten oder subfossilen Ursprungs; physikalische, chemische oder biologische Entstehung)
3. Ursachen bzw. Mechanismen des Falls der Teilchen.

Für den Bereich der Tideelbe als Ganzes ist davon auszugehen, dass sowohl ein Eintrag vom Meer (tidal pumping) als auch vom Binnenland (von oberstrom sowie aus den diversen Zuflüssen - advektiver Transport) stattfindet. Daneben treten Umlage-

<sup>12</sup> Die Probennahme für das Standard-Messprogramm erfolgt einmal monatlich im Abstand von ca. 5 km (vgl. Tabelle 2.3-31) bei voll laufendem Ebbestrom ca. 1 h vor dem Tideniedrigwasser aus der Fahrwassermitte. Während dieser Tidephase ist der Wasserkörper vertikal am besten (homogen) durchmischt.

<sup>13</sup> Schwebstoffe werden nach DIN 4049-3 derart definiert, dass *alle* suspendierten und abfiltrierbaren Stoffe (organisches und anorganisches Material) eingeschlossen sind.

rungen in größerem Umfang auf. Morphologisch ist die Tideelbe durch eine stark bewegliche Sohle gekennzeichnet. Die Räumkraft des Tidestromes ist abhängig von der Tidestromgeschwindigkeit. Es wird ständig Sediment transportiert, wobei verschiedene Transportarten (Aufwirbelung, Schlickwanderung) vorkommen. Mitgeführte Schwebstoffe sedimentieren besonders in Zonen geringer Fließgeschwindigkeit, wie z. B. den Nebenelben oder den Hafenbecken.

Die Schwebstoffe werden durch die Tideströmung aufgewirbelt (erodiert), transportiert und wieder abgelagert (Deposition oder Sedimentation). Durch den Tidezyklus, seine alternierende Strömungsrichtung und die Ruhephasen während der Tidekenterung, ergibt sich ein steter Kreislauf von Erosion, Sedimenttransport und Deposition. Je nach Oberwassersituation, Ort innerhalb des Ästuars und Tideverhältnissen, entsteht dabei eine Nettotransport, der nach unterstrom oder auch oberstrom gerichtet sein kann. BAW (Unterlage H.1c) beschreibt aufgrund der Erkenntnisse aus der Modellsimulation diese Transporte in Abhängigkeit der genannten Randbedingungen. Für die Modellierung wird angenommen, dass Sande als Geschiebe sohnah und die Fraktionen, die so groß wie Grobschluff oder kleiner als Grobschluff sind, als Schwebstoff transportiert werden. Die bodenmechanische Grenze der Korngröße vom Schluff zum Sand liegt bei 0,06 mm. Tatsächlich gibt es aber keine feste Grenze zwischen Schwebstoff- und Geschiebetransport, sondern einen allmählichen Übergang. Je stärker die Strömung und ausgeprägter ihre Turbulenz ist, desto größere Sedimentpartikel können als Schwebstoff transportiert werden.

Von Bedeutung im Rahmen der UVU sind die Schwebstoffe vor allem wegen ihres Einflusses auf die Trübung sowie auf die Gewässerunterhaltung. Diese ist mit dem Erosions- und Sedimentationsgeschehen und damit auch den Schwebstoffen eng verknüpft (s.u.) und ggf. von besonderer Bedeutung für die Gewässergüte (Sauerstoffhaushalt bzw. autotrophe Produktivität des Phytoplanktons, vgl. Unterlage H.5a).

Die höchsten Schwebstoffkonzentrationen in Ästuarien treten, soweit keine anthropogene Überformung vorliegt, in der sogenannten "Trübungszone" auf (vgl. Lang 1990, Nöthlich 1972, Spingat 1997) (s. Kapitel 2.3.2.2).

Die Sterbezonen des Süßwasser- und Salzwasserphytoplanktons, aus denen eine ständige Anlieferung von organischem Material erfolgt, liegen ober- und unterhalb der Brackwasserzone. Die Trübung selbst verschlechtert nochmals die Lebensbedingungen des Phytoplanktons in diesem Gebiet. Ein Teil der Trübung kann mit der sog. Schwebstofffalle erklärt werden, die tideunabhängig funktioniert. Wesentlicher Mechanismus ist die Überlagerung des schwereren Meerwassers durch das leichtere Süßwasser.

Die Schwebstoffgehalte in der Wassersäule variieren stark während einer Tide in Abhängigkeit von den vorherrschenden Strömungsgeschwindigkeiten und dem zur Verfügung stehenden erodierbaren Material. Die Form der Schwebstoffganglinie während einer Tide ist in hohem Maße von der Lage der Messstelle im Gewässerquerschnitt sowie von einer Vielzahl weiterer Einflussgrößen abhängig. Meist treten hohe

Schwebstoffgehalte kurz nach der Ebbstromkenterung während des steilen Anstiegs der Flutstromgeschwindigkeit auf<sup>14</sup>.

In Phasen mit geringem Oberwasserabfluss wächst das Schwebstoffinventar dementsprechend an. Hoher Oberwasserabfluss verfrachtet dagegen einen großen Teil des Schwebstoffpools in die Nordsee, weil die Strömungsgeschwindigkeit der Ebbe größer wird und mit dem Ebbestrom größere Sedimentmassen als bei Flutstrom transportiert werden. Während eines ausgeprägten Hochwassers wird in wenigen Tagen ein erheblicher Teil der Schwebstoff-Jahresfracht, den der Fluss von oberstrom antransportiert hat, aus der Mündung herausgespült.

Festzuhalten ist, dass vom Ausgang des Hamburger Hafens (km 628) bis etwa Scharhörn (km 745) die Schwebstoffkonzentrationen ( $C_S$ ) deutlich höher sind als in dem oberhalb gelegenen limnischen Bereich des Wasserkörpers Elbe (Ost) und der Mittel-elbe sowie unterhalb in der marinen Nordsee. Qualitative Aspekte der Schwebstoffe können hier weitgehend vernachlässigt werden, insbesondere der Anteil organischer Bestandteile schwankt bei Schwebstoffen in Ästuarien und im Wattenmeer oftmals um den Faktor 10 und mehr. Die Zusammensetzung der Feststoffe ist von der oberen Tideelbe bis etwa km 645 fluviatil bzw. limnisch geprägt (Herkunft überwiegend aus der Mittel-elbe). Unterhalb km 645 bis etwa Brunsbüttel (ca. km 690, Mischzone) treten zunehmend Feststoffe mariner Herkunft auf. In der unteren Tideelbe ist das Schwebstoffregime überwiegend marin geprägt, der Großteil des Materials stammt aus der Nordsee.

Vereinfacht sind somit drei Bereiche unterscheidbar, die durch unterschiedliche vertikal differenzierte Schwebstoffgehalte zu charakterisieren sind. Dabei wird von einer exponentiellen Vertikalverteilung der Schwebstoffe ausgegangen. Die Lage der drei unterschiedenen Bereiche im Verlauf der Tideelbe ist abhängig vom Oberwasserabfluss.

Zur Sinkgeschwindigkeit der Schwebstoffe gibt BAW (Unterlage H.1c) einige Hinweise: Die Sinkgeschwindigkeit hängt im Wesentlichen von der Größe, Dichte und Form der Schwebstoffe ab. Für die Modellierung hat die BAW einen Ansatz für die Sinkgeschwindigkeit nach Stokes verwendet. Danach beträgt die Sinkgeschwindigkeit für groben Schluff (0,02-0,06 mm) 2 mm/s und für mittleren Schluff (0,006-0,02 mm) 0,5 mm/s. Bei höheren Schwebstoffkonzentrationen nimmt die Sinkgeschwindigkeit von Einzelkörnern und Flocken infolge von Koagulationseffekten generell zu. Zudem ist die Sinkgeschwindigkeit bei geringeren Schwebstoffkonzentrationen ( $C_S < 1.250$  mg/l) von dem Salzgehalt ( $Sp^{15}$ , vgl. Abschnitt 2.3.3.1) abhängig und nimmt bei zunehmenden Salzgehalt ab.

---

<sup>14</sup> Trübungsmessungen werden, von einem streng naturwissenschaftlichen Standpunkt aus gesehen, mit unterschiedl. Methoden durchgeführt und sind deshalb nicht ohne weiteres vergleichbar. Im Hinblick auf die physiologische Bedeutung z. B. der Sichttiefe als direkt von der Trübung abhängigem Parameter ist dieser Umstand im Rahmen der UVU jedoch von geringem praktischem Interesse.

<sup>15</sup>  $Sp = psu$

### 2.3.2.2 Schwebstoffregime im Hauptstrom der Tideelbe

#### Schwebstoffkonzentrationen im UG

In Tabelle 2.3-9 sind Daten zu oberflächennahen Schwebstoffkonzentrationen (abfiltrierbare Stoffe) in der Tideelbe zusammengestellt. Die Tabelle basiert auf den Längsprofilmessungen der ARGE ELBE aus den Jahren 1980 - 2005 (PÖUN 1997, ARGE ELBE 2005b, Abbildung 2.3-1). Die Messungen erfolgten in Proben, die tidephasengleich bei maximaler tidebedingter Turbulenz gezogenen wurden (vgl. Fußnote 17). In Tabelle 2.3-9 sind zudem Daten aus PÖUN (1997) eingearbeitet. Daher wird neben der Einteilung der Tideelbe gemäß WRRL auch auf die Untersuchungsabschnitte I - VII (PÖUN 1997) Bezug genommen. Angegeben sind jeweils die Mittelwerte aus allen vorliegenden Längsprofilmessungen im betreffenden Zeitraum und Gewässerabschnitt (Hinweis: die Anzahl der zur Mittelwertbildung verwendeten Daten ist unterschiedlich).

Die Daten von 1998 - 2005 beschreiben den Ist-Zustand seit Durchführung der Baumaßnahmen zur vorangegangenen Fahrrinnenanpassung. Die Festlegung auf die Zeitabschnitte bis 1997 einschließlich und ab 1998 einschließlich wird wie folgt begründet: von Dezember 1997 bis August 1998 wurden in der Revierstrecke des Bundes vorgezogene Teilmaßnahmen<sup>16</sup> im Rahmen der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung durchgeführt. Die Hauptmaßnahmen erfolgten von Februar bis Dezember 1999, Restarbeiten wurden bis Ende November 2000 umgesetzt. Insgesamt war das Ausmaß der mit der Durchführung der letzten Fahrrinnenanpassung verbundenen Umlagerungen in Anbetracht der beständig durchgeführten Unterhaltungsmaßnahmen gering.

Die Trübungszone ist innerhalb des Wasserkörpers Übergangsgewässer (Untersuchungsabschnitt V, km 677 - 704) durch mittlere  $C_S$ -Werte von > 100 - 216 mg/l gekennzeichnet (vgl. Abbildung 2.3-2, S. 34). Erhöhte  $C_S$ -Werte treten auch im stromauf gelegenen Wasserkörper Elbe (West) auf (Abbildung 2.3-2).

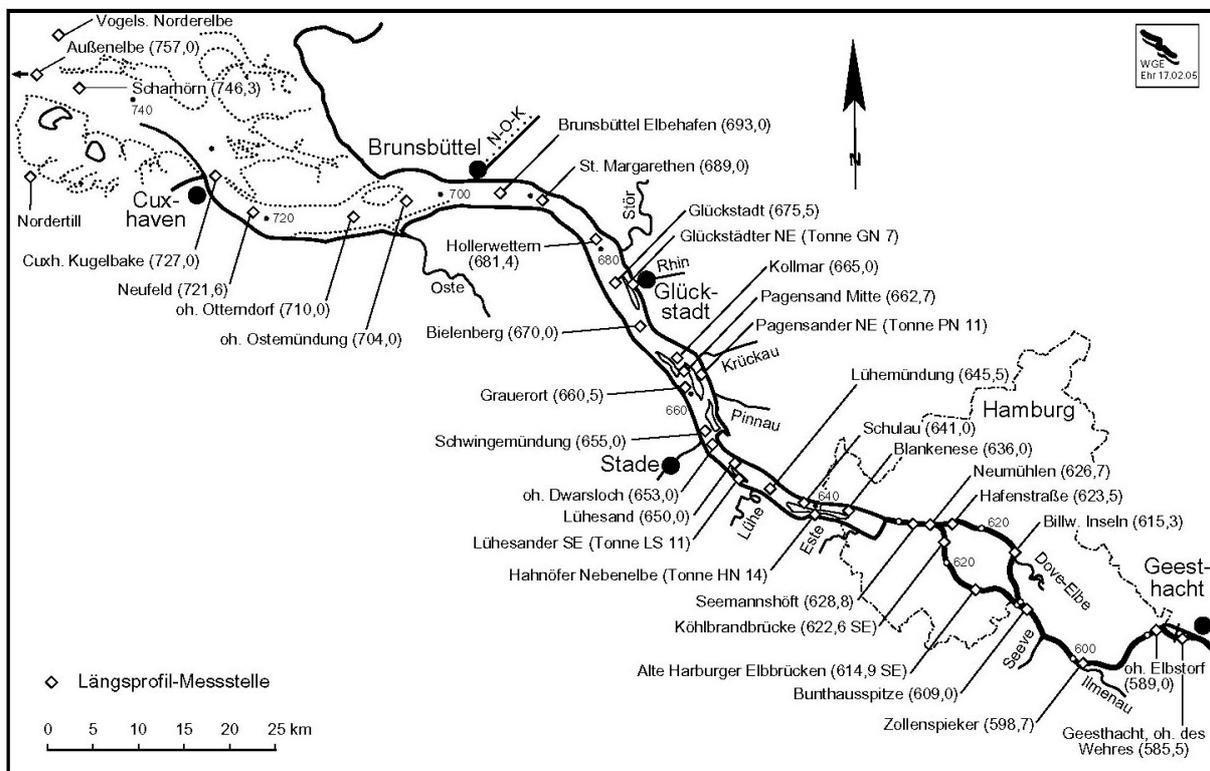
Da die Schwebstoffkonzentrationen durch eine große Schwankungsbreite gekennzeichnet sind, bringt Tabelle 2.3-10 zur Verdeutlichung ergänzende Daten aus 2005. Dargestellt sind die bei im Jahreslauf durchgeführten Beprobungen ermittelten oberflächennahen Schwebstoffkonzentrationen sowie auf 25°C normierte Leitfähigkeitsmesswerte. Ein deutlicher Anstieg der ELF-Werte tritt im Verlauf der Tideelbe etwa Bereich der Messstellen bei ca. km 680 bis 690 auf (Wasserkörper Übergangsgewässer), begleitet von starken Schwankungen im Jahreslauf, die z. B. an der Messstelle km 693 den Faktor 4 erreichen und in ähnlicher Form bis zur Messstelle km 710 (eingeschränkt noch km 721,6) zu beobachten sind (man beachte, dass Abhängigkeiten vom Oberwasserabfluss gegeben sind, aber aus den Daten in der Tabelle nicht abgeleitet werden können).

Die beiden untersten Messstellen (km 746,3 und km 757) sind offensichtlich marin geprägt. Maßgeblich sind hier Einflüsse aus dem Wattenmeerbereich und insbesondere

<sup>16</sup> Es wurden rd.  $2 \times 10^6 \text{ m}^3$  Sediment gebaggert und im Strom umgelagert. Darüber hinaus wurden Arbeiten an den Baggergutablagerungsflächen und dem Spülfeld Pagensand durchgeführt.

die welleninduzierte Sedimentmobilisierung, die binnenseitige Einflüsse deutlich überlagern. Bei einzelnen Beprobungsflügen (Februar 2005) sind ausgedehnte Bereiche bzw. diverse Messstellen durch hohe Schwebstoffkonzentrationen gekennzeichnet (Wasserkörper Küstengewässer u. Übergangsgewässer).

Tabelle 2.3-11 teilt dazu weitere Daten aus Nebenrinnen in der Außenelbe (Vogelsander Norderelbe) und angrenzenden Wattbereichen (Nordertill) mit. Angegeben sind (s.o.) jeweils die Mittelwerte aus allen vorliegenden Längsprofilmessungen im betreffenden Zeitraum und Gewässerabschnitt. Die Vogelsander Nebenelbe ist nördlich des Großen Vogelsandes gelegen, die Nordertil genannte Rinne südwestlich von Scharhörn. Auch diese Messstellen sind von anthropogenen wie natürlichen Veränderungen in der Tideelbe, die binnenseitig der seewärtigen Grenze der Binnenwasserstraße (km 727,7) lokalisiert sind, weitestgehend unbeeinflusst.



**Abbildung 2.3-1: Längsprofilmessstellen der ARGE ELBE in der Tideelbe (aus ARGE ELBE 2005a)**

**Tabelle 2.3-9: Mittelwerte aus Längsprofilmessungen oberflächennaher Schwebstoffkonzentrationen (abfiltrierbare Stoffe) in der Tideelbe 1980 - 2005**

	Winter 1980 - 1993	Sommer 1980 - 1993	Sommer 1980 - 1993	Sommer 1994 - 1997	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005
<b>Wasserkörper Elbe (Ost)</b> (km 586,0 - 615,0) u. <b>Wasserkörper Hafen</b> (km 615,0 - 635,0)						
Untersuchungsabschnitt I (km 586 - 610)						
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	20	31	31	35	19	37
Untersuchungsabschnitt II (km 610 - 632) - Norderelbe						
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	20	24	25	24	26	29
Untersuchungsabschnitt II (km 610 - 632) - Süderelbe						
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	-	-	-	-	21	33
<b>Wasserkörper Elbe (West)</b> (km 635,0 - 654,9)						
Untersuchungsabschnitt III (km 632 - 650)						
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	50	46	55	42	73	34
<b>Wasserkörper Übergangsgewässer</b> (km 654,9 - 727,0)						
Untersuchungsabschnitt IV (km 650 - 677)						
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	101	69	99	53	146	77
Untersuchungsabschnitt V (km 677 - 704)						
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	159	102	116	122,2	219	146
Untersuchungsabschnitt VI (km 704 - 727)						
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	94	63	59	47	121	58
<b>Wasserkörper Küstengewässer</b> (km 727,0 - 746,3)						
Untersuchungsabschnitt VII (km 727,0 - 757)						
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	68	31	32	15	35	13

Erläuterungen:

Daten von 1980 bis 1993: aus PÖUN (1997); Datengrundlage sind die Längsprofilmessungen<sup>17</sup> der ARGE ELBE von 1980 bis 1993. Die Daten sind getrennt nach Sommer- u. Winterhalbjahren (Sommer = April bis September; Winter = Oktober bis März) angegeben. Die Sommerhalbjahre sind nach 1990 (Wiedervereinigung) entlang der Zeitachse stärker differenziert.

Daten von 1994 bis 2005: Datengrundlage sind die Längsprofilmessungen der ARGE ELBE von 1994 bis 2005. Auswertung u. Darstellung entsprechend PÖUN (1997).

Die Anzahl der zur Mittelwertbildung verwendeten Daten ist unterschiedlich.

Der Untersuchungsabschnitt VII endet gemäß ARGE Elbe bei km 756. Für die Auswertung wurde die bei km 757 gelegene Messstelle Außenelbe in die Auswertung mit einbezogen.

<sup>17</sup> In der Tideelbe werden ca. sechs Längsprofil-Beprobungen jährlich durchgeführt. Die Messstellen (s. Abbildung 2.3-1) werden vom Hubschrauber aus in ca. 4 Std. tidephasengleich beprobt. Die Entnahme erfolgt bei vollem Ebbstrom. Während dieser Tidephase ist der Wasserkörper vertikal am besten (homogen) durchmischt. Die Probenahme erfolgt aus einer Tiefe von ca. 0,5 m unter der Wasseroberfläche.

**Tabelle 2.3-10: Daten aus den Längsprofilmessungen zu oberflächennahen Schwebstoffkonzentrationen (abfiltrierbare Stoffe) und elektrische Leitfähigkeit<sup>1)</sup> 2005**

Lage der Messstelle (km)	Feb 05		Mai 05		Jun 05		Jul 05		Aug 05		Nov 05	
	Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	Elektrische Leitfähigkeit (mS/m)										
585,5	16,6	83	39,6	76	22,4	85	43,5	72,6	34,5	93	10	101
589	16,7	82	45,8	76	37,3	85	61,8	73	54,3	86	11,9	100
598,7	19,2	82	44,2	76	32,4	85	64,3	72,8	58,3	86	11,3	99
609	19,4	79	51,6	76	38,6	83	57,3	72,2	55	83	11,9	96
615,3	20,1	81	47,8	76	38,2	84	54,8	71,4	56,8	83	11,7	94
623,5	22,7	80	44	75	15	82	29,2	70,6	41,8	83	18,6	93
626,7	16,8	77	23	76	16,4	83	21,8	71,5	29,5	82	37	93
628,8	32,6	78	26	76	19,2	83	21,6	71,8	33	83	34,4	94
636,1	38	77	35,8	76	28,8	83	38,2	71,7	28,6	82	41,4	93
641	39,4	76	48,4	76	47,6	83	26,4	73,1	32,6	81	37	93
645,5	129	76	18,1	76	15,8	83	21,2	73,5	27,6	81	32,8	93
650	135	76	21	76	35	85	31,2	76,3	30,6	80	74	92
653	64,5	76	18,4	76	23,4	86	29	78,8	46,4	81	44,6	93
655	140	77	30,6	76	54,8	88	26,2	81,7	21,6	82	41,2	94
660,5	110	93	54,6	87	27,4	96	34,6	92,3	63,3	111	78	102
662,7	272	80	127	81	131	101	170	94,4	148	92	102	103
665	227	84	155	87	104	108	177	103	117	97	135	114
670	169	88	78	88	89,5	118	107	110	42,6	104	238	126
675,5	186	97	67	103	108	114	43	130	99,3	111	89,3	129
681,4	294	95	228	97	157	122	186	156	167	107	175	151
689	325	97	124	104	61,2	240	209	252	179	139	132	317
693	295	126	47	130	48,8	389	120	406	111	270	102	510
704	528	324	93,4	530	25,8	920	114	1040	67,7	730	75,4	1210
710	343	603	32,2	810	30	1410	70	1300	70,3	1000	31	1590
721,6	165	1230	40,8	1960	32,5	2180	52,6	2070	35,3	1780	33,1	2500
727	443	1880	29,8	2070	27,3	2470	51,2	2410	104	2310	28,8	3000
746,3	106	3160	30,6	3650	8,6	3880	9,4	4060	12,4	3640	14,6	4630
757	61,8	3710	5,4	4080	5,8	4230	7	4340	6,4	4000	10,3	4940

Erläuterungen: Datengrundlage sind die Längsprofilmessungen der ARGE ELBE  
<sup>1)</sup> ELF-Angaben auf 25°C normiert

**Tabelle 2.3-11: Mittelwerte aus Längsprofilmessungen oberflächennaher Schwebstoffkonzentrationen (abfiltrierbare Stoffe) an den Messstellen Nordertill und Vogelsander Norderelbe**

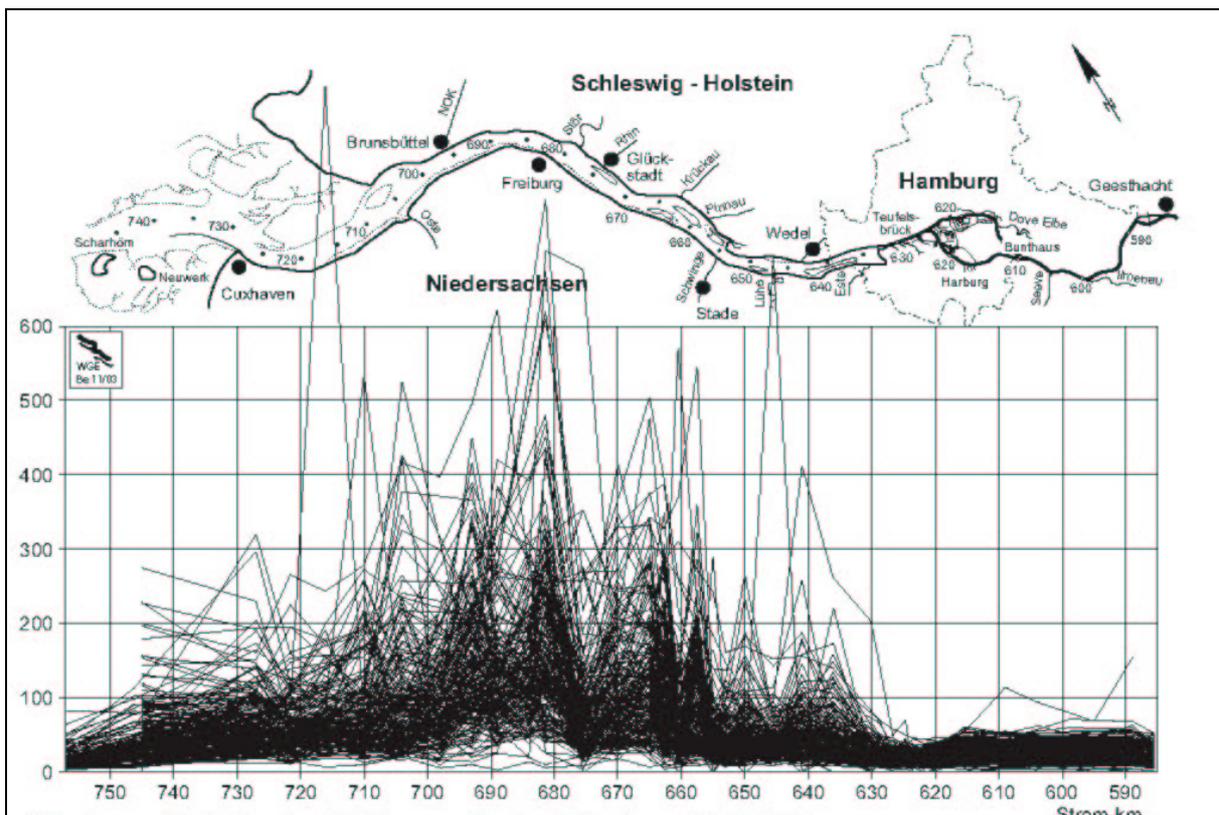
Zeitraum	Nordertill		Vogelsander Norderelbe	
	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005
<b>Wasserkörper Küstengewässer (km 727,0 - 746,3)</b>				
Untersuchungsabschnitt VII (727,0 - 756,0 - bezogen auf die Untersuchungsabschnitte nach PÖUN 1997)				
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	36	16	40	17

Erläuterungen: Datengrundlage sind die Längsprofilmessungen der ARGE ELBE von 1998 bis 2005 (ARGE ELBE 2005b). Auswertung u. Darstellung entsprechend PÖUN (1997).

### Lage der Trübungszone im UG

Die Trübungszone entsteht, weil der Netto-Transport von Feststoffen in die Nordsee phasenweise geringer ist als der Eintrag von oberstrom (Bergemann 2004) und es zur Akkumulation von Schwebstoffen kommt. Dieser Effekt wird grundsätzlich durch eine Asymmetrie der Tidekurve verursacht, bei der die Flutphase kürzer als die Ebbphase ist. Um das mit der Tide pendelnde Tidevolumen stromauf zu transportieren, steht also weniger Zeit zur Verfügung, was zu höheren Strömungsgeschwindigkeiten bei Flut als bei Ebbe führt. Diese höheren Strömungsgeschwindigkeiten können trotz der kürzeren Zeit eine größere Sedimentmasse nach oberstrom transportieren, als die über eine längere Zeit andauernden, aber geringeren Strömungsgeschwindigkeit bei Ebbe. Der Effekt wird durch den Umstand verstärkt, dass absinkendes Material bei beginnendem Flutstrom in salzhaltiges Wasser höherer Dichte gelangt. Dadurch nimmt die Sinkgeschwindigkeit der Partikel ab und sie werden sohnah weiter stromauf transportiert als bei Ebbe wieder stromab.

Abbildung 2.3-2 zeigt, dass der Schwerpunkt der Trübungszone in der Tideelbe zwischen der Schwingemündung und Brunsbüttel liegt. Die zugrundeliegenden, oberflächenah gemessenen Werte sind sehr variabel und streuen breit. Bereits durch bloße Inaugenscheinnahme lassen sich jedoch Bereiche starker und geringer  $C_S$ -Werte und damit Trübung im Verlauf der Tideelbe verorten.



**Abbildung 2.3-2: Alle Schwebstoff-Längsprofile der Tideelbe 1979-2003 (aus Bergemann 2004)**

Erläuterung: Die Schwebstoffgehalte sind in mg/l angegeben (Y-Achse).

Abhängig vom Oberwasserzufluss befindet sich die Trübungszone im Bereich von ca. km 632 - 705. Die Maxima liegen bei T<sub>nw</sub> um km 680 (Störmündung) und sind bei T<sub>hw</sub> ca. 10 km nach oberstrom verlagert. Bei mittleren Oberwasserzuflüssen hat die Trübungszone eine Ausdehnung von ca. 50 km, selten bis ca. 100 km. Bei niedrigem Oberwasserzufluss verlagert sich die Trübungszone stromaufwärts, die Schwebstoffkonzentrationen im Wasserkörper Elbe (West) steigen an. Bei hohem Oberwasserzufluss verlagert sich die Trübungszone stromabwärts. Die Schwebstoffkonzentrationen etwa im Bereich Ostemündung bis Cuxhaven erhöhen sich. Bei lang andauerndem hohen Oberwasserzufluss werden vermehrt Schwebstoffe in die Nordsee transportiert, die Schwebstoffkonzentrationen verringern sich.

### **Variabilität der Schwebstoffkonzentration und der Trübungszone im UG**

Die Angaben zu mittleren Schwebstoffkonzentrationen in der Tideelbe streuen beachtlich. BAW-DH (Unterlage H.1c) weist darauf hin, dass die vorliegenden Informationen zu Schwebstoffgehalten „punktuelle, aus Proben oder aus langfristig aufgezeichneten Messungen abgeleitete Daten“ sind und teilt folgende kennzeichnende Charakteristika der Trübungszone in der Elbe mit (basierend auf FFH, Wirtschaftsbeh., Amt für Strom- und Hafengebäude 1997): Die Form und Lage der Trübungszone verändert sich mit dem Oberwasserzufluss. Die maximalen Schwebstoffkonzentrationen erreichen bei hohem Oberwasserzufluss ( $Q > 900 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 350 mg/l. Dieses Maximum befindet sich etwa bei St. Margarethen. Ferner ist bei dieser Oberwassersituation die Trübungszone gedrängter. Bei niedrigerem Oberwasser (z. B.  $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$ ) ist die Trübungszone länger gestreckt, die Maximalkonzentration liegt bei 600 mg/l etwa im Bereich der Störmündung. Bereits unterhalb des Hamburger Hafens steigen die Schwebstoffkonzentrationen an, obwohl die Salinität hier noch nicht durch Meerwasser beeinflusst ist.

BAW-DH teilt zudem Schwebstoffgehalte mit, die aus ADCP-Messungen im Jahr 2002 an über die Tideelbe verteilten Querprofilen (QP 1 - 15; Unterlage H.1c, Bild 6) gewonnen wurden. QP 14 und 15 liegen im Wasserkörper Elbe (Ost), QP 11 bis 13 im Wasserkörper Elbe (West), QP 3 bis 10 im Wasserkörper Übergangsgewässer und QP 1 und 2 im Wasserkörper Küstengewässer. Angegeben werden querschnittsgemittelte mittlere Schwebstoffkonzentrationen bei maximal entwickeltem Flut- und Ebbstrom sowie Ebb- und Flutstromkenterung (Unterlage H.1c, Abb. 7). Abgesehen von einem Einbruch bei QP 6 (ca. km 706 / Ostemündung) mit Schwebstoffkonzentrationen um 100 mg/l steigen die Konzentrationen von QP 15 (ca. km 594) aus stromaufwärts bis QP 8 (ca. km 686) an und erreichen dort bei maximal entwickelter Tidedrömung Werte um 900 mg/l. Bei Ebbstromkenterung werden am QP 8 um 650 mg/l erreicht, bei Flutstromkenterung um 450 mg/l. Weiter nach oberstrom gehen die Konzentrationen zurück und erreichen am QP 11 (ca. km 651 / unterhalb Lühesand) bei maximal entwickelter Tidedrömung Werte um 400 bis 500 mg/l, bei Tidedstromkenterung werden um 150 mg/l erreicht. Das verwendete Backscattersignal wurde jedoch nicht durch Schwebstoffmessungen kalibriert, die o.g. Konzentrationen sind vermutlich tendenziell zu hoch (dies gilt tendenziell auch für die o.g. Angaben vom Amt für Strom- und Hafengebäude).

Zu beachten ist, dass BAW-DH (Unterlage H.1c) mit deutlich geringeren Schwebstoffkonzentrationen operiert und in der Simulation für die Trübungszone zwischen Störmündung und Rhinplate „vertikal über die gesamte Wassertiefe gemittelte mittlere Suspensionskonzentrationen“  $> 200 \text{ mg/l}$  angibt, mit dem Hinweis, dass „maximal in der Simulation über  $320 \text{ mg/l}$ “ auftreten. Die o.g. Ergebnisse aus ADCP-Messungen dagegen teilen zu der dort befindlichen QP 9 mittlere querschnittsgemittelte Konzentrationen um  $400 \text{ mg/l}$  (Kenterphasen) und  $700 \text{ mg/l}$  (maximal entwickelter Tidestrom) mit. Nach stromab und stromauf werden in der Simulation abnehmende mittlere Konzentrationen angegeben, die auf Höhe Osteriff und Mühlenberger Loch  $< 50 \text{ mg/l}$  erreichen. Die ADCP-Messungen ergaben auch hier überwiegend höhere Konzentrationen.

BfG (2002) teilt ebenfalls vergleichsweise geringe Konzentrationen mit: im Sommerhalbjahr  $50 - 100 \text{ mg/l}$ , im Winterhalbjahr im Mittel  $100 - 150 \text{ mg/l}$ . Die maximalen Schwebstoffkonzentrationen in der Tideelbe betragen sohinna einige  $1.000 \text{ mg/l}$ .<sup>18</sup> Ein langdauernder hoher Oberwasserzufluss bedingt eine Abnahme der Schwebstoffkonzentration in der Trübungszone, eine Abnahme der Sedimentation und damit eine Abnahme von Unterhaltungsbaggerungen. Basierend auf der Baggerstatistik des WSA Hamburg weist BfG (2002) auf den „tendenziellen Zusammenhang“ zwischen Baggermengen und dem Oberwasserabfluss am Pegel Neu Darchau hin.

In ausgebauten Tideästuarien ist meist ein asymmetrisches Tidegeschehen mit mehr oder minder ausgeprägter Flutstromdominanz festzustellen, so tendenziell auch in der Tideelbe. Diese Asymmetrie nimmt stromauf Richtung Hamburg zu und bedingt einen stromaufgerichteten Nettotransport von Feststoffen. Dabei werden während der Flutphase mehr Feststoffe erodiert und transportiert als in der Ebbephase.

In der Hamburger Delegationsstrecke (km 607,5 - 638,9) wurden vor der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung jährlich rund  $2 \text{ Mio. m}^3$  gebaggert. Seit der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung 1998/99 sind die Baggermengen in diesem Abschnitt der Tideelbe von  $4 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$  in den Jahren 2000 bis 2003 auf etwa  $8 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$  in 2004 und 2005 gestiegen (Unterlage H.1c). Dies hat beruht jedoch auf der sog. Kreislaufbaggerei, bei der die entnommenen Sedimente nicht nachhaltig aus dem System entfernt werden.

Im Zuständigkeitsbereich des WSA Hamburg befinden sich die Hauptbaggerstellen in den Abschnitten Wedel und Wedeler Au sowie in den Bereichen Lühesand, Juelssand und Pagensand. Im dem früher durch hohe Unterhaltungsbaggermengen gekennzeichneten Bereich Rhinplate sind seit der Einrichtung der UWA Krautsand und gleichzeitiger Fahrrinnenanpassung die Baggermengen signifikant zurückgegangen. Insgesamt fallen im Bereich des WSA Hamburg zwischen  $3,5 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$  und  $5,5 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$  Baggergut an (vgl. Unterlage H.1c). Für den Abschnitt Wedeler Au weist BfG (2002) auf eine veränderte Kornzusammensetzung der Sedimente hin (von schluffig zu sandig).

---

<sup>18</sup> Zum Vergleich: In der Tideeems kann der Schwebstoffgehalt bei bestimmten Systemzuständen außerordentlich hoch sein. Es werden Konzentrationen von  $4.000 - 6.000 \text{ mg/l}$  erreicht. Die maximalen sohlnahen Werte betragen bis zu  $130.000 \text{ mg/l}$  (BAW 1997).

Die Hauptbaggerstellen im Zuständigkeitsbereich des WSA Cuxhaven liegen im Bereich des Osteriffs bei ca. km 689,5 - 709,0 sowie bei Brunsbüttel. Weitere Unterhaltungsschwerpunkte befinden sich in der östlichen Mittelrinne sowie bei Altenbruch und Medemgrund. Im Zeitraum von 2001 bis 2004 haben die Baggermengen im Bereich des WSA Cuxhaven zwischen 4,8 Mio. m<sup>3</sup>/a und 8,5 Mio. m<sup>3</sup>/a geschwankt (vgl. Unterlage H.1c).

Zur Variabilität des Schwebstoffgehaltes an einer Station während eines Tidezyklus bringt Bergemann (2004) am Beispiel eines Querprofils bei Grauerort (km 660,5) eine Übersicht zu den Auswirkungen wechselnder Strömungsgeschwindigkeiten bzw. Turbulenzen: der Schwebstoffgehalt („abfiltrierbare Stoffe“) variiert über den Querschnitt und die Zeit von 14 - 289 mg/l, wie üblich mit den höchsten Gehalten im sohnahen Bereich.

Es sei dabei erneut auf die eingeschränkte, aber in diesem Zusammenhang hinreichende Datenlage hingewiesen: Die vom Wasser in Partikelform transportierten Stoffe werden in Suspensionsfracht ("suspended load") und Sohlfracht ("bed load") unterschieden<sup>19</sup>. Diese Transportformen sind nicht vollständig trennbar, gehen ineinander über und bilden zusammen die Gesamtfracht ("total load").

Insoweit die Brackwasserzone über Salinität definiert wird, kann nach Bergemann (2004) bei niedrigen Oberwasserzuflüssen in den letzten Jahrzehnten eine Ausdehnung nach Oberstrom nachgewiesen werden (s.u., Kapitel 2.3.3). Bergemann diskutiert in diesem Zusammenhang Änderungen des Tidegeschehens, damit zusammenhängende Änderungen der Transportprozesse in der Brackwasserzone und unternimmt den Versuch, entsprechende Änderungen auch bei der Trübung bzw. den Schwebstoffgehalten zu identifizieren (drei Schwebstoff-Zeitreihen: Pagensand Mitte/Grauerort, Grauerort, Brunsbüttel und Cuxhaven sowie Schwebstoff-Längsprofile 1979-2003 werden auf statistisch signifikante Trends getestet). Auch unter (indirektem) Einbezug biotischer Effekte, die geeignet sind, die Flockenbildung des Sestons zu beeinflussen, konnte jedoch kein der Salinität vergleichbarer Trend ausgemacht werden: weder eine signifikante Abhängigkeit der Schwebstoffgehalte vom Oberwasserabfluss noch ein jahreszeitlicher Verlauf konnten beschrieben werden. Insbesondere konnten ausgeprägte Signale an einer Lokation in der Tideelbe an anderen Stationen nicht wiedergefunden werden.<sup>20</sup>

### **Schwebstoffinventar im UG**

Bergemann (2004) hat, mittels eines einfachen Ansatzes, eine abflussdifferenzierte Abschätzung des Schwebstoffinventares der Tideelbe vorgelegt (fokussiert auf die von oberstrom eingetragenen Schwebstoffe), die Ergebnisse werden hier kurz mitge-

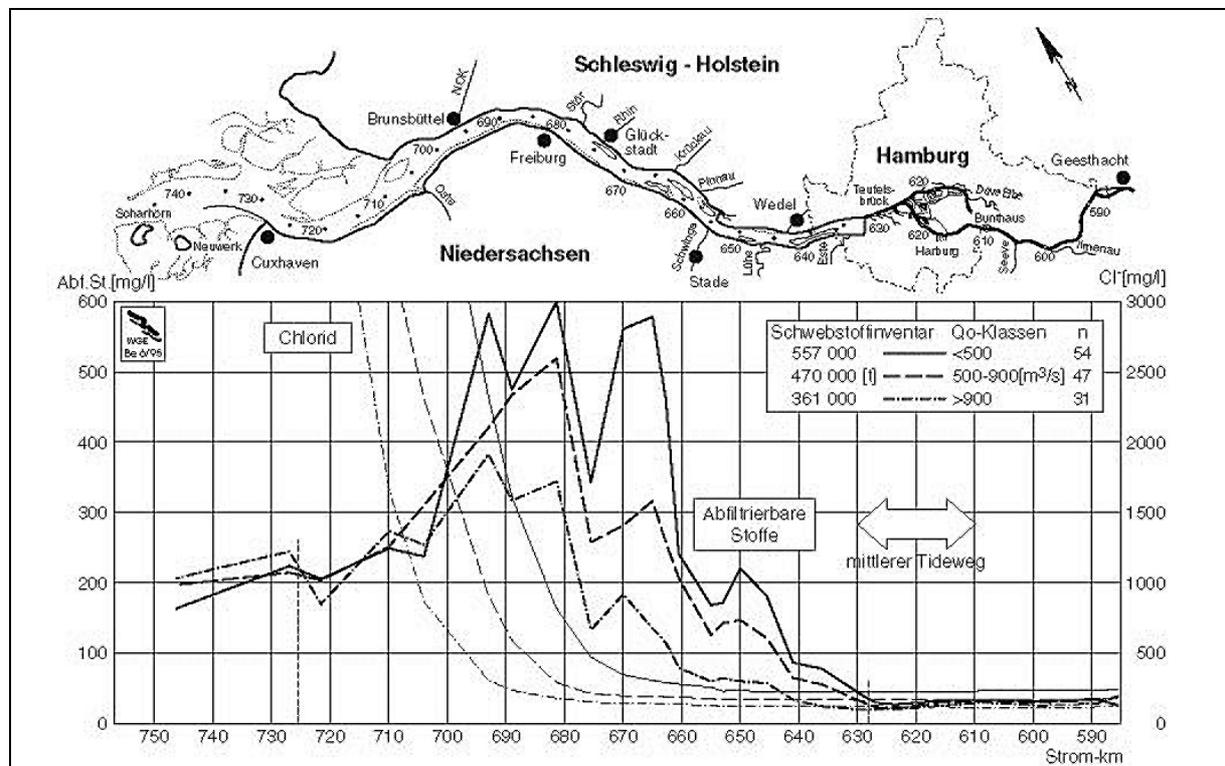
---

<sup>19</sup> Suspensionsfracht: Partikel werden durch (vertikal gerichtete) Turbulenzen in Suspension gehalten, Transportgeschwindigkeit entspricht etwa dem Strömungsfeld (hier überwiegend: Tidedrömung), Sohlfracht: wird langsamer transportiert; durch häufigen Sohlkontakt nur eingeschränkt in Suspension gehalten.

<sup>20</sup> Bergemann räumt ein, dass kein zeitlicher Trend „herausgefiltert“ werden konnte und der von ihm vermutete Effekt der morphologischen und hydrodynamischen Änderungen im Rauschen untergeht bzw. mit dem von ihm gewählten Ansatz nicht nachweisbar war.

teilt.<sup>21</sup> Danach transportiert die Mittel- und Außenelbe im Mittel 600.000 bis 700.000 t/a Schwebstoffe in die Tidelbe, die z.T. im Hamburger Hafen sedimentieren (Entnahme durch Baggerung: ca. 200.000 - 300.000 t/a). Das restliche Material (ca. 400.000 - 500.000 t/a) sammelt sich in der Trübungszone und wird teils gebaggert, teils werden bei Hochwasserereignissen (Frühjahrschhochwässer) ca. 200.000 t in die Nordsee verfrachtet.

Die Abschätzung basiert auf den oberflächennah gewonnenen Proben der ARGE ELBE, aus den Jahren 1979 bis 1994, mithin unterdessen veralteten Daten. Auf Grund der sohnah deutlich höheren Schwebstoffgehalte, die im Bereich des Hamburger Hafens und unterhalb vorliegen, ist das tatsächliche Schwebstoffinventar deutlich höher anzusetzen. In diesem Zusammenhang ist nochmals auf den vermutlich unterdessen verstärkten, stromaufwärts gerichteten Eintrag in den Bereich der Hamburger Delegationsstrecke (s.o.) hinzuweisen.



**Abbildung 2.3-3: Abschätzung des Schwebstoffinventars der Tidelbe in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss auf der Basis der Längsprofilmessungen von 1979 bis 1994 (aus Bergemann 2004)**

Das BAW (Unterlage H.1c) gibt keine jährlichen Frachten an, sondern quantifiziert die mit jedem Tidezyklus (Ebbe- oder Flutstrom-) advective (also mit der Strömung) transportierten Schwebstofffrachten. Danach treten die höchsten advectiven Transportmengen in der Kern-Trübungszone auf. Die Werte betragen im Störbogen

<sup>21</sup> Vorgehensweise: das Wasservolumen von km 628 - 726 (Seemannshöft bis Cuxhaven) wurde für den Zeitpunkt T<sub>nw</sub> -1h in 1-Kilometerabschnitten ermittelt und die enthaltenen Schwebstoffmengen aufsummiert. Die mittleren Gehalte der Oberflächenproben bei unterschiedlichen Abflüssen wurden auf einen Querschnittsmittelwert hochgerechnet.

60.000 kg/m (tiefenintegrierte Feststoffmasse bezogen auf den Breitenmeter der Fließfläche). In der Außenelbe sind die Werte um den Faktor 10 geringer (z. B. an der Ostemündung 8.000 kg/m). Stromauf der Trübungszone bis nach Steindeich werden 40.000 kg/m erreicht, die sich bis Pagensand auf 30.000 kg/m oder bis zur Schwingemündung auf 25.000 kg/m reduzieren. Bei dem geringen Oberwasserabfluß des Vergleichzustandes (350 m<sup>3</sup>/s) weisen die Nettotransporte (Differenz aus Flut- und Ebbtransport) oberhalb der Rhinplate nach stromaufwärts. In der tiefen Fahrrinne erreichen die Werte an der Rhinplate 18.000 kg/m, bei Steindeich 10.000 kg/m und in Höhe Pagensand 6.000 bis 3.000 kg/m. Nach BAW ist der Zustand mit dem genannten niedrigem Oberwasser durch eine Kaskade stromaufwärts gerichteter Nettotransporte suspendierter Sedimente zwischen der Rhinplate und dem Hamburger Hafen gekennzeichnet, die sich aus den umfangreichen feinen Sedimenten der Kern-Trübungszone nährt.

### **Materialumlagerungen im Ist-Zustand**

Wie vorstehend ausgeführt, kommt es durch den Sedimenttransportprozess, der aus den im Tiderhythmus wechselnden Zyklen Erosion, Transport und Sedimentation besteht, zu erheblichen Materialumlagerungen im Ästuar. Diese sind aber nicht notwendigerweise mit morphologischen Änderungen (also Änderungen des Gewässerbettes) verbunden, da häufig die Elemente Sedimentation und Erosion in einem dynamischen Gleichgewicht stehen. BAW (Unterlage H.1c) quantifiziert mittels numerischer Modellierung die Materialströme in der Elbe und benennt Abschätzungen, die sich nicht nur auf die Simulation, sondern auch auf Erfahrungswissen über die daraus entstehenden morphologischen Veränderungen stützen.

Die Sedimentation von Schwebstoffen wird vor allem von der Strömungsgeschwindigkeit, der Größe und Form der Teilchen sowie der Schwebstoffkonzentration im Wasserkörper bestimmt. Die Resuspension von Sedimenten ist abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit und vom Material (Depot, Korngröße, kohäsive bzw. nicht kohäsive Eigenschaften). Die die Prozesse Sedimentation und Erosion bestimmenden Eigenschaften der Strömungsgeschwindigkeit und Sedimenteigenschaften sind in einem Ästuar hochvariabel. Deswegen lassen sich diese Prozesse nur sehr eingeschränkt mit wenigen Kennzahlen charakterisieren. Beispielsweise ist bekannt, dass bereits ab Strömungsgeschwindigkeiten von 20 cm/s die Erosion von Feinsand an einer Gewässersohle beginnt. Nennenswerte Transportprozesse setzen aber höhere Fließgeschwindigkeiten voraus z. B. in der Größenordnung von 50 cm/s.

BAW (2003a) gibt eine Zusammenschau von Sedimentations- und Erosionsgebieten in der Tideelbe auf Basis „zusammenhängender Flächen > 75 ha“, in denen die Änderungen der Höhenlage > 0,5 m betragen. Verglichen wurden die Zeiträume 1995 - 1997 und 1999 - 2001. Auf Grund der gewählten Randbedingungen bzw. der Beschränkung auf „wesentliche“ Gebiete befinden sich alle gelisteten Bereiche unterhalb von Brunsbüttel (km 700 - 735). Um die quasi-natürliche Materialbewegung im Ist-Zustand zu beleuchten, werden die Ergebnisse verkürzt mitgeteilt.

In den einzelnen Gebieten wurden beachtliche Erosionsvolumina von 3 - 17 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> und Sedimentationsvolumina von 6 - 10 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> ermittelt, insgesamt ca. 41 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>

und  $40 \times 10^6 \text{ m}^3$ , mithin eine (mit allen Einschränkungen) in diesen ausgewählten Bereichen der Tideelbe größenordnungsmäßig ausgeglichene Sedimentbilanz.

Der Bereich von km 700 - 735 weist bereits deutlich marine Einflüsse auf. Vermutlich sind jedoch Umlagerungen innerhalb des ausgedehnten Rinnen- und Wattensystems die prägenden Sedimentbewegungen und neues (exogenes) Sediment wird nur in geringem Umfang zugeführt (bestimmte „Watteinzugsgebiete“ sind hinsichtlich ihres Sedimenthaushaltes recht unabhängige Einheiten: sogenannte "sand-sharing-systems"). Dafür spricht auch die größenordnungsmäßig ausgeglichene Feststoffbilanz.

### **Schwebstoffregime in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe**

Wie zuvor bereits erwähnt, transportiert die Tideelbe oberhalb des Hamburger Stromspaltungsgebiet ausschließlich Schwebstoffe fluvial-limnische Herkunft, die aus dem Mittelelbe stammen. In den Wasserkörpern stromabwärts werden zunehmend Schwebstoffe mariner Herkunft transportiert. Nachfolgend wird auf die einzelnen Wasserkörper eingegangen, soweit eine Differenzierung sinnvoll ist.

#### Wasserkörper Elbe (Ost) (Wehr Geesthacht bis Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke, km 586,0 - 615,0)

In diesem Wasserkörper unterscheidet sich das Schwebstoffregime grundlegend von den übrigen, stromabwärts gelegenen Wasserkörpern. Das Tidegeschehen beeinflusst hier die Schwebstoffkonzentrationen durch den Wechsel von Strömungsgeschwindigkeit und -richtung im Verlauf von Ebbe und Flut vor allem bei geringen Oberwasserzuflüssen. An den Flut-Kenterpunkten kommt es zur Sedimentation von Schwebstoffen und zur Abnahme der Schwebstoffgehalte. Die Schwebstoffe sind weitgehend homogen über den Querschnitt verteilt<sup>22</sup>.

Erhöhungen der Schwebstoffkonzentrationen treten im Wasserkörper Elbe (Ost) häufig in der Anstiegsphase von erhöhten Oberwasserzuflüssen auf, bedingt durch die dann eintretende Resuspension von an der Gewässersohle abgelagerten feinkörnigen Sedimenten. Bei langdauernden hohen Oberwasserzuflüssen bzw. bei Hochwasserereignissen steigen die Strömungsgeschwindigkeiten derart an, dass auch Feststoffe aus lokalen Senken, z. B. Bühnenfeldern, wieder mobilisiert werden und in den Fluss gelangen.

In der oberen Tideelbe sind seit ca. 20 Jahren kaum Unterhaltungsbaggerungen notwendig gewesen. Dieser Wasserkörper befindet sich in einem sog. morphologischen Gleichgewicht, mit einer ausgeglichenen Bilanz von Erosion und Sedimentation.

---

<sup>22</sup> In den übrigen Wasserkörpern können durch die erhöhte Turbulenz zu Beginn der Ebbe- und Flutphase sohnah erhöhte Schwebstoffkonzentrationen auftreten, weil zusätzliches Feststoffmaterial mobilisiert wird.

#### Wasserkörper Hafen (Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke bis Mühlenberger Loch, km 615,0 - 635,0)

In diesem Wasserkörper ist eine Beziehung zwischen Schwebstoffgehalt und Oberwasser-Zufluss nur eingeschränkt nachweisbar. Auch der Unterhaltungsaufwand folgt nicht direkt der Variation der Schwebstoffgehalte.

#### Wasserkörper Elbe (West) (Mühlenberger Loch bis Schwinge-Mündung, km 635,0 - 654,9)

In diesem Wasserkörper treten im unteren Abschnitt (etwa ab km 630) bereits ansteigende Schwebstoffgehalte auf (vgl. Abbildung 2.3-3). Da geringe Oberwasserzuflüsse vor allem im Sommer vorkommen, kann sich die Trübungszone im Sommerhalbjahr nach Oberstrom verlagern und es ist in dieser Jahreszeit tendenziell mit verstärkter Sedimentation im Wasserkörper Elbe (West) zu rechnen.

#### Wasserkörper Übergangsgewässer (Schwinge-Mündung bis Kugelbake, km 654,9 - 727,0)

ARGE ELBE (2004a) gibt für diesen Wasserkörper den mittleren Gehalt abfiltrierbarer Stoffe (Trübung, oberflächennah) mit 120 mg/l und den Schwankungsbereich abfiltrierbarer Stoffe mit 5 bis 770 mg/l an. Die Variabilität von  $C_S$  ist also sehr groß und wird etwa durch den Faktor 150 gekennzeichnet.

In diesem Wasserkörper können durch die erhöhte Turbulenz zu Beginn der Ebbe- und Flutphasen und die damit einhergehende Mobilisierung von Feststoffen sohnah erhöhte Schwebstoffkonzentrationen auftreten. Die geringsten Schwebstoffkonzentrationen treten insbesondere oberflächennah bei Strömungskenterung auf, wenn ein großer Teil der Schwebstoffe kurzzeitig sedimentiert.

Zudem entstehen Variationen der Schwebstoffkonzentration aus der oberwasserabhängigen Verlagerung der Trübungszone (s. Kapitel 2.3.2.2).

Das August-Hochwasser 2002 hat, als kurzfristiges Ereignis, vor allem zu einer Teilverlagerung des vorhandenen Schwebstoffpools innerhalb der Tideelbe geführt. Derartige Verlagerungen erfolgen weitgehend synchron mit dem Anstieg des Oberwasserzuflusses, erfassen aber nur einen Teil des Sestons (vgl. Bergemann 2004). Die „Rückverlagerung“ bei abnehmendem Oberwasserzufluss dauert i.d.R. länger.

#### Wasserkörper Küstengewässer (Kugelbake bis Scharhörn, km 727,0 - 746,3) und UG bis km 756

In diesem Wasserkörper bzw. dem bis km 756 ausgedehnten UG sind nur noch eingeschränkt Effekte der Trübungszone zu beobachten. Der Schwebstoffgehalt ist jedoch, verglichen mit Bereichen der Deutschen Bucht außerhalb unmittelbarer Ästuar-Einflüsse, noch deutlich erhöht. Während für die offene Nordsee Schwebstoffgehalte von einigen mg/l typisch sind, können im Wattenmeer lokal sehr unterschiedliche Gehalte auftreten, die vor allem in süßwasserbeeinflussten Rinnen mehrere 100 mg/l erreichen.

Die Konzentration von Schwebstoffen in einer Wassersäule hängt u.a. von der herrschenden Turbulenz ab, die Turbulenz bewirkt zudem einen kleinräumigen Transport von Schwebstoffen (im Gegensatz zu dem großräumigen Transport durch Tide-, dichte- und windinduzierte Strömungen). Daten zum Einfluss der Strömungsturbulenz liegen jedoch nur eingeschränkt vor.

Die Feststoffgehalte in der gesamten Tideelbe schwanken stark in Raum und Zeit. Bei bestimmten hydrologischen und Windereignissen nehmen Feststofftransport und -gehalt deutlich zu. Im Wasserkörper Küstengewässer gilt dies besonders für Starkwind-/Sturmereignisse.

Sohl nah liegen die Feststoffgehalte infolge des strömungsinduziert bewegten Sedimentes deutlich höher. Anzusetzen ist als grober Richtwert etwa der Faktor 10 (Unterlage H.1c). Dabei ist die große Schwankungsbreite der Zunahme des Schwebstoffgehaltes mit der Wassertiefe zu beachten. In den verschiedenen Rinnen sind geringe Zunahmen etwa um den Faktor 2 bis Zunahmen etwa um den Faktor 15 zu beobachten. Generell gilt, dass im Wattenmeer und dort insbesondere im Rinnensystem, vertikale Gradienten der Schwebstoffkonzentration umso deutlicher ausgeprägt sind je höher die Oberflächenkonzentrationen ist.

Schwebstoffe werden mit dem Flutstrom in die Wattflächen eingetragen, wobei ein Teil der in der Wassersäule enthaltenen Schwebstoffe bei ablaufendem Wasser sedimentiert. In strömungs- und turbulenzarmen Flachwassergebieten findet mit dem Flutstrom ebenfalls ein Eintrag von Schwebstoffen statt, die sich zum Kenterpunkt teilweise absetzen und vom Ebbstrom nicht resuspendiert werden.

In Unterlage H.1c fasst die BAW (2006) die historische Entwicklung der Morphologie (also das Ergebnis aller Materialumlagerungen) in der Außenelbe einschließlich dem Übergang zur Deutschen Bucht wie folgt zusammen: es gibt ständig große natürliche Veränderungen. Westlich vom Gelbsand bis einschließlich Großer Vogelsand und auch südwestlich vom Gelbsand bis zur Fahrrinnenkurve am Leitdamm Kugelbake haben in der mittel- bis langfristigen Rückschau erhebliche flächenhafte Erosionen stattgefunden. Auch ist die Erosion im Luechter Loch durch partielle Eintiefungen weiter voran geschritten. Diese erheblichen Sedimentverluste haben in der vergangenen Dekade zu einer schleichenden Verstärkung des Tidehubes in der Unterelbe beigetragen.

### **2.3.2.3 Schwebstoffregime in den Nebengewässern**

Der Begriff „Nebanelben“ ist nicht eindeutig definiert (vgl. die Auflistung in Tabelle 2.3-7, S. 22). Nachfolgend werden (Tabelle 2.3-12) Nebanelben behandelt, die den Wasserkörpern Elbe-West (Hahnöfer Nebanelbe) und Übergangsgewässer (Lühesander Süderelbe, Pagensander und Glückstädter Nebanelbe) zuzuordnen sind.

Neben den prägenden Längsgradienten treten im UG insbesondere unterhalb von Hamburg auch im Querschnitt Stoffgradienten zwischen Hauptstrom und Seitenbereichen auf. Auf Grund der komplexen Topographie, die eine typische Querachse Fahrrinne - Flachwasser - Watten in unterschiedlichster Form erkennen lässt, können

Stoffgradienten in einzelnen Bereichen deutlich ausgeprägt sein. Auffällige Gradienten können sich zwischen Hauptstrom und Nebenelben sowie zwischen dem Hauptstrom und den nur zeitweise an das Tidegeschehen angeschlossenen Nebengewässern ausbilden. Letzteres gilt insbesondere für den Bereich Krautsand (Wischhafener Süderelbe, Bützflether Süderelbe, Ruthenstrom etc.).

Nachfolgend wird dies anhand vorliegender Längsprofilmessungen der ARGE ELBE im Hinblick auf die Schwebstoffgehalte in den Nebenelben und im Hauptstrom betrachtet. In der Tabelle 2.3-12 sind jeweils die Mittelwerte aus allen vorliegenden Längsprofilmessungen im betreffenden Zeitraum und Gewässerabschnitt angegeben.

**Tabelle 2.3-12: Mittelwerte und 3. Quartil aus Längsprofilmessungen oberflächennaher Schwebstoffkonzentrationen (abfiltrierbare Stoffe) in Nebenelben und im Hauptstrom der Tideelbe**

Nebenelben	Hahnöfer Nebenelbe (ca. km 635 - 643)		Lühesander Süderelbe (ca. km 647 - 651)		Pagensander Nebenelbe (ca. km 658 - 666)		Glückstädter Nebenelbe (ca. km 671 - 677)	
	Winter 1998 - 20 05	Sommer 1998 - 20 05	Winter 1998 - 20 05	Sommer 1998 - 20 05	Winter 1998 - 20 05	Sommer 1998 - 20 05	Winter 1998 - 20 05	Sommer 1998 - 20 05
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	64 (84)	49 (57)	87 (96)	28 (31)	119 (152)	58 (62)	193 (208)	74 (100)
<b>Hauptstrom</b>	(km 632 - 650)		(km 650 - 677)		(km 650 - 677)		(km 650 - 677)	
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	73 (98)	34 (41)	146 (212)	77 (109)	146 (212)	77 (109)	146 (212)	77 (109)

Erläuterungen: Angegeben sind jeweils die Mittelwerte sowie in Klammern das jeweils 3. Quartil des jeweiligen Abschnitts im benannten Zeitraum  
Datengrundlage sind die Längsprofilmessungen der ARGE ELBE von 1998 bis 2004 (Auswertung u. Darstellung entsprechend (PÖUN 1997)  
Hinweis: Die Anzahl der zur Mittelwertbildung bzw. zur Ermittlung des 3. Quartils verwendeten Daten ist unterschiedlich. Die Belastbarkeit der Daten ist teils eingeschränkt (z. B. gibt es Nebenelbe lediglich 14 Daten/Nebenelben aus den Wintermonaten).

Größenordnungsmäßig befinden sich die in der Tabelle gelisteten  $C_S$ -Werte in den Nebenelben und im Hauptstrom in demselben Bereich, es treten  $C_S$  von ca. 30 - 200 mg/l auf. Am „oberen Ende“ der Trübungszone, in der Hahnöfer Nebenelbe (Wasserkörper Elbe (West)), waren in den betrachteten Sommerhalbjahren die  $C_S$ -Werte im Hauptstrom etwa um den Faktor 0,6 geringer. Insgesamt befinden sich die  $C_S$ -Werte jedoch, auch unter Einbezug der Q3-Werte, in Haupt- und Nebenelbe auf einem vergleichbaren Niveau.

In der Lühesander Süderelbe (Wasserkörper Elbe (West)) sind die in der Tabelle gelisteten  $C_S$  insbesondere im Sommerhalbjahr geringer als im Hauptstrom, die Mittelwerte im Sommerhalbjahr etwa um den Faktor 2,6. Durch die Q3-Werte wird dies noch verdeutlicht. In der Pagensander Nebenelbe sind die Differenzen zum Hauptstrom gering. In der Glückstädter Nebenelbe, die eine gute Anbindung den Hauptstrom aufweist, sind die Werte im Sommerhalbjahr annähernd identisch, im Winterhalbjahr treten in der Nebenelbe etwa höhere  $C_S$ -Werte auf.

Dieckmann (1996) hat morphodynamische Untersuchungen zu Nebenelben vorgelegt und Sedimentationsraten untersucht. Im Ergebnis haben die Sedimentationstenden-

zen in den Nebenelben, die auf die in der Vergangenheit durchgeführten strombaulichen Maßnahmen zurückgeführt wurden (ausbaubedingte Konzentration der Strömung auf die Fahrrinne), bereits um 1980 (!) nachgelassen und es hat sich ein recht stabiler morphologischer Gleichgewichtszustand eingestellt (vgl. BfG 2002).

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt BAW-AK (1996) bei der Untersuchung morphologischer Veränderungen in den Nebenelben von 1950 - 1995 (vgl. auch Fräßdorf 1996). Zusammengefasst wurden im Mühlenberger Loch und der Hahnöfer Nebenelbe von 1956 bis 1995 Verlandungstendenzen festgestellt, die im Mühlenberger Loch besonders ausgeprägt waren. Mit Ausnahme des Freiburger und Neufelder Watts, die nur eingeschränkt zu den Nebenelben zählen, wiesen die übrigen Nebenelben überwiegend eine geringere morphologische Aktivität auf, als das Mühlenberger Loch. Dabei waren Verlandung oder ein indifferentes Verhalten vorherrschend.

Eingegangen wird nachfolgend noch kurz auf die Häfen (unterhalb des Hamburger Hafens), die keine Nebenelben darstellen, wohl aber Nebengewässer der Tideelbe. Im Bereich der Trübungszone befinden sich die Häfen Cuxhaven (untere Trübungszone), Brunsbüttel (mittlere Trübungszone) und Glückstadt (obere Trübungszone), daneben eine Reihe kleiner Anlagen. Daten zu Sedimentation und Unterhaltungsbaggerungen liegen vor allem aus Cuxhaven und Brunsbüttel vor. Der Feststoffeintrag wird in den drei genannten Häfen vor allem durch Dichteströmungen (bzw. Salzgradienten) und Walzenströmungen im Bereich der Hafeneinfahrten geprägt. PÖUN (1997) hat mittlere jährliche Sedimentationsraten bei mittlerem Oberwasser für diese Häfen mitgeteilt (12 - 37, 270 u. 108 cm/a, der Glückstädter Hafen nimmt, durch die Lage an der Glückstädter Nebenelbe, eine Sonderstellung ein).

In allen Häfen ist eine tendenzielle Zunahme der Baggermengen bei abnehmendem Oberwasserzufluss zu verzeichnen. Die unterschiedlichen mittleren jährlichen Sedimentationsraten in den drei genannten Häfen resultieren aus ihrer Lage in unterschiedlichen Bereichen der Trübungszone sowie morphologischen Besonderheiten der einzelnen Anlagen. Der Hafen von Brunsbüttel (ca. km 697) befindet sich in einem Bereich mit durchweg hohen Schwebstoffgehalten (vgl. Abbildung 2.3-2, S. 34) und weist u.a. deshalb sehr hohe Sedimentationsraten auf.

#### **2.3.2.4 Schwebstoffregime in den Nebenflüssen der Tideelbe**

Für die Beschreibung des Schwebstoffregimes in den Nebenflüssen der Tideelbe wird auf die Daten von repräsentativen Messstellen zurückgegriffen, an denen neben den Schwebstoffgehalten auch der Chloridgehalt sowie die Sauerstoff- und Nährstoffgehalte erfasst werden. Die Beschreibung der Salinität (Kapitel 2.3.3.4) und des Sauerstoff- und Nährstoffgehaltes (Kapitel 2.3.4.4) in den Nebenflüssen basiert somit auf den Daten der gleichen Messstationen.

## Stör

Die Messstelle Heiligenstedten befindet sich im tidebeeinflussten Bereich der Stör unterhalb von Itzehoe. Abflussdaten liegen von dieser Messstation nicht vor. Daher werden zur Orientierung die Abflussdaten von der Messstelle Willenscharen angegeben, die sich im Mittellauf der Stör oberhalb des tidebeeinflussten Bereiches befindet.

Die in Tabelle 2.3-13 angegebenen niedrigen  $C_S$ -Minima und insbesondere die niedrigen jährlichen Mediane von etwa 30 - 60 mg/l zeigen, dass der Zufluss von oberstrom nur geringe Schwebstoffgehalte aufweist. Die hohen  $C_S$ -Maximalwerte und der große Schwankungsbereich der  $C_S$ -Werte (etwa Faktor 10) sind auf die Brackwasserträge aus der Elbe zurückzuführen (siehe Kapitel 2.3.3.4).

**Tabelle 2.3-13: Abfluss und Schwebstoffgehalte in der Stör 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss (m <sup>3</sup> /s)			Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	3,2	4,5	16,9	13	56,5	142
1999	2,5	4,2	16,7	17	57	227
2000	2,4	3,5	14,9	13	43	111
2001	2,8	5,7	10,3	21	62	237
2002	-	-	-	14	30,5	83
2003	-	-	-	10	61	144
2004				15	42,5	267

Erläuterungen: Wassergütedaten Abflussdaten der ARGE ELBE (2005b), zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Stör/Heiligenstedten (Klappbrücke, km 28,1). Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): Willenscharen (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

## Krückau

Die Messstelle Elmshorn liegt im tidebeeinflussten Bereich der Krückau oberhalb des Hafens Elmshorn. Abflussdaten liegen nicht vor.

Auch hier zeigen die niedrigen  $C_S$ -Minima und insbesondere die niedrigen Mediane (10 - 20 mg/l), dass der Zufluss von oberstrom nur geringe Schwebstoffgehalte aufweist. Die in Tabelle 2.3-14 angegebenen  $C_S$ -Maximalwerte in den Jahren 2000 und 2003 und die gleichzeitig großen Schwankungsbereiche der  $C_S$ -Werte (etwa Faktor 70 bzw. 15) sind auf die Brackwassereinträge aus der Elbe zurückzuführen. Allerdings korrespondieren diese Werte nicht mit erhöhten Chloridgehalten in der Krückau (Tabelle 2.3-23, S. 60).

**Tabelle 2.3-14: Schwebstoffgehalte in der Krückau 1998 bis 2004**

Jahr	Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max
1998	6	11	18
1999	13	19	24
2000	4	14	272
2001	1	14	36
2002	4	11	32
2003	7	12	112
2004	3	11	85

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b) - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Krückau/Elmshorn (oberhalb Hafen). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe

### Pinnau

Die Messstelle Pinneberg (Eisenbahnbrücke) befindet sich im tidebeeinflussten Bereich der Pinnau. Abflussdaten liegen von dieser Messstation nicht vor. Daher werden zur Orientierung die Abflussdaten von der Messstelle Renzel angegeben, die sich im Mittellauf der Pinnau oberhalb des tidebeeinflussten Bereiches befindet.

Wie die niedrigen  $C_S$ -Minima (2 - 9 mg/l) und die ebenfalls niedrigen  $C_S$ -Mediane (10 - 15 mg/l) belegen, weist der Zufluss von oberstrom nur geringe Schwebstoffgehalte auf. Die sich aus den in Tabelle 2.3-15 angegebenen Minimum- und Maximumwerten ergebenden Schwankungen des  $C_S$  deuten nicht auf Brackwassereinträge aus der Elbe im Zeitraum von 1998 - 2004 hin.

**Tabelle 2.3-15: Abfluss und Schwebstoffgehalt in der Pinnau 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Renzel (m <sup>3</sup> /s)			Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	0,2	0,5	3,6	4	12,5	45
1999	0,2	0,4	4,9	9	15	81
2000	0,2	0,4	2,3	2	13	31
2001	0,2	0,6	2,5	2	13	24
2002	-	-	-	5	10	30
2003	-	-	-	6	13	40
2004	-	-	-	6	9,5	31

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b)– 2 zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Pinnau/ Pinneberg (Eisenbahnbrücke). Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): Renzel (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

### Wedeler Au, Hetlinger Binnenelbe und Flottbek

Aus diesen Gewässern liegen keine Schwebstoffmessungen vor.

### Oste

Die Messstelle Oberndorf befindet sich im tidebeeinflussten Bereich der Oste. Abflussdaten liegen von dieser Messstation nicht vor. Daher werden zur Orientierung die Abflussdaten von der Messstelle Rockstedt angegeben, die sich im Mittellauf der Oste oberhalb des tidebeeinflussten Bereiches befindet.

Die in Tabelle 2.3-16 dokumentierten  $C_S$ -Maximalwerte und die im Vergleich mit den übrigen Zuflüssen der Tideelbe hohen Medianwerte sind auf Brackwassereinträge aus der Elbe zurückzuführen (siehe Kapitel 2.3.3.4).

**Tabelle 2.3-16: Abfluss und Schwebstoffgehalte in der Oste 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss (m <sup>3</sup> /s)			Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	2,2	4,6	19,5	58,4	159	229
1999	1,3	3,2	35,1	69,5	140,5	196
2000	1,9	3,1	20,1	60,5	148,5	225
2001	2,1	5,7	27,8	34,8	142	211
2002	-	-	-	18	90	162
2003	-	-	-	64	117	240
2004	-	-	-	42	100	170

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b): zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 Oste/Oberndorf (km 63,3). Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): Oste/Rockstedt (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

### Freiburger Hafentriel

Aus diesem Gewässer liegen keine Schwebstoffmessungen vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Schwebstoffgehalte im Freiburger Hafentriel aufgrund des geringen Oberwasserzuflusses und der direkten Anbindung an den Hauptstrom der Elbe von den im Hauptstrom der Tideelbe herrschenden Verhältnissen geprägt sind.

### Zuflüsse/Nebengewässer im Bereich Krautsand und Asseler Sand

Die in dem Bereich von km 660 bis 676 befindlichen Gewässer (Wischhafener Süderelbe, Krautsander Binnenelbe, Ruthenstrom, Gauensieker Schleusenfleth, Gauensieker Süderelbe, Barnkruger Süderelbe, Barnkruger Loch, Bützflether Süderelbe) sind durch den tidephasen-abhängig teils nur zeitweise gegebenen Anschluss an den Hauptstrom gekennzeichnet. Schwebstoffmessungen aus diesen Gewässern liegen nicht vor.

### Schwinge

Die Messstelle Symphonie befindet sich im tidebeeinflussten Bereich der Schwinge. Abflussdaten liegen von dieser Messstation nicht vor. Daher werden zur Orientierung die Abflussdaten von der Messstelle Schwinge angegeben, die sich im Mittellauf der Schwinge oberhalb des tidebeeinflussten Bereiches befindet.

Die in Tabelle 2.3-17 dokumentierten  $C_S$ -Maxima und die - im Vergleich mit anderen Zuflüssen der Tideelbe - hohen Minima- und Medianwerte sind auf die Einträge aus der Elbe zurückzuführen (siehe Kapitel 2.3.3.4).

**Tabelle 2.3-17: Abfluss und Schwebstoffgehalt in der Schwinge 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss (m <sup>3</sup> /s)			Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	0,2	0,5	1,9	49,5	118	214
1999	0,2	0,4	2,5	21,6	69,75	428
2000	-	-	-	43,5	63	248
2001	-	-	-	33	84,7	457
2002	-	-	-	12	45	115
2003	-	-	-	17	39	103
2004	-	-	-	22	39	100

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b) - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Schwinge/Symphonie. Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): Schwinge (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

### Lühe/Aue

Die Messstelle Mittelnkirchen befindet sich im tidebeeinflussten Bereich der Lühe. Abflussdaten liegen von dieser Messstation nicht vor. Daher werden zur Orientierung die Abflussdaten von der Messstelle Oersdorf angegeben, die sich im Mittellauf der Aue oberhalb des tidebeeinflussten Bereiches befindet.

Die in Tabelle 2.3-18 dokumentierten vereinzelt hohen C<sub>S</sub>-Maxima (Jahr 2000) sind auf Einträge aus der Elbe zurückzuführen.

**Tabelle 2.3-18: Abfluss und Schwebstoffgehalt in der Aue/Lühe 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss (m <sup>3</sup> /s)			Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	-	-	-	12,5	21,2	34,8
1999	-	-	-	15,2	24	46,8
2000	0,1	0,1	1,7	12	22,25	134
2001	0,1	0,3	1,9	12	21,75	48,8
2002	-	-	-	10	18	30
2003	-	-	-	11	24	65
2004	-	-	-	12	18	39

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b) - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Lühe/Mittelnkirchen. Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): Oersdorf (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

### Este, Seeve, Ilmenau, Luhe

Wie der nachfolgende Tabelle Tabelle 2.3-19 zu entnehmen ist, sind im Unterlauf der Este, die in den Wasserkörper Elbe West mündet, phasenweise erhöhte C<sub>S</sub>-Werte nachweisbar, die vermutlich auf Einträge aus der Elbe zurückzuführen sind.

Seeve, Ilmenau und Luhe münden oberhalb des Hamburger Hafens in den Wasserkörper Elbe Ost, erhöhte Einträge aus der Elbe treten hier nicht mehr auf. Aus dem tidebeeinflussten Unterlauf der Luhe liegen keine Angaben zu Schwebstoffgehalten vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die für ihre stabil günstige Wassergüte bekannte Luhe durchweg geringe C<sub>S</sub> aufweist, die etwa dem Niveau von Ilmenau und Seeve entsprechen.

**Tabelle 2.3-19: Abfluss und Schwebstoffgehalte in Este, Seeve und Ilmenau  
(Zeitraum 1998 - 2004)**

<b>Este</b>						
	<b>Abfluss bei Emmen (m<sup>3</sup>/s)</b>			<b>Abfiltrierbare Stoffe - Messstation Hove (mg/l)</b>		
<b>Jahr</b>	<b>Min</b>	<b>Median</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Median</b>	<b>Max</b>
1998	1,1	1,5	2,9	12,4	41,2	56,5
1999	1,0	1,5	5,1	8,8	38,4	52,0
2000	1,1	1,4	3,2	14,8	28,4	284,0
2001	-	-	-	20,4	43,2	292,0
2002	-	-	-	10,0	22,5	44,0
2003	-	-	-	12,0	25,0	72,0
2004	-	-	-	16	27	67
<b>Seeve</b>						
	<b>Abfluss bei Jehrden (m<sup>3</sup>/s)</b>			<b>Abfiltrierbare Stoffe - Messstation Hörsten (mg/l)</b>		
<b>Jahr</b>	<b>Min</b>	<b>Median</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Median</b>	<b>Max</b>
1998	2,7	3,8	7,1	< 10	13	22
1999	2,5	3,5	9,4	< 10	< 10	58
2000	2,8	3,9	5,4	< 10	< 10	12
2001	3,0	3,6	12,0	< 10	< 10	19
2002	-	-	-	< 10	< 10	18
2003	-	-	-	< 10	< 10	12
2004	-	-	-	< 10	< 10	36
<b>Ilmenau</b>						
	<b>Abfluss bei Bienenbüttel (m<sup>3</sup>/s)</b>			<b>Abfiltrierbare Stoffe - Messstation Stöckte (mg/l)</b>		
<b>Jahr</b>	<b>Min</b>	<b>Median</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Median</b>	<b>Max</b>
1998	4,9	7,4	25,1	< 10	12,5	38
1999	4,9	7,2	28,0	< 10	13	39
2000	4,3	6,7	12,3	< 10	13	36
2001	5,6	8,3	17,9	< 10	10,5	26
2002	-	-	-	< 10	14	27
2003	-	-	-	< 10	11,5	16
2004	-	-	-	< 10	12	41

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b)– zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004. Abflussdaten aus ARGE ELBE 2005b. Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

Das in die Elbe verbrachte Baggervolumen aus Nebenflüssen ist für die Schwebstoffaufladung der Tideelbe ohne Belang. Bereits PÖUN (1997) wies darauf hin, dass von dem in den Nebenflüssen gebaggerten Material ca. 60.000 m<sup>3</sup> (entspricht ungefähr 15 % der gesamten Baggermenge) in die Untereelbe umgelagert und der Rest landseitig verbracht wurde. Daran hat sich größenordnungsmäßig nichts geändert.

### 2.3.3 Salinität

Über die Salinität der Unter- und Außenelbe liegt umfangreiche Literatur vor, die für die nachfolgende Beschreibung ausgewertet wurde. Neben der im Text zitierten Literatur seien folgende Arbeiten hervorgehoben:

Bergemann (1995): Die Lage der oberen Brackwassergrenze im Elbeästuar.

Bergemann (2004): Die Trübungszone in der Tideelbe - Beschreibung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung.

Riedel-Lorjé et al. (1992): Salzgehalts- und Trübungsverhältnisse in dem oberen Brackwassergebiet der Elbe.

Riedel-Lorje et al. (1995): Das Vordringen ausgewählter Bodentiere im Elbe-Ästuar als Indikation für eine Verlagerung der oberen Brackwassergrenze.

BfG (2002): Untersuchung des ökologischen Entwicklungspotenzials der Unter- und Außenelbe (Ökologische Potenzialanalyse).

BAW (2005a) hat die Thematik vor allem unter Modellierungsaspekten sowie im Zusammenhang mit der Entwicklung einer Baggerstrategie für den Hamburger Hafen bearbeitet. Regelmäßige Salinitätsuntersuchungen führt die ARGE ELBE durch,<sup>23</sup> die Ergebnisse werden in jährlichen Güteberichten publiziert (zuletzt: ARGE ELBE 2004b). Eine aktuelle Bearbeitung, fokussiert auf vorhabensbedingte Auswirkungen der hier zu beurteilenden Fahrrinnenanpassung, hat BAW durchgeführt (Unterlage H.1a).

#### 2.3.3.1 Charakteristika der Salinität im UG

##### Definition der Brackwasserzone

Ein früher gebräuchliches System in Ästuarien waren Halinitätszonen, auf die diverse Autoren Bezug genommen haben. Halinitätszonen sind räumlich festgelegte Bereiche, die sich durch ihre mittleren Salzgehalte (S) bzw. durch ihre Salzgehaltsamplitude voneinander unterscheiden. Am bekanntesten ist das "Venecianische System" (Caspers 1959, abweichend NMU 2006), das fünf Bereiche unterscheidet:

Allg. Bezeichnung	Zone	Salinität [‰ S] (Caspers 1959)	Salinität [‰ S] (NMU 2006)
Meerwasser	(Euhalin)	S = > 30	S = > 30
Meerwasser	(Polyhalin)	S = 30-18	S = 30-18
Brackig-marin	(Mesohalin)	S = 18-5	S = 18-3
Brackig-limnisch	(Oligohalin)	S = 0,5-5	S = 3-0,5
Süßwasser	(limnisch)	S = < 0,5	S = < 0,5

<sup>23</sup> Die Probenahme für das Standard-Messprogramm erfolgt mehrmals jährlich im Abstand von ca. 5 km (vgl. Tab. Tabelle 2.3-31) bei voll laufendem Ebbestrom ca. 1 h vor dem Tideniedrigwasser aus der Fahrwassermitte. Während dieser Tidephase ist der Wasserkörper vertikal am besten (homogen) durchmischt. Die Längsprofilmessstellen sind in der Abbildung 2.3-1 (p.31) dargestellt.

Im UG sind alle Zonen vertreten, lediglich die euhaline Zone tritt nur phasenweise am unteren Rand des UG im Wasserkörper Küstengewässer auf. Die Salzgehalte betragen dort 15 bis 31 psu. Unterdessen haben sich davon abweichende Ansätze durchgesetzt, die sich teilweise nur auf ein bestimmtes Ästuar beziehen. An der Tideelbe hat Bergemann (1995) eine Definition insbesondere zur Lage der oberen Brackwassergrenze geliefert (s.u.).

Die Definition der sog. Brackwasserzone in Ästuarien ist auch ohne die Belastung mit begrifflichen und messtechnischen Problemen schwierig, da der Salzgehalt<sup>24</sup> in Ästuarien deterministisch mit der Periode der Gezeiten variiert und zusätzlich in Abhängigkeit von wetterbedingten Tidewasserständen (d.h. stochastisch, mit einer starken saisonalen Komponente). Insbesondere in der mesohalinen Zone (s.u.) können diese Schwankungen beträchtlich sein. Der Salzgehalt schwankt zudem in Abhängigkeit von Intensität und Dauer des Oberwasserzuflusses. Dieser Faktor dürfte in den meisten Ästuarien der einflussreichste sein. Bei Tideniedrigwasser ergibt sich i.d.R. eine gute Korrelation zwischen Salinität und Oberwasserabfluss (vgl. Abbildung 2.3-4, S. 6), auch bei Tidehochwasser ist diese Korrelation noch signifikant.

Der Salzgehalt in Ästuarien weist infolge einer zeitweise unvollständigen Durchmischung des Wasserkörpers eine vertikale Differenzierung auf. Das dichtere Seewasser verbleibt sohnah und wird vom Süßwasser überschichtet, wobei der Grad der Durchmischung je nach Gewässermorphologie und Strömungsbedingungen unterschiedlich ist.

Die WRRL berücksichtigt diese Differenzierungen nicht und definiert in den Begriffsbestimmungen nach Art. 2 das „Übergangsgewässer“ als Oberflächenwasserkörper in der Nähe von Flussmündungen, die aufgrund ihrer Nähe zu den Küstengewässern einen gewissen Salzgehalt aufweisen, aber im wesentlichen von Süßwasserströmungen beeinflusst werden. In der Tideelbe umfasst der Wasserkörper „Übergangsgewässer“ den Abschnitt von km 654,9 - 727,0 (vgl. Tabelle 1.3-2, S. 6).

Generell gilt die Tideelbe als gut durchmischt. Lokal und saisonal können allerdings Faktoren auftreten, die eine Durchmischung reduzieren (Phase vor Thw). Zum Kennterzeitpunkt der Flut sind unterschiedliche Dichten/Salinitäten in Fahrrinne und Randbereichen möglich.<sup>25</sup>

Diese Umstände haben die Konsensbildung auf Basis von Konventionen befördert. An der Tideelbe hat Bergemann (1995) dazu wichtige Arbeiten geleistet. Dabei konnte er sich auf einen umfangreichen Datenpool stützen, der an den übrigen Ästuarien Nordwestdeutschlands so nicht zur Verfügung steht<sup>26</sup>.

<sup>24</sup> Die Maßeinheit "Salzgehalt" ist historisch bedingt und wissenschaftlich nicht korrekt. Dies ist hier jedoch wenig belangvoll.

<sup>25</sup> Die Salinität des Porenwassers im Sediment weist eine geringere Schwankungsbreite als der Salzgehalt in dem über dem Sediment befindlichen Wasserkörper auf und lässt Rückschlüsse auf den mittleren Salzgehalt des überstehenden Wassers zu. Dieser Parameter ist für inbenthische Organismen relevant. In diesem Zusammenhang sei z. B. auf Steuwer & Köritz (1990) verwiesen, die bei Querschnittsuntersuchungen in der Tideelbe von der Überflutungszeit abhängige Zonierungen der Salinität im Porenwasser feststellten.

<sup>26</sup> Andernorts wird die Auswertung des teils sporadischen älteren Datenmaterials z. B. durch wechselnde Maßeinheiten (‰ Gesamt-Salzgehalt, ‰ Salzgehalt Chlorid, mg/l Chlorid etc.) u. Messverfahren erschwert.

Die obere Brackwassergrenze in der Tideelbe wurde von ARGE ELBE früher bei einem Chloridgehalt von 300 mg/l festgelegt. Dies entspricht einer elektrischen Leitfähigkeit von < 400 mS/m bzw. einem Salzgehalt von ca. 0,5‰ psu<sup>27</sup>. Bergemann (1995, 2004) hat eine neue Konvention zur Ermittlung der oberen und unteren Brackwassergrenze formuliert, die eng mit den von ARGE ELBE betriebenen Messstellen verknüpft ist und eine Rechenvorschrift zur Ableitung aus den erhobenen Daten beinhaltet. Die obere Brackwassergrenze wird als „Anstieg des Chloridgehaltes um 30 mg/l Cl über die mittlere Konzentration des angrenzenden Süßwasserbereiches festgelegt“. Damit ist ein Mittelwert gemeint, der für jedes(!) auszuwertende Chlorid-längsprofil neu berechnet wird. Derart soll die oberwasser- und einleitungsbedingte Schwankungsbreite der Chloridgehalte im limnischen Bereich der Elbe (1926 bis 1994: 40 - 740 mg/l Cl) berücksichtigt werden.<sup>28</sup>

### 2.3.3.2 Salinität im Hauptstrom der Tideelbe

#### Salinität in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe

##### Wasserkörper Elbe (Ost), Hafen und Elbe (West) (Wehr Geesthacht bis Mühlenberger Loch, km 586,0 - 654,9)

In diesen limnischen Abschnitten des UG treten anthropogen erhöhte Salzgehalte auf, die vor allem aus Einleitungen in Saale und Bode herrühren und von oberstrom in die Tideelbe eingetragen werden. ARGE ELBE (2004a) gibt den Chloridgehalt mit rund 160 mg/l (langjähriges Mittel) an.

##### Wasserkörper Übergangsgewässer (Schwinge-Mündung bis Kugelbake, km 654,9 - 727,0)

ARGE ELBE (2004a) gibt die Salinität in diesem Wasserkörper mit oligohalin bis polyhalin (0,3 bis 22 ‰) an. Das Übergangsgewässer ist durch den vom Meer her tideabhängig eindringenden Salzgehalt gekennzeichnet<sup>29</sup>. Die Salzgehalte an einer gegebenen Lokation erreichen in diesem Gewässerabschnitt ihr Maximum i.d.R. bei Flutkenterpunkt oder kurz danach. Die Minimalwerte treten bei Ebbekenterpunkt oder kurz danach auf.

Auf der Grundlage von Daten aus dem Zeitraum von 1954 bis 1994 (Messung des Chloridgehaltes) definierte Bergemann den limnischen Abschnitt der Tideelbe bei Kenterung des Flutstromes (Kf) abflussdifferenziert wie folgt:

<sup>27</sup> Sp weicht nach Schulze (1988, Untersuchungen im Emsästuar) um < 0,5 ‰ von durch Dichtebestimmung oder Summation der salzbildenden Ionen ermittelten Salzgehalten ab u. soll definitionsgemäß nicht für Salzgehalte < 2 ‰ berechnet werden. Schulze weist jedoch darauf hin, dass Sp auch für Salzgehalte < 2 ‰ näherungsweise berechnet werden kann.

<sup>28</sup> Beginnend mit der Messstelle Teufelsbrück (km 630) wird schrittweise stromab der arithmetische Mittelwert des Chloridgehaltes berechnet, bis der nächstfolgende Messwert den Mittelwert um mindestens 30 mg/l Chlorid überschreitet. Zwischen den letzten beiden Messwerten wird dann linear interpoliert, um die genaue Lage der Grenzwertüberschreitung (Mittelwert + 30 mg/l Chlorid) festzustellen.

<sup>29</sup> Die Salzeinleitung im Raum Stade mit einer Jahresfracht von ca.  $1,3 \times 10^6$  t Chlorid ist in diesem Zusammenhang weitgehend irrelevant.

---

**Oberwasserzufluss (m<sup>3</sup>/s)      obere Brackwassergrenze**

---

- niedrig (< 400)                      ca. km 645 (zwischen Lühesand u. Hanskalbsand)
- mittel (um 700)                      ca. km 670 (unterhalb Glückstadt)
- hoch (> 1000)                      ca. km 690 (zwischen Freiburg u. Brunsbüttel).

Die räumliche Lage der oberen Brackwassergrenze variiert also in Abhängigkeit von den o.g. hydrologischen und meteorologischen Randbedingungen innerhalb eines etwa 45 km langen Abschnittes der Tideelbe. Die Verschiebung nach ober- und unterstrom verläuft dabei nicht nur in der Tideelbe sondern auch in anderen Ästuarrien unterschiedlich. Der Anstieg der Salzgehalte nach oberstrom (Abbildung 2.3-4, S. 56) dauert bei niedrigem Oberwasserzufluss mehrere Wochen. Bei beachtlich zunehmendem Oberwasserzufluss bedarf es dagegen nur weniger Tiden, um die obere Brackwassergrenze stromab zu verlagern.

Bergemann (1995) fand bei mittleren und hohen Oberwasserzuflüssen keinen statistisch abgesicherten Trend hinsichtlich einer Lageverschiebung der oberen Brackwassergrenze im Zeitraum 1953 bis 1994, teilt jedoch bei niedrigem Oberwasserzufluss eine statistisch absicherbare Verlagerung nach oberstrom mit. Die obere Brackwassergrenze hat sich im betrachteten Zeitraum danach um 5 bis 20 km stromauf verlagert, wobei wegen der breit streuenden Werte keine genauere Angabe möglich ist. Demnach hat sich die obere Brackwassergrenze aus dem Bereich um km 670 (Kraut-sand) in den Bereich um km 655 (Schwinge-Mündung = obere Begrenzung des Wasserkörpers Übergangsgewässer)<sup>30</sup> verlagert. Ähnliche Ergebnisse teilen Riedel-Lorje et al. (1995) auf bioindikatorischer Basis mit.

In PÖUN (1997) wurde als vorhabensbedingte Auswirkung der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung eine (weitere) Verschiebung des sogenannten „Salzkeils“ um 500 m stromauf prognostiziert. Im Rahmen von Beweissicherungsmaßnahmen wird untersucht, ob dieses eingetreten ist und sich Leitfähigkeit/Salzgehalt im Längsverlauf der Tideelbe signifikant geändert haben. WSA Hamburg (2001) führen dazu aus, dass „*die kontinuierliche Untersuchung einer Verschiebung der Salzgehaltsverteilung im Längsschnitt der Elbe*“, ebenso wie die Untersuchung von durch die Baumaßnahmen beeinflussten „Trends“ mit den verfügbaren Messergebnissen nicht möglich sei. „*Lediglich signifikante Änderungen (Sprünge) nach 2000*“ würden ggf. auf Auswirkungen der Baumaßnahme hindeuten, dieses sei jedoch „*aus den Messreihen nicht ableitbar*“. Der 4. Beweissicherungsbericht (WSA Hamburg 2005a) stellt fest, dass bei Vorhandensein mehrjähriger Datenreihen ggf. Trendanalysen möglich sein werden, bislang im Beobachtungszeitraum jedoch keine erkennbaren Einflüsse durch die Fahrrinnenanpassung 1999 detektiert wurden (Hinweis: die prognostizierten Änderungen liegen im Grenzbereich der Messbarkeit).

Bergemann (2004) betrachtet nach Durchführung der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung ein erweitertes Datenkollektiv mit Chloridmessungen bis einschließlich 2003 und findet eine Fortsetzung des 1995 ermittelten Trends. ARGE ELBE (2005c)

---

<sup>30</sup> Bergemann vermutet einen Zusammenhang mit dem „in diesem Zeitraum erfolgten Ausbau der Unterelbe von 10 m auf 13,5 m unter MTnw“.

erweitert den Betrachtungszeitraum um Daten aus 2004 und bestätigt nochmals dieses Ergebnis (Abbildung 2.3-5).

In Tabelle 2.3-20 werden, aus den oberflächennahen Längsprofilmessungen der Wassergütstelle Elbe, einige Kenngrößen der Chloridgehalte für den Zeitraum 1998 bis 2004 mitgeteilt. Die ausgeprägte Variabilität im Wasserkörper Übergangsgewässer wird verdeutlicht: Betrachtet man den Median, so tritt ein ausgeprägter Anstieg der Chloridgehalte erst bei km 689 auf. Bei hohem Oberwasserzufluss verschiebt sich dieser Anstieg, ablesbar an den Minima bis in den Bereich zwischen den Messstellen km 710 und 721,6, bei niedrigem Oberwasserzufluss (oder Wind- und Sturmfluten) nach oberstrom bis in den Bereich der Messstelle 675,5.

#### Wasserkörper Küstengewässer (Kugelbake bis Scharhörn, km 727,0 - 746,3) und UG bis km 756

ARGE ELBE (2004a) gibt die Salinität in diesem Wasserkörper bzw. dem bis km 756 ausgedehnten UG mit < 29 PSU an. WSA Hamburg (2001) diskutieren einige Stationen (LZ4, auch LZ4b und Cuxhaven), die bezogen auf die Tidephasen Besonderheiten zeigen, da hier kurz nach der Flutstromkenterung (Kf) der Salzgehalt deutlich abfällt (typisch sind maximale Salinitäten bei Kf und/oder kurz danach). Als vorläufiger Erklärungsversuch wird auf einen - möglicherweise in der Medemrinne befindlichen - salzärmeren Wasserkörper verwiesen, der durch den Ebbstrom über den Spitzsand Richtung Station LZ4 und durch die Medemrinne Richtung Cuxhaven abgeleitet wird. Der nachfolgende leichte Anstieg der Salinität bei laufendem Ebbstrom könnte auf salzhaltigerem Wasser aus der Hauptrinne beruhen.

**Tabelle 2.3-20: Chloridgehalte (mg/l Cl) in der Tideelbe von 1998 bis 2004**

Wasserkörper	km	Min	Median	Max
Elbe (Ost)	589	31	134	234
	598,7	30	135	235
	609	30	130	231
Hafen (Norderelbe)	615,3	30	131	232
	623,5	29	129	207
	626,7	30	129	214
	628,8	33	128	215
Elbe (West)	636,1	29	127	215
	641	30	128	245
	645,5	31	123	232
	650	30	121	325
	653	28	128	304
Übergangsgewässer	655	30	135	325
	660,5	30	148	355
	662,7	33	159,5	452
	665	32	173,5	497
	670	35	191	597
	675,5	38	205	1.140
	681,4	48	221	2.260
	689	43	487,5	3.260
	693	47	870,5	5.600
	704	62	2.515	6.370
	710	69	3.480	8.070
721,6	374	7.045	10.100	
Küstengewässer	727	717	8.160	11.900
	746,3	7.220	13.950	16.100
	757	9.650	15.300	18.200

Erläuterung: Datengrundlage sind die Längsprofilmessungen der Wassergütestelle Elbe von 1998 bis 2004 (ARGE ELBE 2005b)  
Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe

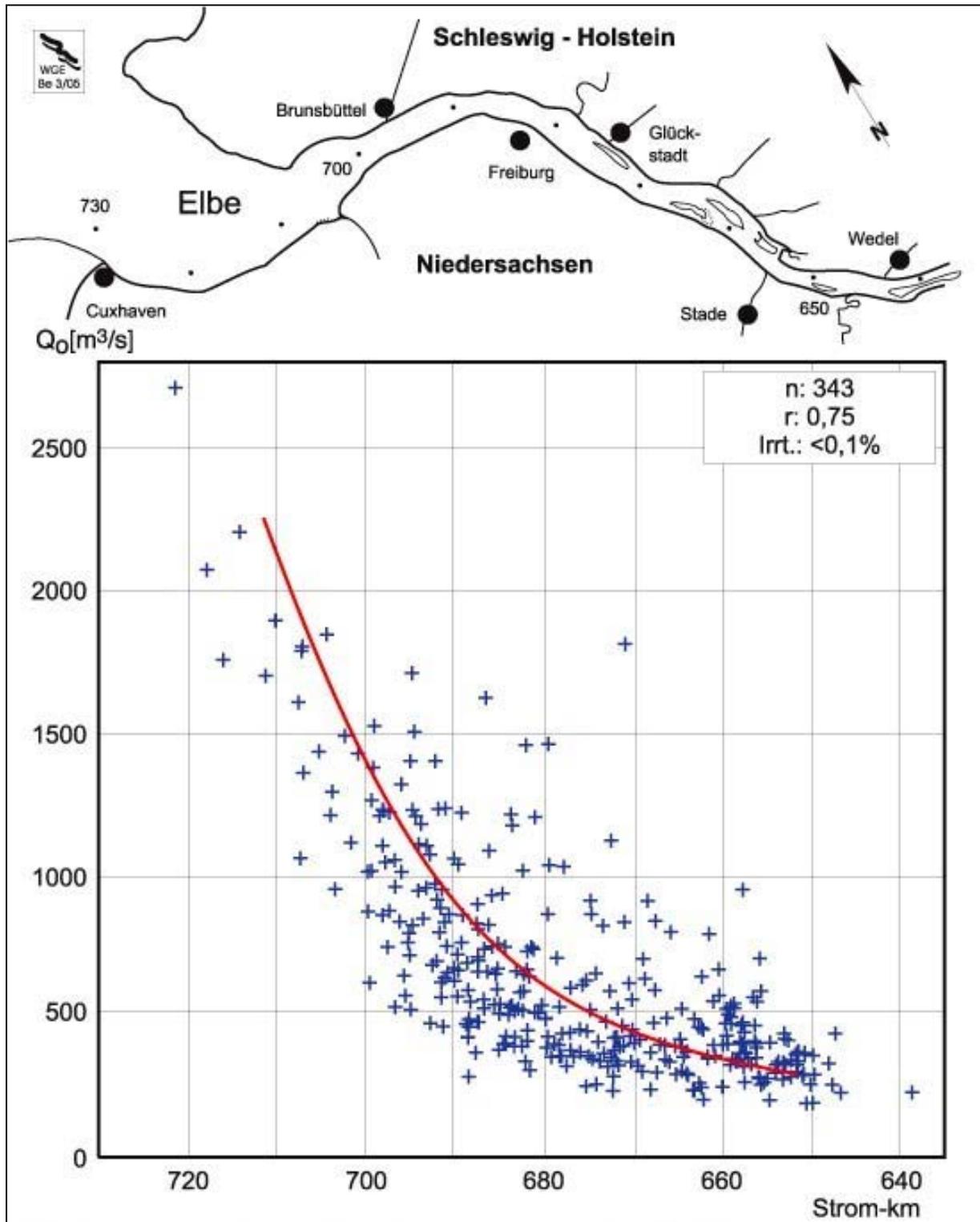


Abbildung 2.3-4: Verlagerung der oberen Brackwassergrenze in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss (gewichtetes 3-Wochen-Mittel; aus ARGE ELBE 2005c)

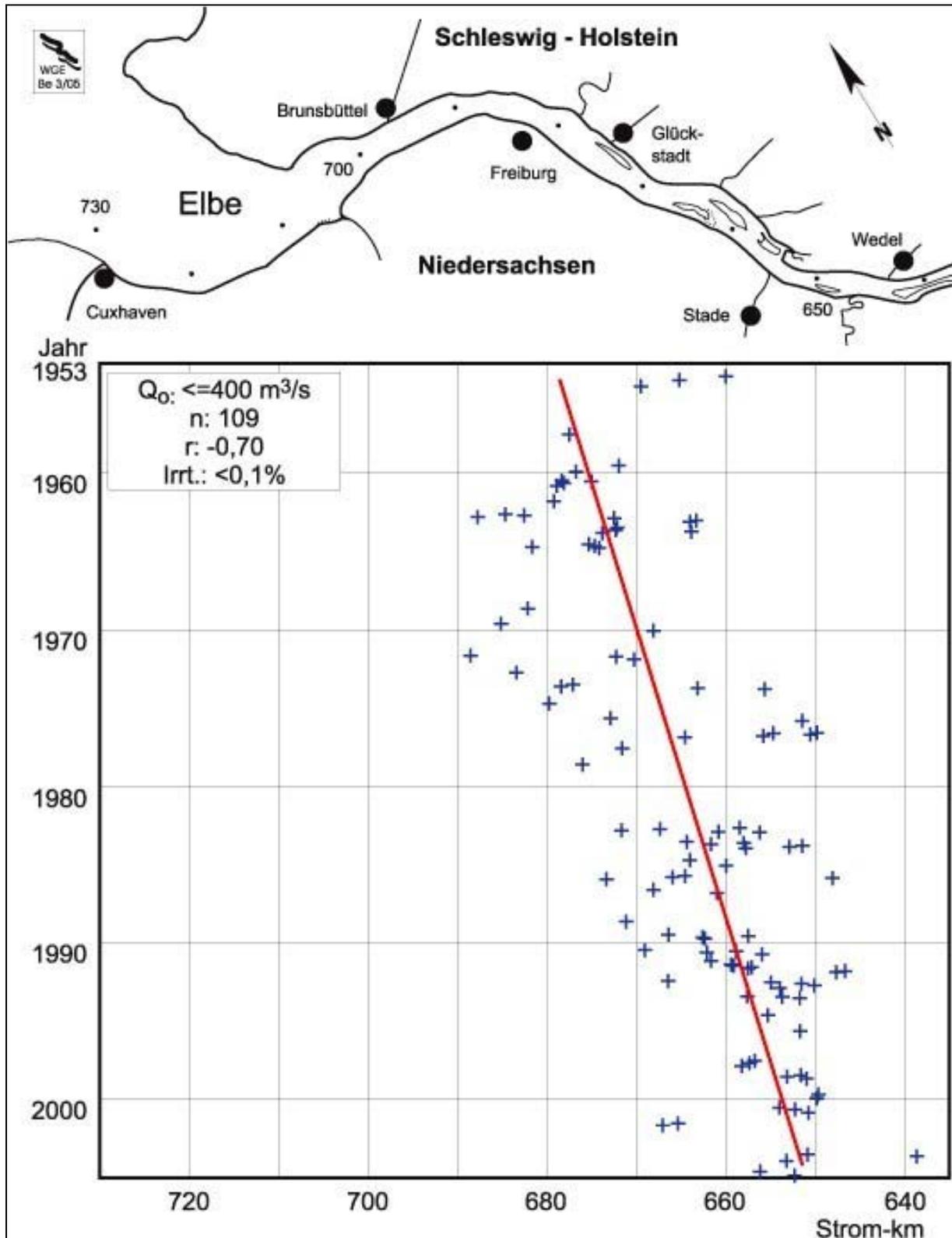


Abbildung 2.3-5: Verlagerung der oberen Brackwassergrenze (1h vor Tnw) bei niedrigen Oberwasserabflüssen 1953 - 2004 (aus ARGE ELBE 2005c)

### August-Hochwasser 2002

ARGE ELBE (2003) hat die Auswirkungen des August-Hochwassers 2002 detailliert untersucht. In der Tideelbe oberhalb von Hamburg stieg das Tnw (Pegel Zollenspieker) um ca. 400 cm an, das Thw lediglich um 80 cm. Die elektrische Leitfähigkeit der vier in ARGE ELBE (2003) genannten Querprofilmischproben lag verdünnungsbedingt, mit Werten zwischen 40 und 52 mS/m, im Vergleich zu den Monatsmittelwerten des Vorjahres 2001 um bis zur Hälfte niedriger.

#### **2.3.3.3 Salinität in den Nebengewässern**

Abgesehen von Phasen mit langandauernd geringem Oberwasserzufluss, bei denen (durch Dichteunterschiede bedingt) salzhaltiges Wasser sohnah nach oberstrom vordringen kann, ist die Tideelbe gut durchmischt. Beachtliche Salinitäts-Unterschiede zwischen Hauptstrom und Nebengewässern (Nebenelben) treten nicht auf. Die Nebengewässer werden hinsichtlich der Salzgehalte durch die im Hauptstrom herrschenden Verhältnisse geprägt.

In Tabelle 2.3-21 sind ausgewählte Daten aus dem Hauptstrom (Tabelle 2.3-20) zu den Daten aus den Nebenelbe gestellt worden. Die Daten sind nicht direkt vergleichbar, genügen jedoch einer Orientierung. Größenordnungsmäßig weichen die Chloridgehalte aus den Nebenelben und nahegelegenen Messstellen im Hauptstrom nicht voneinander ab. Die Messstellen im Hauptstrom weisen im Wasserkörper Übergangsgewässer jedoch höhere Maximalwerte nach (Höhe Pagensander u. Glückstädter Nebenelbe). Auf Grund der in diesem Wasserkörper gegebenen hohen Variabilität der Salzgehalte sind diese (vermutlich auch nur phasenweise gegebenen) Unterschiede jedoch ohne Belang.

**Tabelle 2.3-21: Chloridgehalte im Hauptstrom sowie angrenzenden Nebengewässern der Tideelbe von 1998 bis 2004**

	Chloridgehalt (mg/l Cl)		
	Min	Median	Max
Hahnöfer Nebenelbe	39	120	218
Hauptstrom km 640	30	128	245
Lühesander Süderelbe	31	128,5	237
Hauptstrom km 645,5	31	121	232
Pagensander Nebenelbe	29	147	384
Hauptstrom km 662,7	33	159,5	452
Glückstädter Nebenelbe	32	183,5	427
Hauptstrom km 670	38	191	597

Erläuterung: Datengrundlage sind die Längsprofilmessungen der Wassergütestelle Elbe von 1998 bis 2004 (ARGE ELBE 2005b)  
Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe  
Anzahl der Messwerte: 42 je Nebenelbe

### 2.3.3.4 Salinität in den Nebenflüssen der Tideelbe

Die Stör und die Oste befinden sich, außer bei Extremereignissen, im Einflussbereich der Brackwasserzone der Elbe. Diese größten tidebeeinflussten Nebenflusssysteme der Elbe weisen jeweils eine eigene Brackwasserzone auf. Pinnau, Krückau und Schwinge befinden sich bei anhaltend niedrigen Oberwasserzuflüssen der Tideelbe im oberen Bereich der Brackwasserzone. Diese Nebenflüsse weisen phasenweise eine Brackwasserzone auf.

#### Stör

Die Brackwassereinträge aus der Elbe lassen sich anhand der erhöhten Chloridgehalte im Unterlauf der Stör (siehe Tabelle 2.3-22) nachweisen. In Abhängigkeit von der Menge des Oberwasserabflusses der Stör wird mit dem Flutstrom salzhaltiges Wasser mehr oder weniger weit in der Stör aufwärts verlagert. Die obere Brackwassergrenze (Grenze zum limnischen Bereich) befindet sich jedoch unterhalb von Heiligenstedten und wird durch diese Messstelle nicht erfasst. Im Sinne der WRRL beachtenswerte anthropogene Salzeinleitungen in die Stör sind nicht bekannt.

**Tabelle 2.3-22: Abfluss und Chloridgehalt in der Stör 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Willenscharen (m <sup>3</sup> /s)			Chloridgehalt (mg/l Cl)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	3,2	4,5	16,9	31	54	77
1999	2,5	4,2	16,7	38	58	84
2000	2,4	3,5	14,9	34	63	87
2001	2,8	5,7	10,3	43	52	88
2002	-	-	-	30	47	70
2003	-	-	-	39	60,5	78
2004	-	-	-	38	51	71

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b) - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Stör/Heiligenstedten (Klappbrücke, km 28,1). Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): Willenscharen (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

#### Krückau

Die Mündung der Krückau befindet sich phasenweise im oberen Bereich der Brackwasserzone der Tideelbe. Da Brackwasser aus der Elbe zeitweise bis Elmshorn in die Krückau eingetragen wird, befindet sich die obere Grenze der Brackwasserzone in diesem Bereich. An der oberhalb des Hafens Elmshorn liegenden Messstelle sind die Brackwassereinträge jedoch nicht mehr nachweisbar. Dies zeigen die niedrigen Maximalwerte und der geringe Schwankungsbereich der Chloridgehalte in Tabelle 2.3-23. Im Sinne der WRRL beachtenswerte anthropogene Salzeinleitungen in die Krückau sind nicht bekannt.

**Tabelle 2.3-23: Chloridgehalt in der Krückau 1998 bis 2004**

Jahr	Chloridgehalt (mg/l Cl)		
	Min	Median	Max
1998	22	30,5	37
1999	26	31	36
2000	22	30	51
2001	23	32	37
2002	20	30	38
2003	17	32	47
2004	27	32	59

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b) - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Krückau/Elmshorn (oberhalb Hafen). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe. Abflussdaten liegen für die Krückau aus den Jahren 1998 - 2004 nicht vor.

### Pinnau

Brackwassereinträge aus der Elbe in die untere Pinnau kommen sehr selten vor, da die obere Grenze der Brackwasserzone in der Tideelbe nur bei langandauernd geringem Oberwasserzufluss bis zur Pinnau-Mündung vordringt. An der im tidebeeinflussten Bereich der Pinnau gelegenen Messstelle Pinneberg (Eisenbahnbrücke) ist der Brackwassereinfluss nicht mehr nachweisbar. Dies zeigen die niedrigen Maximalwerte und der geringe Schwankungsbereich der Chloridgehalte in Tabelle 2.3-24). Im Sinne der WRRL beachtenswerte anthropogene Salzeinleitungen in die Pinnau sind nicht bekannt.

**Tabelle 2.3-24: Abfluss und Chloridgehalt in der Pinnau 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Renzel (m <sup>3</sup> /s)			Chloridgehalt (mg/l Cl)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	0,2	0,5	3,6	25	34,5	39
1999	0,2	0,4	4,9	23	36	50
2000	0,2	0,4	2,3	31	35	38
2001	0,2	0,6	2,5	25	35	41
2002	-	-	-	19	31	45
2003	-	-	-	28	35	45
2004	-	-	-	27	33	38

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b)– zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Pinnau/Pinneberg (Eisenbahnbrücke). Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): : Renzel (Mittelauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

### Wedeler Au/Hetlinger Binnenelbe und Flottbek

Aus diesem Gewässer liegen keine Salinitätsmessungen vor. Da sich die Mündungsbereiche von Wedeler Au, Hetlinger Binnenelbe und Flottbek oberhalb der Brackwasserzone der Tideelbe befinden, sind Brackwassereinträge in die Gewässer auszuschließen. Allerdings werden die von eindringendem Elbewasser beeinflussten Unterläufe der Gewässer von den in der Tideelbe herrschenden Verhältnissen geprägt. Anthropogene Salzeinleitungen in diese Gewässer sind nicht bekannt.

## Oste

Die im Mündungsbereich der Oste erhöhten Chloridgehalte sind auf Brackwassereinträge aus der Elbe zurückzuführen. In Abhängigkeit von der Menge des Oberwasserabflusses der Oste wird mit dem Flutstrom salzhaltiges Wasser mehr oder weniger weit in der Oste aufwärts verlagert. Der tidebeeinflusste Unterlauf weist bis ungefähr Oberndorf wechselnde Salzgehalte auf, d. h. im Bereich um Oberndorf befindet sich die obere Brackwassergrenze der Oste. Im Sinne der WRRL beachtenswerte anthropogene Salzeinleitungen in die Oste sind nicht bekannt.

**Tabelle 2.3-25: Abfluss und Chloridgehalt in der Oste 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Rockstedt (m <sup>3</sup> /s)			Chloridgehalt (mg/l Cl)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	2,2	4,6	19,5	31	49	74
1999	1,3	3,2	35,1	29	53	180
2000	1,9	3,1	20,1	24	55	120
2001	2,1	5,7	27,8	20	43,5	97
2002	-	-	-	12	31	49
2003	-	-	-	24	56	260
2004	-	-	-	30	43	96

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b) - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Oste/Oberndorf (km 63,3). Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): Oste/Rockstedt (Mittelauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe; Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

## Freiburger Hafenpriel

Aus diesem Gewässer liegen keine Salinitätsmessungen vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Freiburger Hafenpriel aufgrund seiner Lage im Bereich der Brackwasserzone der Tideelbe wechselnde Salzgehalte aufweist. Wegen des sehr geringen Oberwasserzuflusses dürften die Salzgehalte im Hafenpriel von den im Hauptstrom der Tideelbe herrschenden Verhältnissen geprägt sein.

## Zuflüsse/Nebengewässer im Bereich Krautsand und Asseler Sand

Die in dem Bereich von km 660 bis 676 liegenden Gewässer (Wischhafener Süderelbe, Krautsander Binnenelbe, Ruthenstrom, Gauensieker Schleusenfleth, Gauensieker Süderelbe, Barnkruger Süderelbe, Barnkruger Loch, Bützflether Süderelbe) sind durch den tidephasen-abhängig teils nur zeitweise gegebenen Anschluss an den Hauptstrom gekennzeichnet. Wegen des sehr geringen Oberwasserzuflusses dürften die Salzgehalte der Zuflüsse/Nebengewässer im Bereich Krautsand und Asseler Sand von den im Hauptstrom der Tideelbe herrschenden Verhältnissen geprägt sein.

## Schwinge

Die Mündung der Schwinge markiert den Beginn des Wasserkörpers Übergangsgewässer, mithin den oberen Bereich der Brackwasserzone in der Tideelbe. Der tidebeeinflusste Unterlauf der Schwinge weist auf niedrigem Niveau wechselnde Salzgehalte auf. Dies belegen die in Tabelle 2.3-26 mitgeteilten maximalen Chloridgehalte, die etwa um den Faktor 4-5 höher sind als die Minima. Im Sinne der WRRL beachtenswerte anthropogene Salzeinleitungen in die Schwinge sind nicht bekannt.

**Tabelle 2.3-26: Abfluss und Chloridgehalt in der Schwinge 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Schwinge (m <sup>3</sup> /s)			Chloridgehalt (mg/l Cl)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	0,2	0,5	1,9	34	59	140
1999	0,2	0,4	2,5	24	63	120
2000	-	-	-	28	61	86
2001	-	-	-	26	55	85
2002	-	-	-	11	50	62
2003	-	-	-	43	65	140
2004	-	-	-	28	54	110

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b) - zwei- bzw. vierwöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Schwinge/Symphonie. Abflussdaten: Schwinge (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

### Lühe/Aue

Die Mündung der Lühe (Aue) befindet sich im limnisch geprägten Wasserkörper Elbe-West. Die in Tabelle 2.3-27 dargestellten Daten deuten kaum auf wechselnde Chloridgehalte infolge von temporären Brackwassereinträgen hin. Die Maximalwerte liegen (auf niedrigem Niveau) lediglich um den Faktor 2 - 3 höher als die Minima. Bei dem Maximum im Jahr 1999 (440 mg Chlorid/l) handelt es sich um einen Wert, der am 21.06.1999 gemessen wurde (statistischer Ausreißer, Ursache unklar). Der zweithöchste Wert lag in diesem Jahr bei 47 mg Chlorid/l. Im Sinne der WRRL beachtenswerte anthropogene Salzeinleitungen in die Aue/Lühe sind nicht bekannt.

**Tabelle 2.3-27: Abfluss und Chloridgehalt in der Lühe/Aue von 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Oersdorf (m <sup>3</sup> /s)			Chloridgehalt (mg/l Cl)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	-	-	-	28	41	50
1999	-	-	-	19	43	440*
2000	0,1	0,1	1,7	23	41,5	75
2001	0,1	0,3	1,9	20	36	47
2002	-	-	-	11	33	38
2003	-	-	-	27	41	57
2004	-	-	-	24	37	46

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b) - zwei- bzw. vierwöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Lühe/Mittelnkirchen. Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): Oersdorf (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe \* = Messung am 21.06.1999, - = Daten liegen nicht vor.

### Este, Seeve, Luhe und Ilmenau

Die in den drei nachfolgenden Tabellen behandelten Zuflüsse Este, Seeve und Ilmenau befinden sich, ebenso wie die Luhe, außerhalb des durch die Brackwasserzone der Tideelbe beeinflussten Bereiches. Die Mündung der Este markiert die etwa die Abgrenzung der Wasserkörper Hafen und Elbe(West), die übrigen Nebenflüsse liegen münden weiter oberstrom im Wasserkörper Elbe (Ost). Im Sinne der WRRL beachtenswerte anthropogene Salzeinleitungen in diese Gewässer sind nicht bekannt. Die Unterläufe der Gewässer sind tidebeeinflusst (Este bis Buxtehude, Seeve bis Hörsten, Ilmenau bis Schleuse Fahrenholz, Luhe bis Winsen).

Lediglich im Unterlauf der Este, die in das Mühlenberger Loch mündet, deuten sich in den Maxima teils geringfügig erhöhte Chloridgehalte an. Die teils erhöhten Chloridgehalte in der Ilmenau sind auf natürliche Salzeinträge aus Salzstöcken im Einzugsgebiet zurückzuführen. Aus dem tidebeeinflussten Unterlauf der Luhe liegen keine Angaben zu Salzgehalten vor. Auf Grund der im Elbästuar weit nach oberstrom verschobenen Luhe-Mündung ist davon auszugehen, dass die Luhe keine erhöhten Salzgehalten aufweist und die Verhältnisse mit denen in der Seeve vergleichbar sind.

**Tabelle 2.3-28: Abfluss und Chloridgehalt in der Este 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Emmen (m <sup>3</sup> /s)			Chloridgehalt (mg/l Cl)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	1,1	1,5	2,9	43	52	58
1999	1,0	1,5	5,1	29	45	54
2000	1,1	1,4	3,2	36	49	60
2001	-	-	-	31	47,5	66
2002	-	-	-	21	41	48
2003	-	-	-	37	47	59
2004	-	-	-	35	41	63

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b) - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Este, Hove. Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): Emmen (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

**Tabelle 2.3-29: Abfluss und Chloridgehalt in der Seeve 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Jehrden (m <sup>3</sup> /s)			Chloridgehalt (mg/l Cl)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	2,7	3,8	7,1	3,2	4,5	5,5
1999	2,5	3,5	9,4	20	28	34
2000	2,8	3,9	5,4	26	30	32
2001	3,0	3,6	12,0	15	32	40
2002	-	-	-	25	30	46
2003	-	-	-	29	37	61
2004	-	-	-	21	33	42

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b) - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Seeve, Hörsten. Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): Jehrden (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

**Tabelle 2.3-30: Abfluss und Chloridgehalt in der Ilmenau 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Bienenbüttel (m <sup>3</sup> /s)			Chloridgehalt (mg/l Cl)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1998	4,9	7,4	25,1	56	79	150
1999	4,9	7,2	28,0	49	67	168
2000	4,3	6,7	12,3	55	65	88
2001	5,6	8,3	17,9	44	59	92
2002	-	-	-	33	57	90
2003	-	-	-	51	61	72
2004	-	-	-	46	63	90

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE (2005b) - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Ilmenau, Stöckte. Abflussdaten (aus ARGE ELBE 2005b): Bienenbüttel (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe, - = Daten liegen nicht vor.

### 2.3.4 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt

Über den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt der Tideelbe liegt umfangreiche Literatur vor, die für die nachfolgende Beschreibung ausgewertet wurde. Neben der im Text zitierten Literatur sei eingangs auf die noch immer aktuelle Darstellung des Sauerstoffhaushaltes der Tideelbe in Bergemann et al. (1996) sowie die aktuellen Übersichten in ARGE ELBE (2004c) und BfG (2002) hingewiesen. Detailspekte des Themas werden u.a. in Kerner & Gramm (1995) und Kerner et al. (1995) diskutiert.

Die ARGE ELBE führt regelmäßig gewässeranalytische Untersuchungen durch<sup>31</sup> (s. Bergemann 2004) und veröffentlicht die Ergebnisse in jährlichen Güteberichten (zuletzt: ARGE ELBE 2004b). Die Ergebnisse der regelmäßigen Messungen der ARGE Elbe, insbesondere die monatlichen Längsprofile, sind Datengrundlage für die nachfolgende Beschreibung des Sauerstoff- und Nährstoffhaushaltes im UG. Den jährlich herausgegebenen Zahlentafeln zu den "Wassergütedaten der Elbe" (ARGE ELBE 2005a) können alle relevanten Informationen entnommen werden (Lage der Messstationen, Methode und Zeitpunkt der Probenahmen, Analyseverfahren).

Dies gilt auch für den größten Teil der Nebengewässer, insbesondere an den Lokationen, wo mess- und beobachtbare vorhabensbedingte Auswirkungen zu erwarten sind. Die in den Untersuchungen zur Tidedynamik (Unterlage H.1a), insbesondere in den meisten Elbenebenflüssen, prognostizierten Auswirkungen sind nur im Rechenmodell nachweisbar. In der Natur werden diese Auswirkungen nicht mess- und beobachtbar sein<sup>32</sup>. Daher können - soweit nicht mess- und beobachtbare Auswirkungen prognostiziert werden - die Ausführungen in der Bestandsbeschreibung im Sinne der Konzentration auf entscheidungserhebliche Sachverhalte knapp gehalten werden.

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur vorangegangenen Fahrrinnenanpassung (PÖUN 1997) wurden die Messdaten der ARGE ELBE einer umfangreichen Auswertung unterzogen. Eine Aufbereitung von Daten erfolgt im vorliegenden Gutachten nur insoweit, wie dieses für die Bestandsbeschreibung und die Prognose vorhabensbedingter Auswirkungen der geplanten Fahrrinnenanpassung an die Containerschiffahrt erforderlich ist. Betrachtet werden die Parameter Sauerstoffkonzentration, Sauerstoffsättigung und Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB 5, Zehrung 7) sowie die Nährstoffe Nitrat, Ammonium und Phosphat.

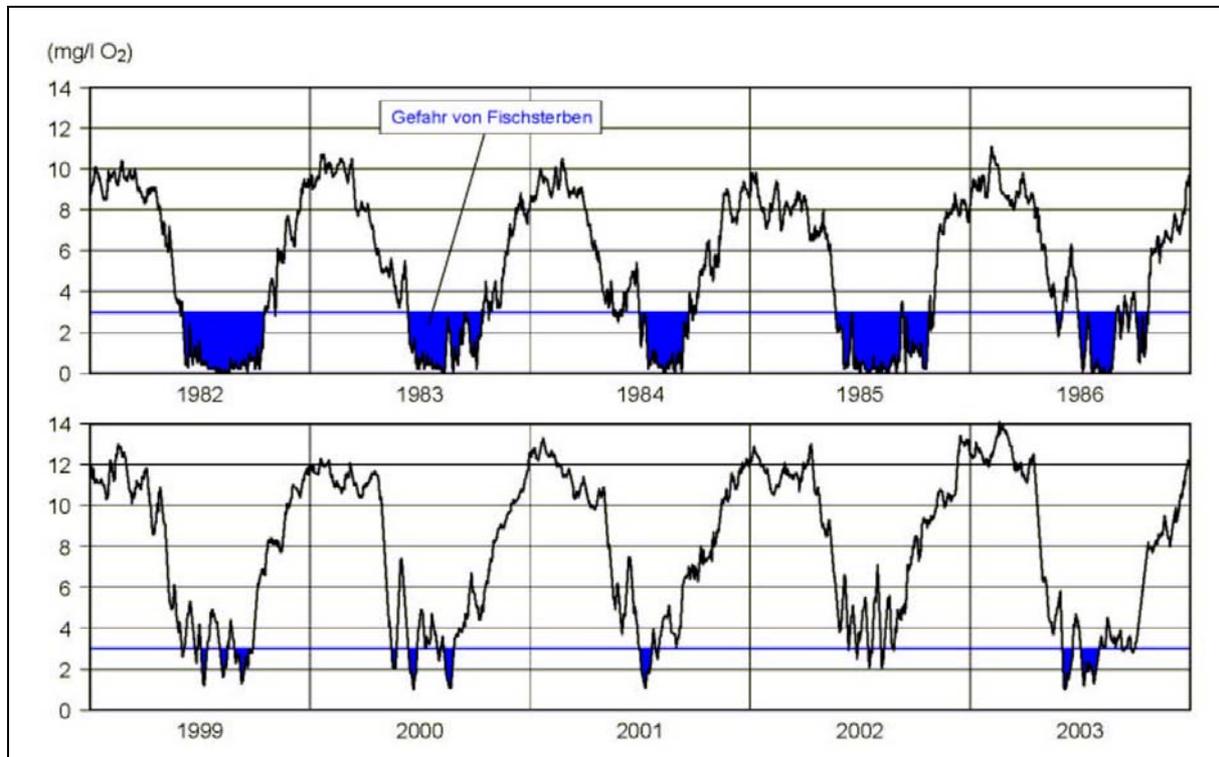
#### 2.3.4.1 Charakteristika des Sauerstoff- und Nährstoffhaushaltes im UG

In der Tideelbe weist der Sauerstoffgehalt zeitweise deutliche Defizite auf. Im Sommerhalbjahr sind bei geringem Oberwasserzufluss im Abschnitt von ca. km 630 bis km 650 regelmäßig Sauerstoffmangelsituationen zu verzeichnen (Abbildung 2.3-6). Seit etwa Mitte der 1990er Jahre ist dies vor allem durch den Eintrag biologisch ab-

<sup>31</sup> Die Probennahme für das Standard-Messprogramm erfolgt einmal monatlich im Abstand von ca. 5 km (vgl. Tabelle 2.3-31) bei voll laufendem Ebbestrom ca. 1 h vor dem Tideniedrigwasser aus der Fahrwassermitte. Während dieser Tidephase ist der Wasserkörper vertikal am besten (homogen) durchmischt.

<sup>32</sup> Zur Mess- und Beobachtbarkeit von vorhabensbedingten Auswirkungen s. Unterlage E, Kapitel 1.2 (zusammenfassender UVU-Bericht)

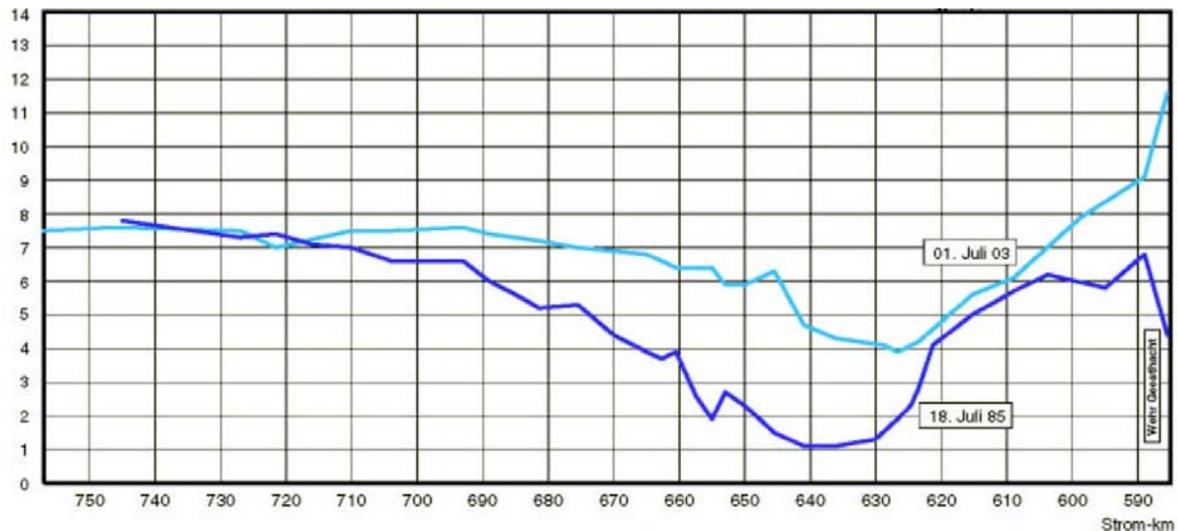
baubaren organischen Materials aus der Mittel- und Außenelbe begründet. Nach dem Rückgang der hohen Belastungen mit organischen und anorganischen Schadstoffen, die zur Zeit der Existenz der DDR bestanden, kommt es dort zu starken Phytoplanktonblüten und einer daraus folgenden hohen Sekundärbelastung der Unterelbe. Abbildung 2.3-6 dokumentiert die im Vergleich zur Mitte der 80er Jahre eingetretene Verbesserung der Sauerstoffgehalte im Hamburger Hafen.



**Abbildung 2.3-6: Sauerstoffgehalte (Tagesminima) bei Seemannshöft (km 628,8) 1982 - 2003 (aus ARGE ELBE 2004c), hervorgehoben („Gefahr von Fischsterben“) ist die 3 mg/l-Linie**

Die Algen aus der Mittel- und Außenelbe sterben in den Wasserkörpern Hafen und Elbe (West) aufgrund mangelnder Lichtversorgung ab<sup>33</sup>. Dadurch geht der biogene Sauerstoffeintrag drastisch zurück (vgl. Unterlage H.5a). Es kommt zu einem hohen Sauerstoffverbrauch infolge Kohlenstoffoxidation und Nitrifikation (Ammoniumoxidation). In den tiefen Becken des Hamburger Hafens ist die physikalische Wiederbelüftungsrate (s.u.) gering, der Sauerstoffverbrauch bei den Abbauprozessen kann nicht ausgeglichen werden (Abbildung 2.3-7). Die Zehrungsprozesse verlaufen temperaturabhängig (Bergemann et al. 1996, Böttcher et al. 1995) optimal im Sommer bei Wassertemperaturen um bzw. ab 20°C. Auf einer feiner skalierten Zeitachse sind Tagesgänge des Sauerstoffgehaltes mit Maxima am Tage durch biogene Sauerstoffproduktion und Minima in der Nacht durch sauerstoffzehrende Prozesse zu beobachten.

<sup>33</sup> Dieses durch die starke Trübung bei relativ großer Wassertiefe bedingte Phänomen ist nicht zu verwechseln mit der klassischen Sterbezone des Süßwasserplanktons in der Brackwasserzone. Limnische Phytoplankter sterben bei ca. 5‰ Salinität ab. Daher bildet sich eine sog. Sterbezone, wenn Süßwasserplankton in die Brackwasserzone gelangt. In der Tideelbe ist dieser Effekt jedoch von untergeordneter Bedeutung, weil das Süßwasserplankton die Brackwasserzone der Tideelbe kaum erreicht.



**Abbildung 2.3-7: Sauerstoff-Längsprofile der Tideelbe am 1. Juli 2003 und 18. Juli 1985 (aus ARGE ELBE 2004b)**

Erläuterung: Die Sauerstoffgehalte sind in mg/l angegeben (Y-Achse).

Die spezifische Wasseroberfläche der Elbe ist im Hamburger Hafen und unterhalb gering (kleine Wasseroberfläche bei großem Wasservolumen). Negativ wirken sich zudem die bei geringem Oberwasserzufluss im Sommer langen Wasseraufenthaltszeiten in der Tideelbe<sup>34</sup> sowie Abwassereinleitungen im Hamburger Bereich aus. Für den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe wichtige Faktoren sind der physikalische und biogene O<sub>2</sub>-Eintrag sowie der O<sub>2</sub>-Verbrauch durch Zehrungsprozesse.

Exkurs:

Die atmosphärische Belüftung (physikalischer Sauerstoffeintrag) ist generell die bedeutendste Sauerstoffquelle in Fließgewässern, ungeachtet des Umstandes, dass im Wasserkörper Elbe (Ost), ebenso wie in der Mittelelbe, der biogene Sauerstoffeintrag durch Phytoplankter beachtlich ist. In Abhängigkeit vom gegebenen Sauerstoffdefizit, von Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit, variiert der Sauerstoffeintrag  $D$  ( $\text{g O}_2/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ) beträchtlich und kann bei stehendem Wasser ohne Turbulenz sehr geringe Werte annehmen (die Konvektion ist i.d.R. von minderer Bedeutung). Zu unterscheiden sind zwei Teilprozesse, nämlich die molekulare Diffusion von Sauerstoff durch die Grenzschicht Luft/Wasser sowie die turbulente Durchmischung der mit Sauerstoff angereicherten Grenzschicht an der Oberfläche mit dem Wasserkörper. Bei hoher Turbulenz ergeben sich eine rasche Erneuerung der Wasseroberfläche, ein damit steiler Konzentrationsgradient und eine große Diffusionsgeschwindigkeit<sup>35</sup>. Die Wiederbelüftung (bei gegebenem Sauerstoffdefizit) ist also abhängig von der Größe der Gewässeroberfläche und der Turbulenz. Erstere ist umgekehrt proportional zum hydraulischen Radius und kann näherungsweise mit der Wassertiefe gleichgesetzt werden. Vereinfacht wird das Verhältnis von Oberfläche des Gewässers und Volumen des Wasserkörpers (spezifische Wasseroberfläche) verwendet.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, um die Wiederbelüftungskonstante  $K_2$  (bei O<sub>2</sub>-Defizit) zu berechnen. Charakteristisch für die bekannten Gleichungen ist, dass keine eine universelle Gültigkeit besitzt, sondern die Validierung über Naturmessungen vorzunehmen ist.

<sup>34</sup> Flushing time im Wasserkörper Übergangsgewässer (ARGE ELBE 2002, 2004a) bei niedrigem Oberwasserzufluss (ca. 250 m<sup>3</sup>/s) ca. 72d, bei mittlerem Oberwasserz. (ca. 700 m<sup>3</sup>/s) ca. 24d, bei hohem Oberwasserz. (1.200 m<sup>3</sup>/s) ca. 15-16d.

<sup>35</sup> Die Diffusion aufgrund der turbulenten Durchmischung liegt um mehrere Zehnerpotenzen über der molekularen Diffusion.

K2 ist jedoch grundsätzlich vor allem abhängig von der Fließgeschwindigkeit und der Wassertiefe und steigt in flachen, schnellströmenden Gewässern gegenüber langsam fließenden, tiefen Gewässern etwa um den Faktor 500 an. Die Wiederbelüftungsrate wächst mit ansteigender Temperatur ( $O_2$ -Löslichkeit in Wasser wird verringert, Diffusionsgeschwindigkeit jedoch erhöht) und zunehmendem Sauerstoffdefizit. Von im vorliegenden Fall untergeordneter Bedeutung sind dabei noch an der Phasengrenzschicht Wasser/Luft auftretende Stoffe.

Auf Grund der erhöhten Fließgeschwindigkeiten und der damit verbundenen starken Turbulenz (hinzu kommen windbürtige und schiffserzeugte Wellen) einerseits sowie auf Grund der trübungsbedingt geringen Schichtdicke der euphotischen Zone (s.u.) andererseits ist die atmosphärische Belüftung in der Tideelbe unterhalb von Hamburg der bedeutendste Faktor des Sauerstoffeintrags. Infolge der guten Durchmischung des Ästuars wirkt dieser Sauerstoffeintrag dabei auf den gesamten Wasserkörper bzw. das gesamte Gerinne inkl. der Seitengewässer, in denen biogener Eintrag eine verstärkte Rolle spielt.

Das Phytoplankton ist in der Tideelbe als Sauerstoffproduzent (biogener Sauerstoffeintrag) und als abbaubares organisches Material bei Sauerstoffzehrungsprozessen von Bedeutung. Die Produktion des Phytoplanktons in der Tideelbe ist lichtlimitiert. Seit Mitte der 1990er Jahre sind im Wasserkörper Elbe (Ost) oberhalb des Hamburger Hafens besonders hohe Chlorophyll-a-Gehalte (Chl a) zu verzeichnen (Eintrag aus Mittel-elbe). Die Biomasse des Phytoplanktons ist im limnischen Abschnitt der Tideelbe am größten (Frühjahr/Sommer: ca. 200  $\mu\text{g Chl a/l}$ ). Bei Cuxhaven werden nur noch 1 % der Gehalte im limnischen Bereich erreicht, weiter unterhalb nehmen die Chl-a-Gehalte wieder zu (vgl. Unterlage 5a: Aquatische Flora).

Die euphotische Zone<sup>36</sup> des Wasserkörpers ist in der Tideelbe, bedingt durch hohe Schwebstoffgehalte (siehe z. B. Fanger et al. 1996) und daraus resultierend starker Trübung, sehr dünn. Während die euphotische Schicht im Wasserkörper Elbe (Ost) bis zu 2 m mächtig ist, erreicht sie in der Trübungszone bzw. bei starker Trübung teils nur eine Mächtigkeit von 0,3 m. Aufgrund der hohen Turbulenz (abgesehen von den Kenterphasen Kf u. Ke) und der großen Wassertiefen ist die Verweilzeit der Phytoplankter in der euphotischen Zone nur kurz.

Von Belang für den biogenen Sauerstoffeintrag ist auch das Mikrophytobenthos<sup>37</sup> der Flachwasser- und Wattengebiete, dessen Biomasse ebenfalls mit dem Übergang von der limnischen zur mesohalinen Zone deutlich abnimmt. Schlickige Sedimente weisen meist eine größere Biomasse auf als sandige. Der Jahresgang der Biomasse des Mikrophytobenthos verläuft prinzipiell wie beim Phytoplankton. Das Maximum liegt meist im Mai/Juni und erreicht dabei Werte von ca. 100 - 200  $\text{mg Chl a/m}^2$  (Kies et al. 1992). Die euphotische Zone in Sedimenten ist ca. lediglich 0,5 mm (schlickig) bis 2 mm (sandig) mächtig. Das Mikrophytobenthos des oberen Eulitorals weist generell eine höhere Biomasse und Produktion auf als das des unteren Eulitorals (Kies et al. 1992).

Der Nährstoffhaushalt der Tideelbe ist vor allem durch anorganische Stickstoff- und Phosphoreinträge aus Punktquellen (Kläranlagenabläufe, industrielle Direktleitungen)

<sup>36</sup> Lichtdurchfluteter Bereich des Wasserkörpers mit positiver Nettophotosynthese, begrenzt durch ca. 1 % des Oberflächenlichtes.

<sup>37</sup> Das Mikrophytobenthos in Ästuarien ist extrem tolerant gegen schwankende Salzgehalte (euryhalin) und zudem fähig, sowohl bei sehr geringen Lichtwerten photosynthetisch aktiv zu sein als auch intensive UV-Einstrahlung zu überstehen. Diese Fähigkeiten sind wegen der hohen Schwebstoffdynamik bedeutsam.

gen) und diffusen Quellen (Landwirtschaft, Erosion, Niederschläge) beeinflusst. Die im Flusswasser gelösten Nährstoffe können partikulär gebunden werden, sich als Sedimente ablagern und bei Sedimentumlagerungen ggf. wieder freigesetzt werden. Schließlich werden der Tideelbe durch bakterielle Umsetzungsprozesse Nährstoffe entzogen (s.u.).

In Wattengebieten und teils auch in Flachwasserbereichen werden dem Gewässer durch Sedimentationsprozesse partikulär gebundene Nährstoffe entzogen. Schadstoffe werden bei reduzierenden Bedingungen immobilisiert und in schwer lösliche Bindungsformen überführt. Bei Tnw wird aerob Ammonium zu Nitrat oxidiert (Nitrifikation), bei Thw entsteht daraus anaerob molekularer Stickstoff (Denitrifikation).

### 2.3.4.2 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt im Hauptstrom der Tideelbe

Die Beschreibung des Sauerstoff- und Nährstoffhaushaltes basiert vor allem auf den Messergebnissen der ARGE ELBE aus den Jahren 1980 bis 2005 (monatliche Längsprofile). Die Daten der einzelnen Messstellen wurden für die Wasserkörper gemäß WRRL zusammengefasst und analog zu PÖUN (1997) ausgewertet. Auf die dort verwendeten Untersuchungsabschnitte wird ebenfalls Bezug genommen. Die nachfolgende Tabelle 2.3-31 gibt eine Übersicht über die Lage der Messstellen (vgl. Abbildung 2.3-1, S. 31).

**Tabelle 2.3-31: Übersicht der Messstellen der ARGE ELBE in Wasserkörpern/Untersuchungsabschnitten der Tideelbe (km 586 - 756)**

Wasserkörper gem. WRRL (ARGE Elbe 2004a)	Untersuchungsabschnitt gem. PÖUN 1997	Messstellen bei km
Elbe (Ost) km 586,0 - 615,0	I Obere Tideelbe (km 586-610, Wehr Geesthacht bis Bunthäuser Spitze)	589,0
		598,7
		609,0
Hafen km 615,0 - 635,0 <sup>1)</sup>	II Bunthäuser Spitze bis Nienstedten (km 610-632, Hamburger Stromspaltungsgebiet)	615,3 <sup>1)</sup>
		623,5 <sup>1)</sup>
		626,7 <sup>1)</sup>
		628,8 <sup>1)</sup>
Elbe (West) km 635,0 - 654,9	III Mittlere Tideelbe (km 632-650, Nienstedten bis Lühesand-Nord)  s. auch unten: IV teilweise	636,1
		641,0
		645,5
		650,0
		653,0
Übergangsgewässer km 654,9- 727,0	s. auch oben: III teilweise IV Mittlere Tideelbe (km 650-677, Lühesand-Nord bis Störmündung) V Untere Tideelbe (km 677-704, Störmündung bis Ostemündung) VI Untere Tideelbe (km 704-727, Ostemündung bis Cuxhaven)	655,0
		660,5
		662,7
		665,0
		670,0
		675,5
		681,4
		689,0
		693,0
		704,0
710,0		
721,6		
727,0		
Küstengewässer km 727,0 - 746,3	VII Cuxhaven Kugelbake bis Scharhörn Außenelbe (km 727-756)	746,3
		757,0

Erläuterungen: <sup>1)</sup> Norderelbe, vgl. Abbildung 2.3-1, S. 31

In Tabelle 2.3-32 bis Tabelle 2.3-40 werden, auf Basis der Längsprofilmessungen von ARGE ELBE jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe (Schwebstoffgehalt) aufgeführt. Dies geschieht entsprechend der Abfolge der Wasserkörper gem. WRRL (ARGE ELBE 2004a). Der Wasserkörper Übergangsgewässer wird differenziert in drei Untersuchungsabschnitten betrachtet.

Betrachtet werden die folgenden Parameter:

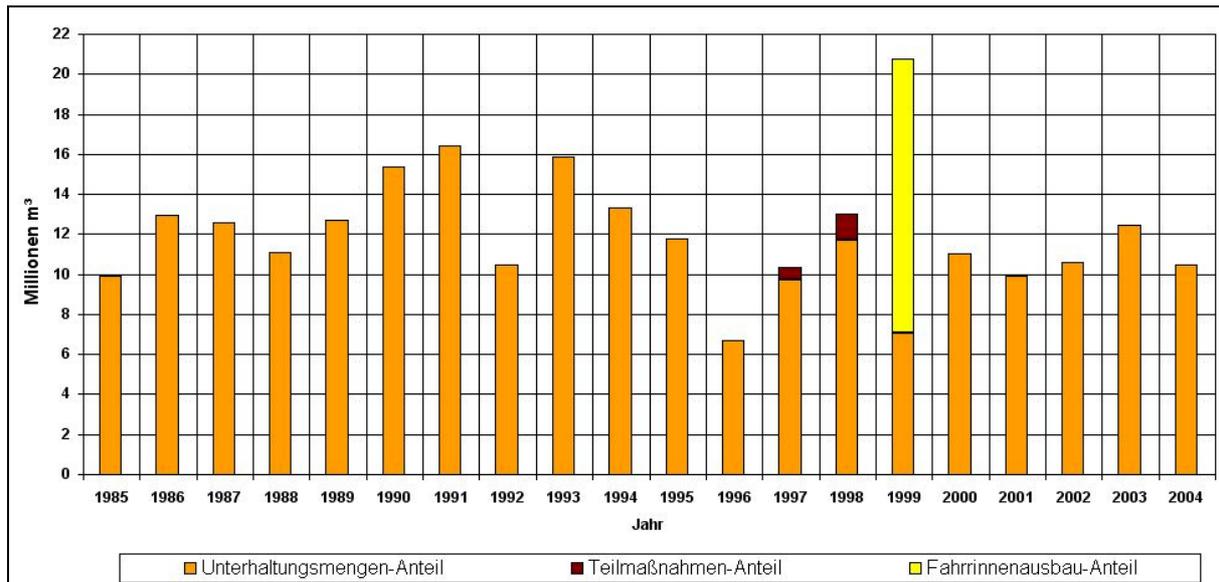
- Sauerstoffgehalt (mg/l O<sub>2</sub>)
- Sauerstoffsättigung (%)
- BSB5/Zehrung<sup>7</sup><sup>38</sup> (mg/l O<sub>2</sub>)
- Ammonium (als Ammonium-N) (mg/l N)
- Nitrat (als Nitrat-N) (mg/l N)
- Phosphat (als Phosphat-P) (mg/l P)
- DOC (dissolved organic carbon) (mg/l C)
- Abfiltrierbare Stoffe (Schwebstoffe) (mg/l).

Für den Zeitraum von 1980 bis 1993 enthalten die Tabellen die Daten aus PÖUN (1997), getrennt nach Sommer- und Winterhalbjahr angegeben (Sommer = April bis September; Winter = Oktober bis März). Für die Zeit nach der Wiedervereinigung von BRD und DDR (1990 - 1993) sowie für den Zeitraum von 1994 bis 1997 (Zeitraum vor Durchführung der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung) sind die Daten aus dem Sommerhalbjahr angegeben. Für den Zeitraum nach Durchführung der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung (1998 - 2005) erfolgt eine Darstellung getrennt nach Sommer- und Winterhalbjahren.

Die Festlegung auf die Zeitabschnitte bis 1997 einschließlich und ab 1998 einschließlich wird wie folgt begründet: von Dezember 1997 bis August 1998 wurden in der Revierstrecke des Bundes vorgezogene Teilmaßnahmen<sup>39</sup> im Rahmen der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung durchgeführt. Die Hauptmaßnahmen erfolgten von Februar bis Dezember 1999 und Restarbeiten wurden bis Ende November 2000 umgesetzt. Insgesamt war das Ausmaß der mit der Durchführung der letzten Fahrrinnenanpassung verbundenen Umlagerungen in Anbetracht der beständig durchgeführten Unterhaltungsmaßnahmen gering (s. Abbildung 2.3-8).

<sup>38</sup> BSB5 = biochemischer Sauerstoffbedarf bezogen auf fünf Tage; Zehrung<sup>7</sup> = Zehrung bezogen auf sieben Tage

<sup>39</sup> Es wurden rd.  $2 \times 10^6 \text{ m}^3$  Sediment gebaggert und im Strom umgelagert. Darüber hinaus wurden Arbeiten an den Baggergutablagerungsflächen und dem Spülfeld Pagensand durchgeführt.



**Abbildung 2.3-8: Baggermengen der WSA Hamburg und Cuxhaven (Unterhaltung, Teilmaßnahmen, Fahrrinnenausbau)**

Erläuterung: Quelle: Beweissicherungsbericht 2005 (WSA Hamburg 2005b).

Der Ist-Zustand wird durch den Zeitraum 1998 - 2005 charakterisiert, mit Einschränkungen auch durch den Zeitraum 1994 - 1997. Die Daten von 1980 - 1993 dienen der Beschreibung der Situation vor und bis 3 Jahre nach der Wiedervereinigung, als zahlreiche Belastungsquellen an Mittel- und Oberelbe noch die Wassergüte beeinflusst haben.

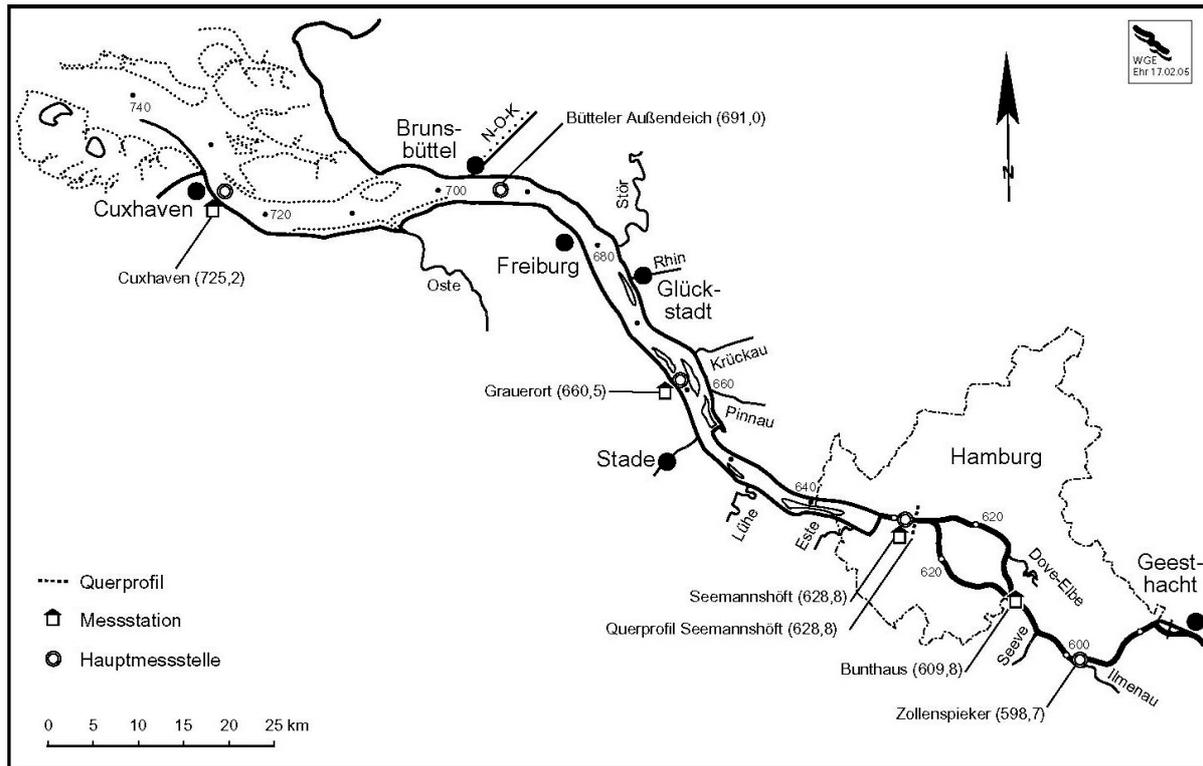
Der BSB5 (biochemischer Sauerstoffbedarf bezogen auf fünf Tage) wird für den Zeitraum 1980 bis 1993 angegeben (aus PÖUN 1997). Seit 1994 wird von ARGE ELBE Zehrung7 gemessen (biochemischer Sauerstoffbedarf bezogen auf sieben Tage). Weitergehende Hinweise zu den Parametern, analytischen Verfahren etc. finden sich in ARGE ELBE (2005a).

Die Sauerstoffkonzentration und -sättigung ist oberhalb Hamburgs hoch und sinkt zunächst stromab. Etwa unterhalb der Lühemündung steigen die Werte kontinuierlich an und erreichen in der Außenelbe wieder das oberhalb Hamburgs herrschende Niveau. Der Sauerstoffverbrauch beim Abbau organischer Substanzen (z. B. Algen) sinkt von einer hohen Belastung oberhalb Hamburgs stromab kontinuierlich, bis in der Außenelbe sehr geringe Belastungswerte erreicht werden. Die Nährstoffkonzentrationen schwanken zwischen durchgängig niedrigen Werten bei Ammonium und fast durchgängig hohen bis mäßigen bei der Nitratbelastung.

### Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe

#### Wasserkörper Elbe-Ost (Wehr Geesthacht bis Müggenberger Schleuse / Harburger Eisenbahnbrücke, km 586,0 - 615,0)

In diesem Wasserkörper befinden sich drei Längsprofil-Messstellen, eine Messstation und eine Hauptmessstelle (s. Tabelle 2.3-31 und Abbildung 2.3-9).



**Abbildung 2.3-9: Querprofile, Messstationen und Hauptmessstellen im Verlauf der Tideelbe (ARGE ELBE 2005a)**

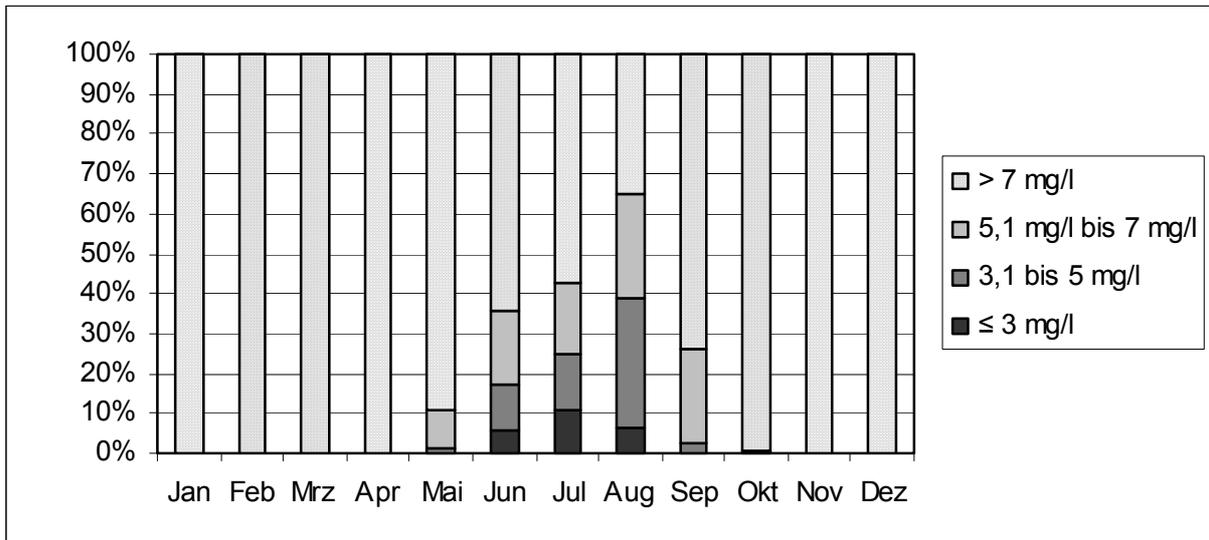
In der Tabelle 2.3-32 sind die jahreszeitlichen Mittelwerte für die o.g. Sauerstoff- und Nährstoffparameter aufgeführt. Am Geesthachter Wehr (Begrenzung des UG nach oberstrom) entgast im Sommer phasenweise Sauerstoff. Bei Sauerstoffgehalten unter der Sättigungsgrenze tritt dagegen ein Belüftungseffekt auf (Sauerstoffeinträge von 0,5 bis 1,5 mg/l). Sauerstoffübersättigungen (Sättigungen > 100 %) verbunden mit pH-Werten  $\geq 7$  bis 9 treten im Wasserkörper Elbe (Ost) regelmäßig im Sommer auf. Dies beruht auf der oberhalb im Verlauf der Mittel- und Unterelbe beständig zunehmenden Algen- und damit Sauerstoffproduktion. Bei Schnackenburg werden Gehalte um die 20 mg/l  $O_2$  und Sauerstoffsättigungsindices > 200 % erreicht.

Die Sauerstoffgehalte bewegen sich im Wasserkörper Elbe (Ost) hinsichtlich der auftretenden Minima überwiegend in einem unkritischen Bereich, dies zeigen auch die in Tabelle 2.3-34 angegebenen Minima an der Messstelle Zollenspieker (km 598,7) sowie die Darstellung der Sauerstoffgehalte an der Messstelle Bunthaus (km 609,8) in Abbildung 2.3-10.

Auffällig sind jedoch die niedrigen Minima im Westteil dieses Wasserkörpers der Jahre 2002 und 2003 mit 5,9 mg/l und 4,7 mg/l. Abbildung 2.3-10 zeigt das prozentuale Auftreten (bezogen auf die Gesamtzahl aller Messwerte eines Monats) der gewählten vier Sauerstoffgehaltsklassen im Zeitraum 1998 - 2004. Im Sommer nehmen die Gehaltsklassen < 3 mg/l und 3,1 - 5 mg/l Anteile von ca. 15 % im Juni auf fast 40 % im August zu. Die Ursache hierfür ist, bei niedrigem Oberwasserzufluss in die Tideelbe, das phasenweise Vordringen von Wasser mit geringen Sauerstoffgehalten aus dem Wasser-

körper Hafen in den Wasserkörper Elbe (Ost) (s. u.). Wie die Messergebnisse zeigen, reicht der hiervon betroffene Gewässerabschnitt bis zur Messstation Bunthaus und teilweise sogar bis zur Messstelle Zollenspieker, die etwa im Bereich der Ilmenau-Mündung liegt.

Im Jahre 2002 traten zudem geringe Sauerstoffgehalte im Zusammenhang mit dem Auguthochwasser auf (ARGE ELBE 2003). Dieses singuläre Ereignis bewirkte im UG bis ca. km 710 Sauerstoffgehalte von ca. 2,5 - 4 mg/l.



**Abbildung 2.3-10: Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle Bunthaus (km 609,8) 1998 - 2004 (ARGE ELBE)**

Erläuterung: Datengrundlage sind die Ergebnisse kontinuierlicher Messungen von 1998 - 2004 der ARGE Elbe

Die seit 1994 festgestellten mittleren Ammoniumgehalte von 0,1 - 0,2 mg/l sind als gering zu bewerten. Die Nitratgehalte sind im Zeitraum 1998 - 2005 im Winter etwa doppelt so hoch wie im Sommer. Dies dürfte ein Folge der sommerlich verstärkt ablaufenden bakteriellen Nitrifikation im Bereich der Mittelelbe (oberhalb des UG) sein, die teils auch noch im Wasserkörper Elbe (Ost) stattfindet.

Die mittleren Gehalte an gelöstem organischen Kohlenstoff pendeln seit dem Zeitraum 1994 - 1997 um 6 mg/l. Jahreszeitliche Unterschiede sind bei den Mittelwerten kaum gegeben, dementsprechend dürfte nur ein geringer DOC-Anteil rasch bakteriell abbaubar sein und somit auch von geringem Belang für Sauerstoffzehrungsprozesse (dies gilt für die ges. Tideelbe).

Festzuhalten ist, dass der Sauerstoffhaushalt im Wasserkörper Elbe (Ost) vor allem durch eine große biogene Sauerstoffproduktion gekennzeichnet ist. Die bakterielle Sauerstoffzehrung ist in diesem Abschnitt der Tideelbe, mit Ausnahme des unteren Bereiches (Stromspaltungsgebiet), infolge des großen biogenen Sauerstoffeintrags, von minderm Belang. Im Stromspaltungsgebiet beginnt ein Bereich mit deutlichen Konzentrationsgradienten einiger Wasserinhaltsstoffe, der sich unterhalb im Wasserkörper Hafen fortsetzt. Die Ausprägung der Gradienten hängt weitgehend vom Ober-

wasserzufluss ab, ggf. sind auch heterotrophe mikrobiellen Abbauprozesse involviert (vgl. Kerner et al. 1995).

**Tabelle 2.3-32: Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparametern sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Elbe (Ost), km 586,0 - 615,0**

Parameter	Winter 1980 - 1993	Sommer 1980 - 1993	Sommer 1990 - 1993	Sommer 1994 - 1997	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005
Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )	10,0	8,0	8,8	10,0	12,2	10,5
Sauerstoffsättigung ( % )	81	85	96	106	100	99
BSB5/Zehrung7 (mg/l O <sub>2</sub> )	5,9	7,5	7,0	8,0	3,4	11,2
Ammonium (mg/l N)	2,5	1,2	0,3	0,1	0,2	0,1
Nitrat (mg/l N)	3,8	3,8	4,2	3,4	4,2	2,0
Phosphat (mg/l P)	0,2	0,2	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
DOC (mg/l C)	11,0	10,4	8,8	6,4	5,8	6,3
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	20	31	31	35	19	37

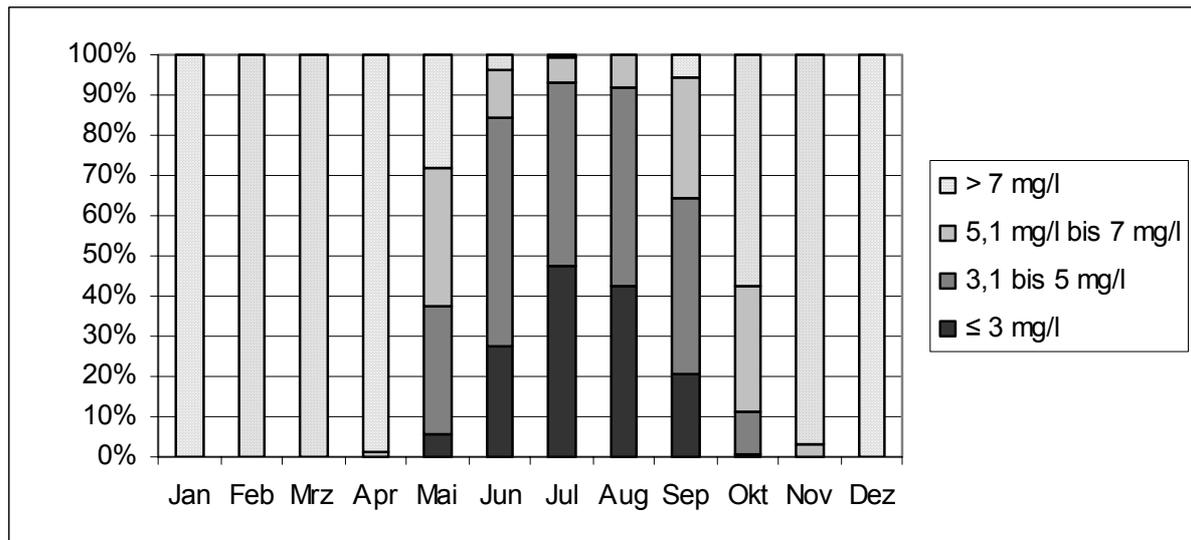
Erläuterungen: Daten von 1980 bis 1993: Aus PÖUN (1997). Die Daten sind getrennt nach Sommer- und Winterhalbjahr angegeben, für die Zeit nach der Wiedervereinigung (1990 - 1993) lediglich für das Sommerhalbjahr. Datengrundlage sind Längsprofilmessungen der ARGE ELBE (Wassergütestelle Elbe) 1980 bis 1993.

Daten von 1994 bis 2005: Datengrundlage sind Längsprofilmessungen der Wassergütestelle Elbe 1994 - 2005. Auswertung und Darstellung der Daten entsprechend PÖUN (1997). Fortschreibung der Daten für die Sommerhalbjahre im Zeitraum nach der Wiedervereinigung von 1994 - 1997 (Zeitraum vor der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung) sowie der Daten von 1998 - 2005 (nach der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung) getrennt nach Sommer- und Winterhalbjahr (Sommer = April bis September; Winter = Oktober bis März).

DOC = Gelöster organischer Kohlenstoff. BSB5 = biochem. Sauerstoffbedarf bezogen auf 5 Tage (\* = BSB5-Daten 1980 bis 1993 (aus PÖUN 1997). Seit 1994 wird Zehrung7 gemessen (biochem. Sauerstoffbedarf bezogen auf 7 Tage).

#### Wasserkörper Hafen (Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke bis Mühlenberger Loch, km 615,0 - 635,0)

In diesem Wasserkörper befinden sich vier Längsprofil-Messstellen und eine Messstation (s. Tabelle 2.3-31 und Abbildung 2.3-9). In der Tabelle 2.3-33 sind die jahreszeitlichen Mittelwerte für die o.g. Sauerstoff- und Nährstoffparameter aufgeführt. Der Mittelwert der Sauerstoffsättigung erreicht in keinem Halbjahr 100 %, wobei die Werte in den Sommerhalbjahren niedriger sind als im Winterhalbjahr. Während die mittleren Sauerstoffgehalte von ca. 7 - 11 mg/l als unkritisch zu bezeichnen sind, liegen die Minima und die Q1-Werte an der Station Seemannshöft (km 628,8) mehrfach unter 3 mg/l (s. Tabelle 2.3-34). Ein Sauerstoffgehalt von 3 mg/l wird von ARGE ELBE in verschiedenen Publikationen als „fischkritischer Wert“ bezeichnet. Der Q1-Wert belegt für das Jahr 2003, dass es sich bei den Minima nicht um singuläre Ereignisse handelt. Dies wird auch durch Abbildung 2.3-11 verdeutlicht, die zeigt, dass in den Sommermonaten Juni bis August der relative Anteil der Sauerstoffgehaltsklassen < 3 mg/l und 3,1 - 5 mg/l mehr als 80 % beträgt.



**Abbildung 2.3-11: Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle Seemannshöft (km 628,8) 1998 - 2004 (ARGE ELBE)**

Erläuterung: Datengrundlage sind die Ergebnisse kontinuierlicher Messungen von 1998 - 2004 der ARGE Elbe

Der nach der Wiedervereinigung deutlich verringerte Eintrag sauerstoffzehrender Stoffe bewirkte bis in die zweite Hälfte der 1990er Jahre auch eine deutliche Erhöhung der Sauerstoffgehalte in den Wasserkörpern Hafen und Elbe (West) (s. Abbildung 2.3-6). Insbesondere wurden die in den 1980er Jahren häufig aufgetretenen Fischsterben nicht mehr beobachtet, traten jedoch, wenngleich in abgemilderter Form, in den letzten Jahren wieder auf.

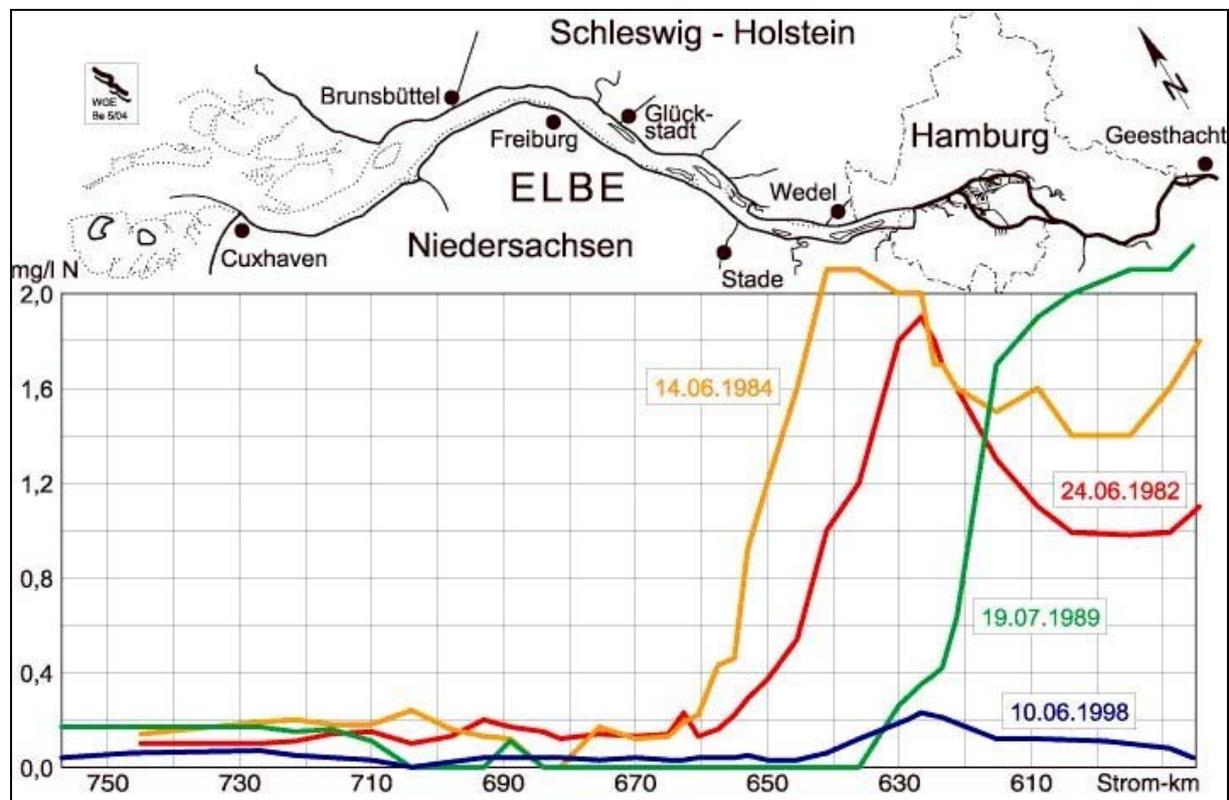
Die eutrophe Mittel- und Außenelbe weist im Sommerhalbjahr Phytoplanktonmassenentwicklungen auf, die über den Wasserkörper Elbe (Ost) in die Wasserkörper Hafen und Elbe (West) verfrachtet werden und dort mangels ausreichender Durchlichtung des Wasserkörpers absterben (sog. Sekundärverschmutzung)<sup>40</sup>. Der Abbau dieser organischen Substanz findet unter Sauerstoffverbrauch statt. Nach ARGE ELBE (2004c) liegen die auftretenden Minimalwerte des aktuellen Sauerstoffgehaltes zwischen 1 und 5 mg/l O<sub>2</sub> (s. Abbildung 2.2-6 und Abbildung 2.2-7). Auch Tent (1984, 1994), der bereits in den 1980er Jahren das Sauerstofftal in der Tideelbe als Wanderungshindernis für aufsteigende Salmoniden erkannt hatte, setzt sich mit dieser Situation auseinander.

Die Gehalte von Ammonium, Nitrat und gelöstem organischen Kohlenstoff im Wasserkörper Hafen sind vergleichbar mit den Verhältnissen im Wasserkörper Elbe (Ost).

Die seit 1994 festgestellten mittleren Ammoniumgehalte liegen ebenfalls zwischen 0,1 und 0,2 mg/l und sind als gering zu bewerten. Abbildung 2.3-12 zeigt dies am Beispiel von vier sommerlichen Längsprofilen des Ammoniumgehalts in der Tideelbe. Die vor

<sup>40</sup> Die Primärverschmutzung mit sauerstoffzehrenden Stoffen (direkte Einleitungen, sonstige Einträge) ist in der Tideelbe gering. Die Sekundärverschmutzung nimmt im Verlauf der Mittel- und Außenelbe stetig zu und erreicht mit Übergang in den Wasserkörper Elbe (Ost) ihren Höhepunkt (s. z. B. ARGE Elbe 2004b, 2006; auch Rettet die Elbe 2006)

der Wiedervereinigung (Daten aus 1982, 1984 und 1989) in den Wasserkörpern Elbe (Ost), Hafen und Elbe (West) festgestellten hohen Ammoniumgehalte, die in dem unterhalb des Hafens lokalisierten Sauerstofftal teilweise noch anstiegen, wurden 1998 nicht mehr gemessen. Die jahreszeitlichen Mittelwerte in allen Wasserkörpern der Tideelbe betragen 0,1 - 0,2 mg/l.



**Abbildung 2.3-12: Sommerliche Längsprofile des Ammoniumgehalts in der Tideelbe aus der Zeit vor (1982, 1984, 1989) und nach (1998) der Wiedervereinigung (ARGE ELBE 2005c)**

Beim Nitrat (Zeitraum 1998 - 2005) sind - infolge der sommerlich verstärkt ablaufenden bakteriellen Nitrifikation im Wasserkörper Elbe (Ost) - die Gehalte im Winter etwa doppelt so hoch wie im Sommer. Die mittleren Gehalte an gelöstem organischen Kohlenstoff pendeln - wie im Wasserkörper Elbe (Ost) - seit 1998 um 6 mg/l. Auch hier sind bei den Mittelwerten jahreszeitliche Unterschiede kaum gegeben.

Es bleibt festzuhalten, dass die Wassergüte im Wasserkörper Hafen vor allem durch die Sauerstoffdefizite im Sommerhalbjahr gekennzeichnet ist.

**Tabelle 2.3-33: Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Hafen (Norderelbe, km 615 - 635)**

Parameter	Winter 1980 - 1993	Sommer 1980 - 1993	Sommer 1990 - 1993	Sommer 1994 - 1997	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005
Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )	9,4	6,2	7,0	8,1	11,4	7,3
Sauerstoffsättigung ( %)	76	65	76	85	93	81
BSB5* / Zehrung7 (mg/l O <sub>2</sub> )	5,4	5,9	5,4	5,8	3,4	7,9
Ammonium (mg/l N)	2,4	1,0	0,4	0,1	0,2	0,1
Nitrat (mg/l N)	3,9	4,0	4,3	3,4	4,1	2,1
Phosphat (mg/l P)	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	< 0,1
DOC (mg/l C)	11,1	10,2	8,7	6,5	5,8	6,3
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	20	24	25	24	26	29

Erläuterungen: s. Tabelle 2.3-32

**Tabelle 2.3-34: Minimum und erstes Quartil des Sauerstoffgehaltes (mg/l O<sub>2</sub>) an fünf Messstellen der Tideelbe in den Jahren 1998 bis 2004**

Messstation/Messstelle	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004	
	Min	Q1												
Zollenspieker (Elbe (Ost); km 598,7)														
Seemannshöft (Hafen; km 628,8)														
Grauerort (Übergangsgewässer, km 660,5)														
Bütteler Außen-deich (Übergangsgewässer, km 691,0)														
Cuxhaven (Übergangsgewässer, km 725,2)														

Erläuterungen: Quelle: Wassergütedaten der ARGE ELBE - Zahlentafeln 1998 bis 2004.  
Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe.  
Q1 = erstes Quartil: Ordnungszahl = (Anzahl der Werte + 1) \* 0,25 (gerundet).  
Anzahl der Messwerte/Jahr u. Station: 24 - 26.

Auf Grund der großen Wassertiefe bei starker Trübung ist im Wasserkörper Hafen - das Problem tritt auch unterhalb im Wasserkörper Elbe (West) auf - ein für planktische und benthische Algen sowie Makrophyten geeignetes Lichtklima nicht gegeben. Bergemann et al. (1996) weisen auf die hohe „Algen-Verlustrate“ (durch Sedimentation und evtl. Grazing<sup>41</sup>) hin. Während der durch kritische Sauerstoffzustände gekennzeichneten Situationen im Sommer verhindert lediglich die atmosphärische Belüftung (physikalischer Sauerstoffeintrag, s.o.) ein noch weiteres Absinken des Sauerstoffgehaltes, kann jedoch fischkritische Sauerstoffgehalte nicht verhindern.

Einige Ergebnisse von Bergemann et al. (1996) zum Sauerstoffhaushalt der Tideelbe werden hier kurz zusammengefasst (vgl. auch Kerner et al. 1995, Klages 1995, Wolfstein & Kies 1995). Eine aktuelle bzw. aktualisierte Modellierung des Sauerstoffhaus-

<sup>41</sup> Elimination von Phytoplankton durch Filtration des Zooplanktons

haltes der Tideelbe liegt nicht vor, Bergemann et al. erklären aber die grundsätzlichen Zusammenhänge hinreichend. Wesentliche Einflussgröße für das Sauerstoffzehrungspotential ist die Verfügbarkeit von im Freiwasser suspendierten organogenen Partikeln. Die Schwebstoffe (aus der Mittelelbe eingetragenes Phytoplankton) enthalten organische Substanz in verschiedener Form, die auf verschiedenen Pfaden unter Sauerstoffverbrauch abgebaut wird. Mit dem Sauerstoffgehalt im Wasserkörper verringern sich der Gehalt an POC (partikulärer organischer Kohlenstoff) und BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf), d.h. es wird partikulär gebundene organische Substanz mit Verbrauch von Sauerstoff abgebaut. Gleichzeitig werden in der Tideelbe die Verhältnisse Kohlenstoff : Chlorophyll-a und C : N größer, d.h. Algen werden bevorzugt abgebaut. Dadurch wird der Zustand eines deutlichen Zurücktretens der photoautotrophen gegenüber der heterotrophen Bioaktivität erreicht, die im Sommer zu einem fast ständigen Sauerstoffdefizit in den Wasserkörpern Hafen und Elbe (West) führt. ARGE ELBE weist auf das „zu hohe trophische Niveau (hohe Gesamt-Phosphor- und Gesamt-Stickstoffgehalte)“ in der Mittelelbe hin (Zur Reduktion des Algenwachstums durch P-Limitierung in der Mittelelbe, vgl. Bergemann et al. 1996).

Die Lage des Sauerstofftales ist (Bergemann et al. 1996) von der Transportgeschwindigkeit (bzw. Verweilzeit, bestimmt durch Oberwasserabfluss und Querschnittsflächen des Wasserkörpers) sowie den temperaturabhängigen Umsetzungsraten abhängig. Die Transportgeschwindigkeit in der Tideelbe ist gering, die Laufzeit eines Wasserteilchens bei niedrigem Oberwasser ( $250 \text{ m}^3/\text{s}$ ) vom Wehr Geesthacht bis Cuxhaven wird mit 12 Wochen (entsprechend  $0,02 \text{ m/s}$ ) angegeben. Die absoluten Minima der Sauerstoffkonzentration sind nach Bergemann et al. durch die „(wetterabhängige) Anfangskonzentration am Wehr bestimmt“ (Wehr Geesthacht).

Detailfragen zum Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt der Tideelbe sind, trotz des umfangreich vorhandenen Datenmaterials, noch ungeklärt; Hinweise s. u.a. Bergemann et al. (1996).<sup>42</sup> Bergemann et al. geben für den Wasserkörper Elbe (Ost) vor allem durch Algenrespiration und Kohlenstoffabbau bedingte Zehrungsprozesse an, während Nitrifikation und Sedimentzehrung von geringerer Bedeutung sind<sup>43</sup>. POUN (1997) ermittelte davon abweichend überschlägig Anteile von ca. 30 % für den Abbau organischer Substanz (Substratatmung), ca. 30 % für den Erhaltungsstoffwechsel der Bakterien (sog. endogene Schlammatmung) und ca. 40 % für die Nitrifikation. Kerner et al. (1995) dagegen gehen von einem Anteil der Nitrifikation an der Sauerstoffzehrung in Höhe von 20 % aus (bei einer Ammoniumkonzentration von  $0,2 \text{ mg-N/l}$ ).

Nachfolgende Abbildungen zeigen noch einmal die deutlichen Unterschiede zwischen Winter- und Sommerhalbjahr anhand eines Längsprofils vom 02.06.2004 (s. Abbildung 2.3-13) sowie eines Längsprofils vom 15.02.2005 (s. Abbildung 2.3-14). Dargestellt sind die Parameter Sauerstoffgehalt, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und

<sup>42</sup> Bergemann et al. regen weitere Untersuchungen an zu: atmosphärischem Sauerstoffeintrag, artspezifischer Wirkungsgrad phytoplanktischer Primärproduktion, Bedeutung der Algensedimentation, Grazing. Auch eine differenzierte quantitative Betrachtung von Teil-Wasserkorpfern des Wasserkörpers Hafen (vergl. Wolfstein & Kies 1995, Kerner et al. 1995).

<sup>43</sup> Unterhalb von Hamburg wurden in der Elbe bis zu 91 % der Ammonium oxidierenden Bakterien Partikelgebunden festgestellt. Sowitzki (1992) fand an einer bestimmten Lokation in der Tideelbe eine direkte Abhängigkeit von sohlnahem Schwebstoffgehalt und Nitrifikationsaktivitat.

Temperatur. Im Juni 2004 hat sich bereits - bei für Zehrungsvorgänge noch suboptimalen Wassertemperaturen von  $< 20^{\circ}\text{C}$  (man beachte: oberhalb Geesthacht liegt die Temperatur bei ca.  $24^{\circ}\text{C}$ ) - ein Bereich mit (noch nicht fischkritischen) Sauerstoffdefiziten gebildet, der etwa den Elbabschnitt von km 630 bis km 680 erfasst. Zusammenhänge mit der Brackwasserzone (siehe Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit) bestehen bei beiden Längsprofilen offensichtlich nicht.

Abschließend ist festzuhalten, dass trotz der bestehenden Kenntnislücken die grundlegenden Zusammenhänge hinreichend bekannt sind: Im Wasserkörper Hafen sowie (s.u.) flussabwärts im Verlauf des Wasserkörper Elbe (West) abnehmend ist der atmosphärische und biogene Sauerstoffeintrag in das Gewässer im Sommerhalbjahr bei hohen Wassertemperaturen zu gering, um Sauerstoffdefizite zu verhindern. Spezifische Wasseroberfläche sowie damit zusammenhängend physikalischer Sauerstoffeintrag und biogene Sauerstoffeintrag sind kleiner, zudem wird zehrendes Material nur langsam flussabwärts verfrachtet. ARGE ELBE weist darauf hin, dass etwa bis Lühesand (Strom-km 648) die „sauerstoffzehrenden Substanzen“ (= organisches Material bzw. abgestorbene Algen aus der Mittel- und Unterelbe) weitgehend abgebaut sind. Der dann die Zehrung überwiegende physikalische Sauerstoffeintrag (ein beachtlicher biogener Eintrag wird hier mangels Phytoplankton nicht erreicht) reicht aus, um fischkritische Sauerstoffgehalte zu verhindern.

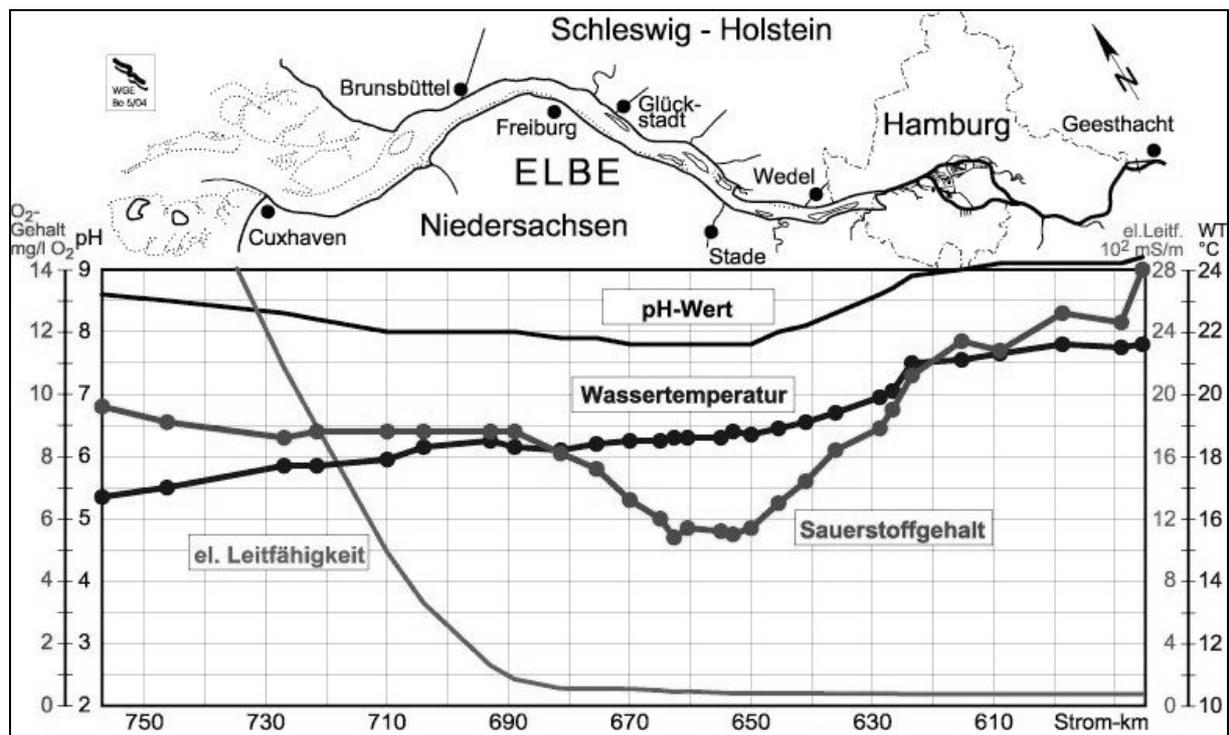
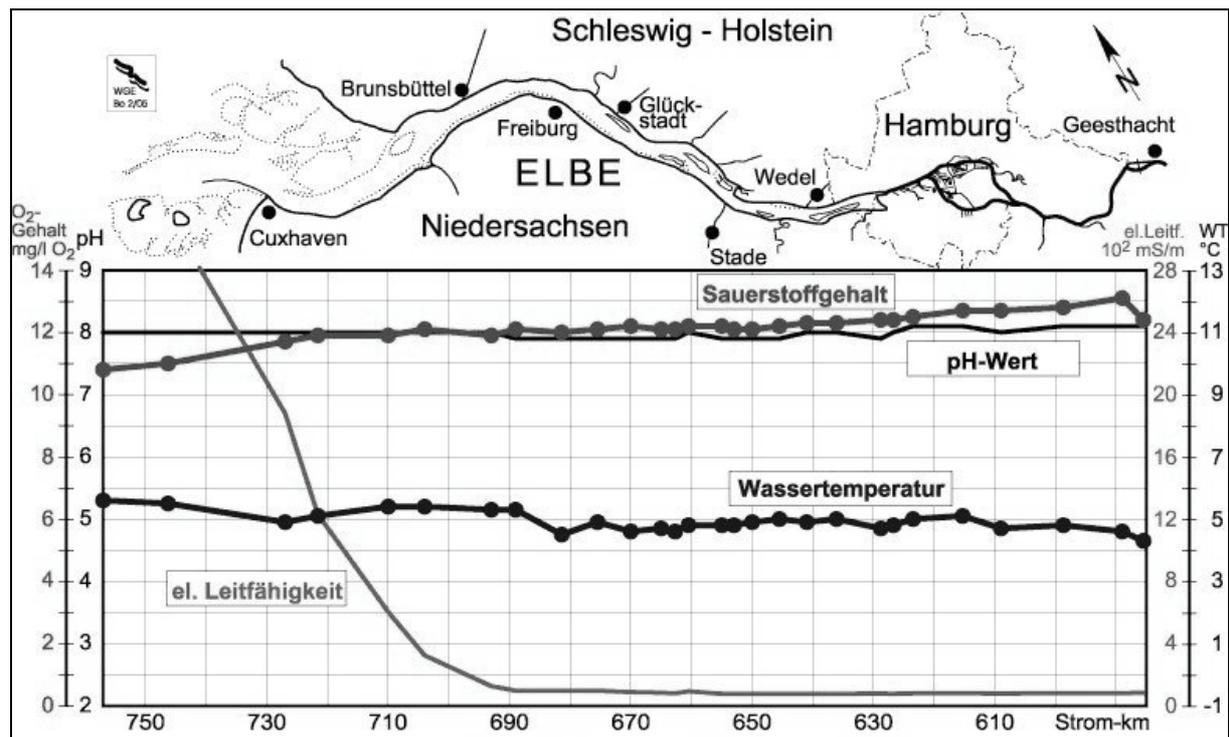


Abbildung 2.3-13: Längsprofil der Tideelbe im Sommerhalbjahr (02.06.2004, aus Internetgalerie ARGE ELBE 2005c)



**Abbildung 2.3-14: Längsprofil der Tideelbe im Winterhalbjahr (15.2.2005, aus Internetgalerie ARGE ELBE 2005c)**

Wasserkörper Elbe-West (Mühlenberger Loch bis Schwinge-Mündung, km 635,0 - 654,9)

In diesem Wasserkörper befinden sich fünf Längsprofil-Messstellen von ARGE ELBE, jedoch keine fortlaufend betriebene Hauptmessstelle oder Messstation (s. Tabelle 2.3-31 und Abbildung 2.3-9).

In Tabelle 2.3-35 sind die jahreszeitlichen Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter aufgeführt. Der Mittelwert der Sauerstoffsättigung erreicht in keinem Zeitraum 100 %, in den Sommerhalbjahren sind die Werte niedriger als im Winter. Im Zeitraum 1998 - 2005 wurde im Sommerhalbjahr, mit einer mittleren Sauerstoffsättigung von 57 %, etwa das niedrige Niveau der 1980er Jahre erreicht (Sommerhalbjahr 1980 - 1993: 55 %).

Die mittleren Sauerstoffgehalte von 10,6 mg/l im Winterhalbjahr sind unproblematisch, Sauerstoffdefizite treten im Winterhalbjahr nicht auf. Im Sommerhalbjahr werden nur 5,3 mg/l erreicht, vgl. die in Tabelle 2.3-34 angegebenen Minima und Q1-Werte der Stationen Seemannshöft (km 628,8) und Grauerort (km 660,5) ober- und unterhalb des Wasserkörpers Elbe (West). Werte unterhalb von 3 mg/l treten im Sommerhalbjahr auf. Die Q1-Werte belegen für das Jahr 2003, dass es sich bei den Minima nicht um singuläre Ereignisse handelt (vgl. Tabelle 2.3-34).

ARGE ELBE (2003) weist (etwas widersprüchlich) darauf hin, dass einerseits im Sommerhalbjahr die Sauerstoffzehrung vom Ausgang des Hamburger Hafens bis zur Lühemündung (km 645) größer sei als der Sauerstoffeintrag (Fischsterben Juni 2003, Juli 2005). Andererseits sei bis Wedel (ca. km 640) der größte Teil der sauerstoffzeh-

renden Substanzen abgebaut, so dass unterhalb von Wedel wieder der überwiegend physikalische Sauerstoffeintrag erfolgen würde. Ungeachtet dieser offenen Fragen bleibt festzuhalten, dass der Wasserkörper Elbe (West) im Sommerhalbjahr von Sauerstoffdefiziten gekennzeichnet ist<sup>44</sup> (zur Lage des Sauerstofftales s.o.).

Abschließend sei nochmals auf die Schwebstoffgehalte (abfiltrierbare Stoffe) hingewiesen, deren jahreszeitliche Mittelwerte in diesem Wasserkörper bereits deutlich höher sind als im Wasserkörper Hafen. Höhere Werte treten dabei, anders noch von PÖUN (1997) beschrieben, auch im Wasserkörper Elbe (West) seit Mitte der 1990er Jahre in den Winterhalbjahren auf (so auch im Wasserkörper Übergangsgewässer).

**Tabelle 2.3-35: Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Elbe (West), km 635,0 - 654,9**

Parameter	Winter 1980 - 1993	Sommer 1980 - 1993	Sommer 1990 - 1993	Sommer 1994 - 1997	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005
Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )	8,6	5,3	5,7	7,3	10,6	5,3
Sauerstoffsättigung (%)	68	55	56	76	86	57
BSB5 / Zehrung <sup>7</sup> (mg/l O <sub>2</sub> )	6,1	4,2	4,1	4,4	3,4	3,9
Ammonium (mg/l N)	2,2	0,8	0,3	0,1	0,2	0,1
Nitrat (mg/l N)	4,2	4,5	4,6	3,6	4,1	2,5
Phosphat (mg/l P)	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
DOC (mg/l C)	10,8	9,8	8,3	6,5	5,9	6,1
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	50	46	55	42	73	34

Erläuterungen: Erläuterungen s. Tabelle 2.3-32.

Nachfolgend wird auf einige Stoffgradienten im Verlauf der Tideelbe eingegangen, die sich für die Beschreibung des Übergangs vom Wasserkörper Hafen in das sich unterhalb zunehmend öffnende Ästuar mit den Wasserkörpern Elbe (West), Übergangsgewässer und Küstengewässer besonders eignen (einige Gradienten, die von PÖUN 1997 noch beschrieben wurden, sind inzwischen kaum noch nachweisbar).

BSB5 bzw. Zehrung<sup>7</sup> gehen, verglichen mit dem Wasserkörper Hafen, im Wasserkörper Elbe (West) auf Werte um 3,5 - 4,5 mg/l zurück. Dieser Rückgang setzt sich im weiteren Verlauf der Tideelbe fort.

Die jahreszeitlichen Mittelwerte der Ammoniumgehalte in allen Wasserkörpern der Tideelbe betragen 0,1 - 0,2 mg/l (vgl. Tabelle 2.3-32 bis Tabelle 2.3-39 und Abbildung 2.3-12, S. 75). Die noch von PÖUN (1997) für den Bereich unterhalb des Hamburger Hafens angegebene weitere Konzentrationsverringerung beim Ammonium (in Bezug auf oberhalb gelegene Bereiche) ist kaum mehr gegeben.

Auch für Nitrat gilt, dass die Unterschiede zwischen den Wasserkörpern seit der zweiten Hälfte der 1990er Jahre marginal sind. Die jahreszeitlichen Mittelwerte in den Wasserkörpern der Tideelbe bewegen sich im Bereich von 2 bis 4 mg/l (vgl.

<sup>44</sup> Hinsichtlich des in Fachkreisen diskutierten biogeochemischen Zehrungspotentials bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen, ggf. hervorgerufen durch bakterielle Reduktion von Seston-gebundenem Fe und Mn vgl. Bergemann et al. (1996).

Tabelle 2.3-32, S. 73 bis Tabelle 2.3-39, S. 84). Lediglich im bereits marin geprägten Wasserkörper Küstengewässer treten deutlich geringere Werte auf (Tabelle 2.3-40, S. 85).

Die jahreszeitlichen Mittelwerte für Phosphat in den Wasserkörpern der Tideelbe betragen 0,1 mg/l, lediglich im Wasserkörper Küstengewässer sind seit Mitte der 1990er Jahre regelmäßig Werte < 0,1 mg/l zu verzeichnen.

Die jahreszeitlichen Mittelwerte für DOC in den Wasserkörpern der Tideelbe pendeln um 6 mg/l (vgl. Tabelle 2.3-32 bis Tabelle 2.3-39). Lediglich im bereits marin geprägten Wasserkörper Küstengewässer treten deutlich geringere Werte auf. Tabelle 2.3-36 bringt einen Überblick, jahreszeitlich bedingt treten bei der Novemberbeprobung niedrigere Werte auf.

**Tabelle 2.3-36: DOC (mg/l C) im Längsprofil der Tideelbe 2004**

km	Feb	Mai	Jun	Jul	Aug	Nov
585,5 (oberhalb Wehr Geestacht)	6,1	6,1	5,9	6,0	6,8	5,5
589,0	6,3	5,4	6,0	6,0	6,7	5,6
598,7	6,1	6,3	6,3	5,9	6,6	5,6
609,0	6,4	6,1	5,8	5,9	6,8	5,4
615,3	6,6	6,4	6,1	6,0	7,1	5,7
623,5	6,6	6,5	6,0	6,2	6,7	5,4
614,9 SE	6,3	6,3	5,8	5,7	6,8	5,4
622,6 SE	6,4	6,3	5,8	5,7	6,9	5,5
626,7	6,6	6,0	5,7	5,8	6,7	5,3
628,8	6,6	6,5	5,6	5,6	6,6	5,3
636,1	6,7	6,7	6,0	5,6	7,0	5,4
Hahn.NE	6,9	6,1	5,6	5,7	6,7	5,4
641,0	6,7	6,3	5,6	5,6	6,5	5,6
645,5	6,9	6,2	5,6	5,6	6,3	5,2
Lühes.SE	7,0	5,7	5,5	5,7	6,4	5,3
650,0	6,8	6,0	5,8	5,6	6,5	5,4
653,0	6,8	5,8	5,4	5,7	6,4	5,3
655,0	6,9	5,9	5,4	5,7	6,2	5,0
660,5	6,7	5,8	5,3	5,5	5,8	5,4
Pagen.NE	11	6,1	5,4	5,9	5,8	6,0
662,7	7,0	6,2	5,4	5,5	6,2	5,2
665,0	6,7	6,0	5,3	5,2	5,8	5,2
670,0	6,8	5,8	5,3	5,2	6,0	5,1
Glück.NE	8,2	5,8	5,2	5,6	6,3	5,5
675,5	6,5	5,8	5,2	5,2	5,7	5,0
681,4	6,8	6,4	5,4	5,0	6,0	5,5
689,0	7,1	6,1	5,5	5,2	6,0	5,6
693,0	6,8	5,5	5,3	5,3	6,0	5,5
704,0	7,1	5,3	4,9	4,8	5,9	5,2
710,0	7,2	5,7	5,0	4,8	5,8	4,9
721,6	6,9	4,5	4,7	4,2	5,3	4,4
727,0	6,7	4,3	5,1	4,0	5,3	3,9
746,3	4,7	2,9	4,2	3,2	4,1	2,6
VogelsNE	3,6	3,1	4,4	3,1	4,1	2,3
Nordert.	3,9	3,7	4,2	2,9	4,1	2,4
757,0	3,7	2,9	4,1	3,0	3,8	2,2

Erläuterungen: Daten aus 2005, Datengrundlage sind die Längsprofilmessungen von ARGE ELBE

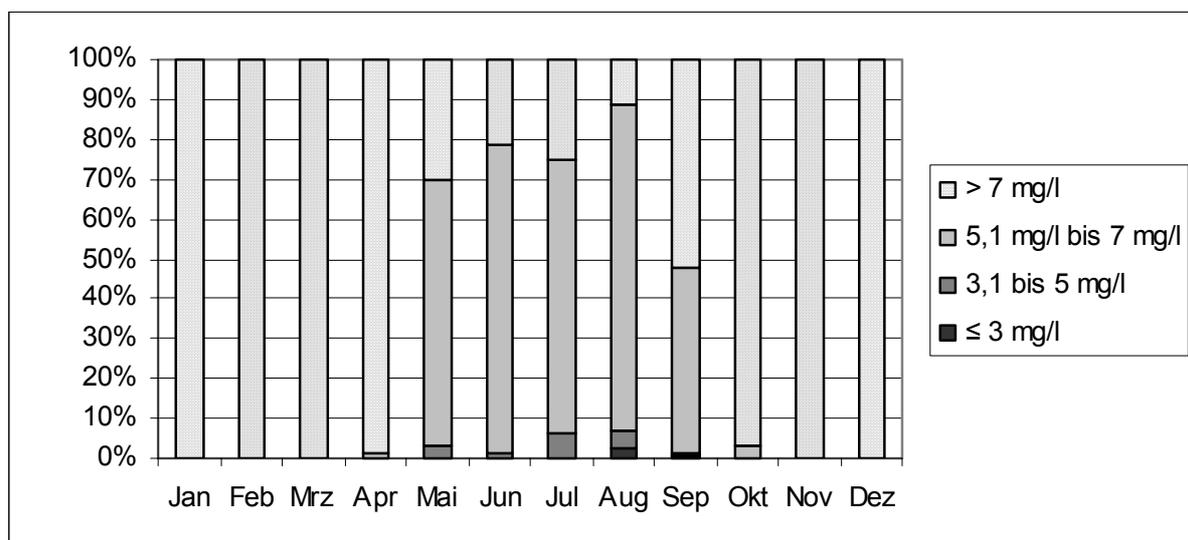
Wasserkörper Übergangsgewässer (Schwinge-Mündung bis Kugelbake, km 654,9 - 727,0)

In diesem Wasserkörper befinden sich 13 Längsprofil-Messstellen sowie zwei Messstationen und eine Hauptmessstelle (s. Tabelle 2.3-31 und Abbildung 2.3-9). Diese werden differenziert betrachtet, analog zu den in PÖUN (1997) verwendeten Untersuchungsabschnitten IV (Mittlere Tideelbe), V (Untere Tideelbe) und VI (Untere Tideelbe).

Teilbereich km 650 - 677

Bei niedrigem Oberwasserzufluss ist die Brackwasserzone in diesem Teilbereich nachweisbar, d. h. es können bereits Mischungseffekte mit Wasser aus der Nordsee auftreten. Zudem bildet sich in diesem Abschnitt bereits die ästuartypische Trübungszone aus.

In Tabelle 2.3-37 sind die jahreszeitlichen Mittelwerte für die ausgewählten Sauerstoff- und Nährstoffparameter aufgeführt. In den Sommerhalbjahren sind die Werte niedriger als im Winter und sowohl Sauerstoffgehalte als auch Sauerstoffsättigung im Sommerhalbjahr sind noch durch das regelmäßig auftretenden Sauerstofftal geprägt, das sich i.d.R. bis etwa km 670/680 ausdehnt (s. Abbildung 2.3-13). Im Wasserkörper Übergangsgewässer treten inzwischen keine fischkritischen Werte mehr auf, während vor der Wiedervereinigung Sauerstoffgehalte < 3 mg/l auch in diesem Wasserkörper gemessen wurden. Die mittleren Sauerstoffgehalte von ca. 6 - 11 mg/l sind unkritisch. Dies zeigen auch die in Tabelle 2.3-34 angegebenen Minima und Q1-Werte an der Station Grauerort (km 660,5), die im Zeitraum von 1998 bis 2004 zwischen 4,1 und 6,4 mg/l betragen. Sommerliche Minima von 4 - 5 mg/l charakterisieren diesen Abschnitt der Tideelbe als Bereich mit moderaten Sauerstoffdefiziten. Dies wird durch die nachstehende graphische Darstellung verdeutlicht.



**Abbildung 2.3-15: Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle Grauerort (km 660,5) 1998 - 2004 (ARGE ELBE)**

Erläuterung: Datengrundlage sind die Ergebnisse kontinuierlicher Messungen von 1998 - 2004 der ARGE Elbe

Die Abbildung zeigt, dass in den Monaten Mai bis August häufig Sauerstoffgehalte < 7 mg/l auftreten. Im Gegensatz zu dem stromauf gelegenen Wasserkörper Hafen (West) beträgt der Anteil der Gehaltsklasse 3,1 - 5 mg/l in den Monaten Mai bis August weniger als 10 %. Die niedrigsten Sauerstoffgehalte mit tatsächlich gemessenen Werten von 3 mg/l traten als singuläre Ereignisse lediglich im Zusammenhang mit dem Auguthochwasser 2002 auf.

**Tabelle 2.3-37: Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Übergangsgewässer, Teilbereich km 650 - 677**

Parameter	Winter 1980 - 1993	Sommer 1980 - 1993	Sommer 1990 - 1993	Sommer 1994 - 1997	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005
Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )	8,5	5,5	6,4	7,5	10,6	6,2
Sauerstoffsättigung ( % )	68	58	66	79	86	66
BSB <sub>5</sub> / Zehrung <sub>7</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	4,9	2,7	2,6	2,9	3,3	2,2
Ammonium (mg/l N)	1,7	0,6	0,2	0,1	0,2	0,1
Nitrat (mg/l N)	4,6	4,8	4,9	3,8	4,1	2,9
Phosphat (mg/l P)	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
DOC (mg/l C)	10,4	9,3	8,4	6,4	5,9	5,8
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	101	69	99	53	146	77

Erläuterungen: s. Tabelle 2.3-32

#### Teilbereich km 677 - 704

In diesem Teilbereich ist die Trübungszone besonders deutlich ausgeprägt, es treten im Mittel die höchsten oberflächennahen Schwebstoffkonzentrationen auf (s. Tabelle 2.3-38). Die jahreszeitlichen Mittelwerte liegen oberflächennah im Bereich von 150 bis > 200 mg/l. Mit Ausnahme von Sauerstoffdefiziten, die in diesem Teilbereich nicht mehr auftreten, entsprechen die Verhältnisse weitgehend denen im zuvor beschriebenen Teilbereich von km 650 - 677. Die jahreszeitlichen Mittelwerte der Sauerstoffsättigung liegen bei 80 - 90 %, die des Sauerstoffgehaltes bei 8 - 11 mg/l. Dies zeigen auch die in Tabelle 2.3-34 (s. 76) angegebenen Minima und Q1-Werte an der Station Bütteler Außendeich (km 691,1), die alle über 5 mg/l liegen.

**Tabelle 2.3-38: Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Übergangsgewässer, Teilbereich km 677 - 704**

Parameter	Winter 1980 - 1993	Sommer 1980 - 1993	Sommer 1990 - 1993	Sommer 1994 - 1997	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005
Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )	9,8	6,8	7,9	7,6	11,0	7,7
Sauerstoffsättigung ( % )	80	71	83	79	91	82
BSB <sub>5</sub> / Zehrung <sub>7</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	4,2	1,9	2,1	2,1	2,7	1,7
Ammonium (mg/l N)	1,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1
Nitrat (mg/l N)	4,6	4,8	4,7	3,9	3,9	3,0
Phosphat (mg/l P)	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
DOC (mg/l C)	9,8	8,6	8,2	6,1	6,0	6,2
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	159	102	116	122,2	219	146

Erläuterungen: s. Tabelle 2.3-32.

In diesem zentralen Bereich der Trübungszone wird verstärkt Nordseewasser zugemischt. Die jahreszeitlichen Mittelwerte von BSB5/Zehrung<sup>7</sup> liegen im Bereich von 1 - 3 mg/l O<sub>2</sub> und deuten auf ein sehr niedriges Zehrungspotential der Schwebstoffe hin. Zudem hemmen die teils drastisch schwankenden Salinitäten die heterotrophe bakterielle Aktivität.

#### Teilbereich km 704 - 727

Der innerhalb des Wasserkörpers Übergangsgewässer festzustellende Trend einer stromabwärts zunehmenden Verbesserung der Wassergüte setzt sich in diesem Teilbereich fort. Die Schwebstoffkonzentrationen werden hier wieder geringer (s. Tabelle 2.3-39), Sauerstoffdefizite treten nicht auf. Die jahreszeitlichen Mittelwerte der Sauerstoffsättigung liegen bei 85 - 90 %, die des Sauerstoffgehaltes bei 8 - 11 mg/l. Dies zeigen auch die in Tabelle 2.3-34 (s. 76) angegebenen Minima und Q1-Werte an der Station Cuxhaven (km 725,2), die nicht unter 6,5 mg/l liegen. Hinsichtlich des Zehrungspotentiales gelten die oben gemachten Ausführungen. Die bei Nitrat gemessenen niedrigen jahreszeitlichen Mittelwerte von 2,2 - 3,0 mg/l sind auf den marinen Einfluss zurückzuführen.

**Tabelle 2.3-39: Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Übergangsgewässer, Teilbereich km 704 - 727)**

Parameter	Winter 1980 - 1993	Sommer 1980 - 1993	Sommer 1990 - 1993	Sommer 1994 - 1997	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005
Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )	10,3	7,9	8,4	7,9	10,9	8,0
Sauerstoffsättigung (%)	87	83	87	83	92	86
BSB5 / Zehrung <sup>7</sup> (mg/l O <sub>2</sub> )	2,6	1,7	1,5	1,9	2,3	1,5
Ammonium (mg/l N)	0,7	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1
Nitrat (mg/l N)	3,4	3,4	2,9	3,0	3,0	2,2
Phosphat (mg/l P)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
DOC (mg/l C)	7,9	7,2	7,4	5,3	5,5	5,1
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	94	63	59	47	121	58

Erläuterungen: s. Tabelle 2.3-32.

#### Wasserkörper Küstengewässer (Kugelbake bis Scharhörn, km 727,0 - 746,3) und UG bis km 756

In diesem Wasserkörper befinden sich zwei Längsprofil-Messstellen bei km 727,0 und 746,3 (s. Tabelle 2.3-31 und Abbildung 2.3-9). Das gemäß Untersuchungsrahmen (WSD Nord & BWA 2005) bis km 756 ausgedehnte UG wird durch die Messstellen hinreichend charakterisiert.

Der Wasserkörper ist deutlich marin beeinflusst. Dies zeigen u.a. die geringen Schwebstoffkonzentrationen und die sehr geringen Nitratgehalte (s. Tabelle 2.3-40). Sauerstoffdefizite treten nicht auf. Die jahreszeitlichen Mittelwerte der Sauerstoffsättigung liegen bei 90 - 95 %, die des Sauerstoffgehaltes bei 8,5 - 10 mg/l. Hinsichtlich des Zehrungspotentiales gelten die oben gemachten Ausführungen. PÖUN (1997) vermutete, dass u.a. leicht erhöhte BSB5-Werte eine höhere Aktivität der an Schwebstoff gebundenen Mikroflora anzeigen, da diese unterhalb der Brackwasserzone

günstigere Habitatbedingungen vorfindet. Dies ist prinzipiell anzunehmen, jedoch sind die Veränderungen im Zeitabschnitt 1998 - 2005 marginal.

**Tabelle 2.3-40: Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der abfiltrierbaren Stoffe im Wasserkörper Küstengewässer (km 727 - 756)**

Parameter	Winter 1980 - 1993	Sommer 1980 - 1993	Sommer 1990 - 1993	Sommer 1994 - 1997	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005
Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )	10,2	8,7	9,0	8,9	10,1	8,5
Sauerstoffsättigung ( % )	91	96	93	95	91	95
BSB5 / Zehrung7 (mg/l O <sub>2</sub> )	1,8	2,4	1,5	3,3	2,1	2,3
Ammonium (mg/l N)	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Nitrat (mg/l N)	1,5	1,1	0,9	0,7	1,3	0,6
Phosphat (mg/l P)	0,1	0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
DOC (mg/l C)	4,3	4,3	6,3	keine Werte	3,4	3,5
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	68	31	32	15	35	13

Erläuterungen: s. Tabelle 2.3-32.

In Tabelle 2.3-41 sind Daten aus Nebenrinnen in der Außenelbe (Vogelsander Norderelbe, nördlich des Großen Vogelsandes) und angrenzenden Wattbereichen (Norder till, Teil eines Rinnensystems südwestlich Scharhörn) zusammengestellt. Es ist davon auszugehen, dass diese Messstellen maßgeblich durch marine Einflüsse aus dem Wattenmeerbereich und der offenen Nordsee geprägt sind. Anthropogene und natürliche Veränderungen in der Tideelbe oberhalb der seewärtigen Grenze der Binnenwasserstraße (km 727,7) sind weitgehend ohne Einfluss auf die Messstellen. Dies zeigen u. a. die geringen Schwebstoffkonzentrationen sowie die niedrigen Nitrat- und Phosphatgehalte. Sauerstoffdefizite treten in diesem Bereich nicht auf. Die jahreszeitlichen Mittelwerte der Sauerstoffsättigung liegen bei 90 - 95 %, die des Sauerstoffgehaltes bei 8,5 - 10,5 mg/l.

**Tabelle 2.3-41: Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der Schwebstoffkonzentration an den Messstellen Nordertill und Vogelsander Norderelbe**

Parameter	Nordertill		Vogelsander Norderelbe	
	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005	Winter 1998 - 2005	Sommer 1998 - 2005
Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )	10,3	8,3	10,1	8,4
Sauerstoffsättigung ( % )	92	95	93	94
Zehrung7 (mg/l O <sub>2</sub> )	1,9	2,7	1,8	2,3
Ammonium (mg/l N)	0,1	0,1	0,1	0,1
Nitrat (mg/l N)	1,0	0,4	0,9	0,5
Phosphat (mg/l P)	0,0	0,0	0,0	0,0
DOC (mg/l C)	3,2	3,7	2,9	3,3
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	36	16	40	17

Erläuterungen: s. Tabelle 2.3-42

### 2.3.4.3 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebengewässern

Die nachfolgend behandelten Nebengewässer sind den Wasserkörpern Elbe-West (Hahnöfer Nebenelbe) und Übergangsgewässer (Lühesander Süderelbe sowie Pagensander u. Glückstädter Nebenelbe) zuzuordnen.

In Kapitel 2.3.2.3 wurde bereits erläutert, dass neben den prägenden Längsgradienten in der Tideelbe, die insbesondere unterhalb von Hamburg auftreten, auch im Querschnitt deutlich ausgeprägte Stoffgradienten zwischen Hauptstrom und Seitenbereichen vorkommen können.

Bereits PÖUN (1997) stellt jedoch fest, dass die „auf die einzelnen Untersuchungsabschnitte bezogenen Ergebnisse der statischen Auswertungen aller betrachteten Parameter gleichermaßen auch für die in diesen Elbabschnitten gelegenen Nebenelben“ gelten. Begründet wird dies mit den bei den betrachteten Sauerstoff- und Nährstoffparametern auftretenden geringen Abweichungen vom Hauptstrom der Tideelbe, die die Variabilität der Naturmessdaten dort nicht übertreffen würden. Auf Ergebnisse von Golombek et al. (1996) zu nicht gegebenen Wirkungen der Nebenelben auf die Gewässergüte in der Elbe sei hier nur hingewiesen.

Nachfolgend werden Längsprofilmessungen der ARGE ELBE im Hinblick auf ausgewählte Sauerstoff- und Nährstoffparameter in Nebenelben und im Hauptstrom betrachtet. In Tabelle 2.3-42 sind jeweils die Mittelwerte aus allen vorliegenden Längsprofilmessungen im betreffenden Zeitraum und Gewässerabschnitt angegeben. Das Augenmerk gilt dabei den ausgewählten Parametern des Sauerstoffgehaltes im Hinblick auf eine Funktion der Nebenelben als Rückzugsgebiet für Fische bei Sauerstoffmangelzuständen im Hauptstrom der Tideelbe (Caspers 1984, PÖUN 1997).

BfG (2004) weist auf die parallel zur Messung im Hauptstrom (km 641) ermittelten höheren Sauerstoffgehalte in der Hahnöfer Nebenelbe und den Rückgang der zu beobachtenden Differenzen hin. Während im Winter kaum Unterschiede auftreten, gehen im Sommer die Differenzen von „oft mehr als 6 mg O<sub>2</sub>/l in den 1980er Jahren auf maximal ca. 4 mg in den 1990er und vom Jahr 2000 an auf ca. 2 mg“ zurück. Dieser Trend hat sich fortgesetzt, bei der unten durchgeführten Betrachtung jahreszeitlicher Mittelwerte sind die Differenzen zwischen Hauptstrom und Nebenelben sehr gering. BfG (2006) teilt zusammenfassend mit, dass die Hahnöfer Nebenelbe, ungeachtet regelmäßiger Sauerstoffdefizite im Sommer (BfG verweist auf verringerte Algengehalte und eine ggf. damit zusammenhängende mindere biogene O<sub>2</sub>-Produktion), immer noch ein „sauerstoffreicheres“ Rückzugsgebiet für Tiere sei.

**Tabelle 2.3-42: Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter sowie der Schwebstoffkonzentration in Nebenelben (1998 - 2005)**

Parameter	Hahnöfer Nebenelbe (ca. km 635 - 643)		Lühesander Süderelbe (ca. km 647 - 651)		Pagensander Nebenelbe (ca. km 658 - 666)		Glückstädter Nebenelbe (ca. km 671 - 677)	
	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )	10,5	6,6	10,3	6,1	10,7	6,7	10,9	7,2
Sauerstoffsättigung (%)	87	70	85	66	88	71	90	76
Zehrung <sub>7</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	3,5	4,6	3,1	2,5	3,1	2,1	3,0	1,8
Ammonium (mg/l N)	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
Nitrat (mg/l N)	4,1	2,6	4,0	2,7	4,0	2,9	3,9	3,0
Phosphat (mg/l P)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
DOC (mg/l C)	6,0	6,1	6,0	6,0	6,5	5,9	6,3	6,0
Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)	64	49	87	28	119	58	193	74

Erläuterungen: Datengrundlage sind Längsprofilmessungen der ARGE ELBE (Wassergütestelle Elbe) von 1998 bis 2005: Auswertung und Darstellung entsprechend PÖUN (1997). Daten sind getrennt nach Sommer- und Winterhalbjahr dargestellt (Sommer = April bis September; Winter = Oktober bis März). DOC = Gelöster organischer Kohlenstoff. Zehrung<sub>7</sub> = Analyse des BSB (biochem. Sauerstoffbedarf) bezogen auf 7 Tage  
Hinweise: Die Anzahl der zur Mittelwertbildung verwendeten Daten ist unterschiedlich.

Zum Vergleich werden nachfolgend die Sauerstoffparameter aus den Nebenelben und dem Hauptstrom aus dem Zeitraum 1998 - 2005 nebeneinander dargestellt. Die Daten zum Hauptstrom wurden entnommen: Tabelle 2.3-35 (Hahnöfer Nebenelbe und Lühesander Süderelbe), Tabelle 2.3-37 (Pagensander u. Glückstädter Nebenelbe). Derart ist die (sinnvolle) Bezugnahme auf einen jeweils größeren Bereich des Hauptstromes gewährleistet.

Festzustellen ist, dass die Differenzen der jahreszeitlichen Mittelwerte zwischen Hauptstrom und Nebenelben im Winterhalbjahr marginal sind. Im Sommerhalbjahr treten dagegen teils etwas größere Differenzen auf. Diese betreffen jedoch überwiegend nur die Hahnöfer Nebenelbe.

Beim Sauerstoffgehalt beträgt die Differenz zum Hauptstrom im Sommer jedoch lediglich an der Hahnöfer Nebenelbe > 1 mg/l (Mittelwert im Sommer Hahnöfer Nebenelbe: 6,6 mg/l vs. 5,3 mg/l im Hauptstrom). Auch bei der Sauerstoffsättigung beträgt die Differenz zum Hauptstrom im Sommer lediglich an der Hahnöfer Nebenelbe > 10 % (Mittelwert im Sommer Hahnöfer Nebenelbe: 70,7 % vs. 57 % im Hauptstrom), bei den übrigen Nebenelben dagegen nur 5 - 10 %.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass sich die Schwebstoffgehalte in den Nebengewässern und im Hauptstrom größenordnungsmäßig in demselben Bereich bewegen. Dies gilt auch für das Zehrungspotential (Zehrung<sub>7</sub>). In der Lühesander Süderelbe sind die jahreszeitlichen Mittelwerte gegenüber dem Hauptstrom leicht erhöht, in den übrigen Nebenelben leicht erniedrigt.

**Tabelle 2.3-43: Jahreszeitliche Mittelwerte ausgewählter Sauerstoffparameter sowie der Schwebstoffkonzentration in Nebengewässern der unteren Tideelbe sowie im Hauptstrom (1998 - 2005)**

Wasserkörper Abschnitt Hauptstrom	Elbe (West) km 635 - 654,9		Elbe (West) km 635 - 654,9		Übergangsgewässer			
					Teilbereich km 650 - 677		Teilbereich km 650 - 677	
Nebengewässer	Hahnöfer Nebanelbe (ca. km 635 - 643)		Lühesander Süderelbe (ca. km 647 - 651)		Pagensander Nebanelbe (ca. km 658 - 666)		Glückstädter Nebanelbe (ca. km 671 - 677 )	
	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer
Hauptstrom, Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )	10,6	5,3	10,6	5,3	10,6	6,2	10,6	6,2
Nebengewässer, Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )	10,5	6,6	10,3	6,1	10,7	6,7	10,9	7,2
Hauptstrom Sauerstoffsättigung ( % )	86	57	86	57	86	66	86	66
Nebengewässer Sauerstoffsättigung ( % )	87	70	85	66	88	71	90	76
Hauptstrom Zehrung <sub>7</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	3,4	3,9	3,4	3,9	3,3	2,2	3,3	2,2
Nebengewässer Zehrung <sub>7</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	3,5	4,6	3,1	2,5	3,1	2,1	3,0	1,8

Erläuterungen: s. Tabelle 2.3-42

Zu klären bleiben die auftretenden Minima insbesondere des Sauerstoffgehaltes in den Nebengewässern (Fischsterben treten nicht bei Mittelwerten des Sauerstoffgehaltes auf). Tabelle 2.3-44 gibt, basierend auf den bei Längsprofilmessungen der AR-GE ELBE ermittelten Daten, die in vier ausgewählten Nebengewässern erfassten Minima des Sauerstoffgehaltes an. Die Minima des Jahres 2002 sind wiederum durch das August-Hochwasser als singuläres Ereignis geprägt und können daher vernachlässigt werden.

Festzuhalten ist, dass die Hahnöfer Nebanelbe und die Lühesander Süderelbe deutlich von den im Hauptstrom auftretenden Sauerstoffdefiziten erfasst werden und in der Lühesander Süderelbe auch fischkritische Werte < 3 mg/l durch die (wenigen) Längsprofilmessungen ermittelt worden sind. In der Pagensander und der Glückstädter Nebanelbe war dies nicht der Fall. Die absoluten Minima dürften deutlich niedriger sein, als die in der Tabelle erfassten Werte.

**Tabelle 2.3-44: Minima des Sauerstoffgehaltes in vier Nebengewässern der Tideelbe im Zeitraum 1998 bis 2005**

	1998	1999	2000	2001	2002 <sup>1)</sup>	2003	2004	2005
	<b>Sauerstoffminima (mg/l O<sub>2</sub>)</b>							
Hahnöfer Nebanelbe	5,7	4,3	3,9	4,3	4,1	4,4	4,0	5,5
Lühesander Süderelbe	4,9	5,4	5,4	4,9	3,5	5,2	2,9	5,3
Pagensander Nebanelb.	5,7	5,6	6	5,4	3,7	5,8	5,8	6,2
Glückstädter Nebanelbe	7	6,4	6,1	6,6	3,9	6,3	6,6 <sup>2)</sup>	7,0

Erläuterung: Datengrundlage sind die Längsprofilmessungen der Wassergütestelle Elbe von 1998 bis 2004 (ARGE ELBE 2005b)  
Anzahl der Messwerte: je Jahr und Station 6 Beprobungen, <sup>1)</sup> = 7 Beprobungen, <sup>2)</sup> = 5 Beprobungen

#### 2.3.4.4 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebenflüssen der Tideelbe

Nachfolgend werden, soweit Daten verfügbar sind, der Sauerstoffhaushalt in den Nebenflüssen gemäß Untersuchungsrahmen behandelt. Auf den Nährstoffhaushalt (N und P) wird nicht eingegangen, da das zu beurteilende Vorhaben keinen Einfluss auf den Nährstoffhaushalt haben wird.

Die rechtsseitigen Nebenflüsse Stör, Krückau, Pinnau und Wedeler Au/Hetlinger Binnenelbe wurden von LANU Schleswig-Holstein (1997) der Gewässergüteklasse II (mäßig belastet) zugeordnet. Die ständig tidebeeinflussten Unterläufe wurden nicht bewertet, da für den Tidebereich kein Saprobienindex vorliegt. NLWK (2001) gibt dagegen auch zu den tidebeeinflussten Unterläufen eine Einstufung und ordnet die linksseitigen Nebenflüsse der Tideelbe folgenden Gewässergüteklassen (GKL) zu:

- Oste, Seeve, Luhe: GKL II (mäßig belastet)
- Schwinge, Aue/Lühe, Este und Ilmenau: GKL II-III (kritisch belastet).

#### Stör

In Tabelle 2.3-45 sind die Sauerstoffgehalte und zur Orientierung die Schwebstoffgehalte (abfiltrierbare Stoffe) in der Stör an der Messstelle Heiligenstedten angegeben. Die Abflussdaten beziehen sich auf die Messstelle Willenscharen.

Sowohl die Minima (6,2 - 8,3 mg/l) als auch die Q1-Werte (9,2 - 11,0 mg/l) zeigen, dass im Zeitraum von 1998 bis 2004 in der Stör keine kritischen Sauerstoffgehalte aufgetreten sind.

**Tabelle 2.3-45: Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Stör 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Willenscharen (m <sup>3</sup> /s)			Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )		Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Q1	Min	Median	Max
1998	3,2	4,5	16,9	6,2	9,2	13	56,5	142
1999	2,5	4,2	16,7	8,2	11,0	17	57	227
2000	2,4	3,5	14,9	8,3	10,1	13	43	111
2001	2,8	5,7	10,3	6,9	9,3	21	62	237
2002	-	-	-	6,2	9,3	14	30,5	83
2003	-	-	-	8,3	10,1	10	61	144
2004	-	-	-	6,4	8,4	15	42,5	267

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Stör/Heiligenstedten (Klappbrücke, km 28,1). Abflussdaten: Willenscharen (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe. Q1 = erstes Quartil.

### Krückkau

In Tabelle 2.3-46 sind die Sauerstoffgehalte und zur Orientierung die Schwebstoffgehalte (abfiltrierbare Stoffe) in der Krückkau an der Messstelle Elmshorn angegeben. Kritische Sauerstoffgehalte traten im Bereich der Messstelle nicht auf, dies zeigen sowohl die Minima (6,7 - 8,3 mg/l) als auch die Q1-Werte (8,8 - 10,8 mg/l). Eine Beeinflussung des Sauerstoffhaushaltes durch die infolge von Brackwassereinträgen erhöhten Schwebstoffgehalte (s. Kapitel 2.3.2.4) in den Jahren 2000 und 2004 lässt sich aus den gemessenen Sauerstoffgehalten nicht ableiten.

**Tabelle 2.3-46: Sauerstoffgehalt und Schwebstoffgehalt in der Krückkau von 1998 bis 2004**

Jahr	Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )		Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Q1	Min	Median	Max
1998	7,8	8,9	6	11	18
1999	8,5	10,8	13	19	24
2000	6,7	9,1	4	14	272
2001	7,3	8,8	1	14	36
2002	7,6	8,8	4	11	32
2003	8,3	8,9	7	12	112
2004	8,2	9,0	3	11	85

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE - zwei- bis vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Krückkau/Elmshorn (oberhalb Hafens). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe. Q1 = erstes Quartil. Zum Abfluss liegen keine Daten vor.

### Pinnau

In Tabelle 2.3-47 sind die Sauerstoffgehalte und zur Orientierung die Schwebstoffgehalte (abfiltrierbare Stoffe) in der Pinnau an der Messstelle Pinneberg (Eisenbahnbrücke) angegeben. Die Abflussdaten beziehen sich auf die Messstelle Renzel.

Sowohl die Minima von 7,1 bis 8,9 mg/l als auch die Q1-Werte (8,8 - 10,9 mg/l) zeigen, dass im Zeitraum von 1998 bis 2004 an der Messstelle Pinneberg keine kritischen Sauerstoffgehalte aufgetreten sind.

**Tabelle 2.3-47: Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Pinnau 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Renzel (m <sup>3</sup> /s)			Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )		Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Q1	Min	Median	Max
1998	0,2	0,5	3,6	8,6	9,0	4	12,5	45
1999	0,2	0,4	4,9	8,1	10,9	9	15	81
2000	0,2	0,4	2,3	8,9	9,1	2	13	31
2001	0,2	0,6	2,5	7,2	8,8	2	13	24
2002	-	-	-	8,1	10	5	10	30
2003	-	-	-	7,1	9,8	6	13	40
2004	-	-	-	9,0	9,7	6	9,5	31

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Pinnau/ Pinneberg (Eisenbahnbrücke). Abflussdaten: Renzel (Mittelauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe. Q1 = erstes Quartil.

### Wedeler Au/Hetlinger Binnenelbe

Die Wedeler Au wurde von LANU Schleswig-Holstein der Gewässergüteklasse II (mäßig belastet) zugeordnet.

### Flottbek

Die Flottbek wurde zuletzt, wie bereits in vorangegangenen Untersuchungen, als kritisch belastet eingestuft (GKL II - III, Stadt Hamburg 1994, 2000).

### Oste

In Tabelle 2.3-47 sind die Sauerstoffgehalte und zur Orientierung die Schwebstoffgehalte (abfiltrierbare Stoffe) in der Oste an der Messstelle Oberndorf angegeben. Die Abflussdaten beziehen sich auf die Messstelle Rockstedt.

Die Minima und Q1-Werte an der Messstelle Oberndorf liegen zwischen 5,1 und 8,3 mg/l. Mit Ausnahme des Minimums im Jahre 2002, das durch das August-Hochwasser in der Elbe bedingt war und als singuläres Ereignis zu werten ist, wurden im Zeitraum 1998 - 2004 keine kritischen Sauerstoffgehalte festgestellt.

NLWK (2001) stuft die Gewässergüte im tidebeeinflussten Abschnitt von Oste bis Neuhaus mit GKL II ein, weist jedoch darauf hin, dass chemisch-physikalische Untersuchungsergebnisse „*abschnittsweise deutliche Tendenzen zur Klasse II - III aufweisen*“ (erhöhte winterliche Ammoniumwerte, teils auch erhöhte Werte bei BSB5- und Gesamt-P). Hinzuweisen ist noch auf die im tidebeeinflussten Bereich der Oste auftretenden sommerlichen Algenblüten, die bei Oberndorf im Jahresverlauf zu stark schwankenden Chl a-Werte (9,8 µg/L Chl a bis 115,1 µg/L Chl a) führen (NLWK 2001).

**Tabelle 2.3-48: Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Oste 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Rockstedt (m <sup>3</sup> /s)			Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )		Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Q1	Min	Median	Max
1998	2,2	4,6	19,5	7,1	7,6	58,4	159	229
1999	1,3	3,2	35,1	6,0	7,0	69,5	140,5	196
2000	1,9	3,1	20,1	7,2	8,3	60,5	148,5	225
2001	2,1	5,7	27,8	5,1	8,1	34,8	142	211
2002	-	-	-	1,5*	6,8	18	90	162
2003	-	-	-	5,7	7,8	64	117	240
2004	-	-	-	6,4	8,4	42	100	170

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE: zwei- bis vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 Oste/Oberndorf (km 63,3). Abflussdaten: Oste/Rockstedt (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe. Q1 = erstes Quartil. \* = Messung am 01.08.2002.

### Freiburger Hafenpriel

Aus diesem Gewässer liegen keine Daten zum Stoffhaushalt vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Stoffhaushalt im Freiburger Hafenpriel wegen des sehr geringen Oberwasserzuflusses von den im Hauptstrom der Tideelbe herrschenden Verhältnissen geprägt ist.

### Zuflüsse/Nebengewässer im Bereich Krautsand und Asseler Sand

Die im Bereich Krautsand und Asseler Sand liegenden Gewässer (Wischhafener Süderelbe, Krautsander Binnenelbe, Ruthenstrom, Gauensieker Schleusenfleth, Gauensieker Süderelbe, Barnkruger Süderelbe, Barnkruger Loch, Bützflether Süderelbe) sind in Abhängigkeit von der Tide teilweise nur zeitweise an den Hauptstrom angeschlossen. Aus den Gewässern liegen keine Daten zum Stoffhaushalt vor. So behandeln weder der Gütebericht von NLWK (2001) noch BR Lüneburg (2004a) diese Gewässer.

### Schwinge

In Tabelle 2.3-49 sind die Sauerstoffgehalte und zur Orientierung die Schwebstoffgehalte (abfiltrierbare Stoffe) in der Schwinge an der Messstelle Symphonie angegeben. Die Abflussdaten beziehen sich auf die Messstelle Schwinge.

Die Minima und Q1-Werte an der Messstelle Symphonie liegen zwischen 4,2 und 8,4 mg/l. Mit Ausnahme des Minimums im Jahre 2002, das durch das August-Hochwasser in der Elbe bedingt war und als singuläres Ereignis zu werten ist, wurden im Zeitraum 1998 - 2004 keine kritischen Sauerstoffgehalte festgestellt.

NLWK (2001) stuft die Gewässergüte im tidebeeinflussten Abschnitt der Schwinge in GKL II - III ein und weist auf erhöhte Ammonium- und Gesamt-P-Werte hin.

**Tabelle 2.3-49: Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Schwinge von 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Schwinge (m <sup>3</sup> /s)			Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )		Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Q1	Min	Median	Max
1998	0,2	0,5	1,9	5,9	7,3	49,5	118	214
1999	0,2	0,4	2,5	5,9	7,3	21,6	69,75	428
2000	-	-	-	5,5	7,9	43,5	63	248
2001	-	-	-	4,2	6,8	33	84,7	457
2002	-	-	-	0,9*	7,1	12	45	115
2003	-	-	-	7,4	8,4	17	39	103
2004	-	-	-	5,5	8,0	22	39	100

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Schwinge/Symphonie. Abflussdaten: Schwinge (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe. Q1 = erstes Quartil. \* = Messung am 01.08.2002 (August-Hochwasser).

### Lühe/Aue

In Tabelle 2.3-50 sind die Sauerstoffgehalte und zur Orientierung die Schwebstoffgehalte (abfiltrierbare Stoffe) in der Lühe an der Messstelle Mittelnkirchen angegeben. Die Abflussdaten beziehen sich auf die Messstelle Oersdorf.

Die Minima und Q1-Werte an der Messstelle Mittelnkirchen liegen zwischen 5,5 und 9,3 mg/l. Mit Ausnahme des Minimums im Jahre 2002, das durch das August-Hochwasser in der Elbe bedingt war und als singuläres Ereignis zu werten ist, wurden im Zeitraum 1998 - 2004 keine kritischen Sauerstoffgehalte festgestellt.

NLWK (2001) stuft die Gewässergüte im tidebeeinflussten Bereich ab Horneburg bis zur Mündung in GKL II - III ein, da die Zielvorgaben für die Güteklasse II bei TOC, Ammonium, Nitrat und coliformen Keime teils überschritten wurden.

**Tabelle 2.3-50: Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Lühe von 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Oersdorf (m <sup>3</sup> /s)			Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )		Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Q1	Min	Median	Max
1998	-	-	-	5,8	7,8	12,5	21,2	34,8
1999	-	-	-	6,2	7,6	15,2	24	46,8
2000	0,1	0,1	1,7	6,7	8,8	12	22,25	134
2001	0,1	0,3	1,9	5,5	7,6	12	21,75	48,8
2002	-	-	-	0,5*	6,8	10	18	30
2003	-	-	-	7,2	9,3	11	24	65
2004	-	-	-	6,8	8,5	12	18	39

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Lühe/Mittelnkirchen. Abflussdaten: Oersdorf (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe. Q1 = erstes Quartil. \* = Messung am 01.08.2002. \*\* = Messung am 21.06.1999.

### Este

In Tabelle 2.3-51 sind die Sauerstoffgehalte und zur Orientierung die Schwebstoffgehalte (abfiltrierbare Stoffe) in der Este an der Messstelle Hole angegeben. Die Abflussdaten beziehen sich auf die Messstelle Emmen.

Die Minima und Q1-Werte an der Messstelle Hole liegen zwischen 5,2 und 8,9 mg/l. Kritische Sauerstoffgehalte wurden im Zeitraum 1998 - 2004 nicht festgestellt.

NLWK (2001) stuft den tidebeeinflussten Abschnitt der Este von Buxtehude bis zur Mündung in GKL II - III ein und weist auf die verstärkte autotrophe Produktion (Sekundärverschmutzung), diffuse Belastungen und erhöhte Gehalte bei Ammonium (Höchstwert 1,86 mg N/l) hin.

**Tabelle 2.3-51: Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Este von 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Emmen (m <sup>3</sup> /s)			Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )		Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Q1	Min	Median	Max
1998	1,1	1,5	2,9	6,8	7,8	12,4	41,2	56,5
1999	1,0	1,5	5,1	6,1	8,9	8,8	38,4	52,0
2000	1,1	1,4	3,2	6,4	7,8	14,8	28,4	284,0
2001	-	-	-	6,1	7,9	20,4	43,2	292,0
2002	-	-	-	5,2	7,4	10,0	22,5	44,0
2003	-	-	-	7,7	8,7	12,0	25,0	72,0
2004	-	-	-	7,5	9,1	16	27	67

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Este/Hole. Abflussdaten: Emmen (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe. Q1 = erstes Quartil.

### Seeve

In Tabelle 2.3-52 sind die Sauerstoffgehalte und zur Orientierung die Schwebstoffgehalte (abfiltrierbare Stoffe) in der Seeve an der Messstelle Hörsten angegeben. Die Abflussdaten beziehen sich auf die Messstelle Jehrden.

Die Minima und Q1-Werte an der Messstelle Hörsten liegen zwischen 7,3 und 10,2 mg/l. Kritische Sauerstoffgehalte wurden im Zeitraum 1998 - 2004 nicht festgestellt.

NLWK (2001) stuft den tidebeeinflussten Abschnitt der Seeve mit GKL II ein und verweist dabei auf den bis Hörsten reichenden Tideeinfluss.

**Tabelle 2.3-52: Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Seeve von 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Jehrden (m <sup>3</sup> /s)			Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )		Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Q1	Min	Median	Max
1998	2,7	3,8	7,1	9,1	10,1	< 10	13	22
1999	2,5	3,5	9,4	9,1	9,8	< 10	< 10	58
2000	2,8	3,9	5,4	9,2	10,2	< 10	< 10	12
2001	3,0	3,6	12,0	7,3	9,6	< 10	< 10	19
2002	-	-	-	9,1	10,0	< 10	< 10	18
2003	-	-	-	9,5	9,9	< 10	< 10	12
2004	-	-	-	8,9	9,8	< 10	< 10	36

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Seeve/Hörsten. Abflussdaten: Jehrden (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe. Q1 = erstes Quartil.

## Luhe

NLWK (2001) stuft den tidebeeinflussten Abschnitt der Luhe mit GKL II ein. Kritische Sauerstoffgehalte sind aus der unteren Luhe nicht bekannt.

## Ilmenau

Die Ilmenau befindet sich, wie auch Seeve und Luhe, außerhalb des durch die Brackwasserzone der Tideelbe beeinflussten Bereiches. Zur Orientierung beigegebene Abflussdaten liegen von der Messstelle Bienenbüttel vor, die sich im Mittellauf der Ilmenau oberhalb des tidebeeinflussten Bereiches (bis Schleuse Fahrenholz) befindet. Der Schwebstoffgehalt (abfiltrierbare Stoffe) wurde bereits oben behandelt und dient nur der Orientierung.

In Tabelle 2.3-53 sind die Sauerstoffgehalte und zur Orientierung die Schwebstoffgehalte (abfiltrierbare Stoffe) in der Ilmenau an der Messstelle Stöckte angegeben. Die Abflussdaten beziehen sich auf die Messstelle Bienenbüttel.

Die Minima und Q1-Werte an der Messstelle Stöckte zwischen 7,0 und 9,9 mg/l. Kritische Sauerstoffgehalte traten im Zeitraum 1998 - 2004 nicht auf.

NLWK (2001) stuft den tidebeeinflussten Abschnitt der Ilmenau mit GKL II - III ein.

**Tabelle 2.3-53: Sauerstoffgehalt, Schwebstoffgehalt und Abfluss in der Ilmenau von 1998 bis 2004**

Jahr	Abfluss Bienenbüttel (m <sup>3</sup> /s)			Sauerstoffgehalt (mg/l O <sub>2</sub> )		Abfiltrierbare Stoffe (mg/l)		
	Min	Median	Max	Min	Q1	Min	Median	Max
1998	4,9	7,4	25,1	8,4	9,2	< 10	12,5	38
1999	4,9	7,2	28,0	8,6	9,5	< 10	13	39
2000	4,3	6,7	12,3	9,0	9,9	2	13	36
2001	5,6	8,3	17,9	8,0	9,1	< 10	10,5	26
2002	-	-	-	7,4	9,6	< 10	14	27
2003	-	-	-	8,1	9,1	9	11,5	16
2004	-	-	-	7,0	9,6	10	12	41

Erläuterungen: Wassergütedaten der ARGE ELBE - zwei- bzw. vier-wöchentliche Einzelproben von 1998 bis 2004 an der Ilmenau/Stöckte. Abflussdaten: Bienenbüttel (Mittellauf). Min = Minimum bzw. kleinster Messwert der Zeitreihe, Max = Maximum bzw. größter Messwert der Zeitreihe Q1 = erstes Quartil.

### 2.3.5 Schadstoffe

Aspekte, die im Zusammenhang mit der Freisetzung von Schadstoffen aus Sedimenten oder Schwebstoffen stehen, werden im Gutachten H.2b behandelt. Im Folgenden werden Schadstoffe deshalb lediglich überschläglich, differenziert nach Schwermetallen und organischen Schadstoffen, behandelt. Dies insbesondere, da das zu beurteilende Vorhaben erstens nicht unmittelbar auf Schadstoffeinleitungen in der Tideelbe wirkt und zweitens nur eingeschränkt geeignet ist, indirekt über hydrologische Veränderungen eine mess- und beobachtbare Beeinflussung der Schadstoffkonzentrationen in der Wassersäule zu bewirken.

ARGE ELBE (2006) vergleicht orientierend die Jahresfrachten ausgewählter organischer Schadstoffe und Schwermetalle 1989 und 2004 und stellt bei dem überwiegenden Teil der Messgrößen „einen deutlichen Rückgang der Mengen“ fest, insbesondere bei den leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen. Lediglich bei der  $\alpha$ -HCH-Jahresfracht wird oberhalb des UG (Messstelle Schnackenburg) ein Anstieg verzeichnet, der auf Austräge von Altlasten (Raum Bitterfeld/Wolfen) zurückgeführt wird.

#### Schwermetalle

Daten zur Schwermetallbelastung der Tideelbe werden in den jährlichen Güteberichten von ARGE ELBE mitgeteilt und kommentiert, zuletzt für die Jahre 2003 und 2004 ARGE ELBE (2004b, 2006). Die Daten werden in den Sedimentationsbecken von automatischen Messstationen als Monatsmischproben gesammelt und analysiert, der 90 %-Wert<sup>45</sup> einer Jahres-Messreihe bestimmt die Güteklasse (angelehnt an die früher übliche Gewässergütebewertung mit der bekannten Skalierung von I/unbelastet bis IV/stark belastet, zu den Güteklassen für Schadstoffe und deren Ermittlung vgl. z. B. ARGE ELBE 1999). Es handelt sich also um schwebstoffbürtiges Material, das sich jeweils in einem Zeitraum von vier Wochen vor der Analyse abgelagert hat. Generell treten im Verlauf der Tideelbe unterhalb des Wasserkörpers Hafen zunehmend geringer belastete Schwebstoffe aus der Nordsee auf, die Schadstoffkonzentrationen nehmen zur Mündung hin ab (s. jedoch unten zu Blei). Nachfolgend wird teils auf die oberhalb des UG befindliche Messstation Schnackenburg Bezug genommen.

Die Quecksilber-Jahresfracht an der Messstation Schnackenburg betrug (2004) 1,0 t/a (1989: 12 t/a bei vergleichbaren hydrologischen Verhältnissen). Die Quecksilbergehalte an der Messstation Seemannshöft (Tabelle 2.3-54) werden der Güteklasse II - III zugeordnet.

Die Cadmium-Jahresfracht an der Messstation Schnackenburg betrug (2004) 5,2 t/a, (1989: 6,4 t/a). Die Cadmiumgehalte an der Messstation Seemannshöft werden der Güteklasse II-III zugeordnet.

Die Blei-Jahresfracht an der Messstation Schnackenburg betrug (2004) 59 t/a, (1989: 110 t/a). Die Bleigehalte an den Messstationen Seemannshöft und Cuxhaven werden der Güteklasse II zugeordnet. Die Messstelle Cuxhaven (Tabelle 2.3-55) wird mit be-

<sup>45</sup> ARGE ELBE teilt mit: „Der 90 %-Wert steht an der Stelle der aufsteigend sortierten Wertereihe, die sich aus dem Produkt von 0,9 mit der Anzahl der Messungen ergibt.“

trachtet, weil die Blei-Belastung bei Cuxhaven der bei Hamburg-Seemannshöft vergleichbar ist (s.o.). ARGE ELBE führt dies auf die atmosphärische Deposition von Blei in der Nordsee zurück.

Die Arsen-Jahresfracht an der Messstation Schnackenburg betrug (2004) 45 t/a, (1989: 52 t/a). Eine bedeutsame Arsenquelle ist das hoch belastete Mulde-Gebiet (Altlasten). Die Arsengehalte an den Messstationen Seemannshöft und Cuxhaven werden der Güteklasse II-III zugeordnet.

**Tabelle 2.3-54: 90 %-Werte von Schwermetallen für die Jahre 1998 bis 2004 an der Messstation Seemannshöft (Strom-km 628,9)**

		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Quecksilber	(mg/kg)	2,38	2,61	2,63	1,4	3,1	2,2	2,7
Cadmium	(mg/kg)	6,79	5,7	5,20	4,0	5,0	4,1	3,2
Blei	(mg/kg)	98	102	87,8	78,2	90,1	88	60
Zink	(mg/kg)	994	910	875	655	789	720	580
Kupfer	(mg/kg)	124	121	115	91,1	106	100	76
Chrom	(mg/kg)	92	104	86,0	81,8	95,2	87	76
Nickel	(mg/kg)	60	46	43,9	44,7	45,7	45	34
Eisen	(mg/kg)	43.000	42.000	37.800	37.900	44.800	39.000	34.000
Mangan	(mg/kg)	2.810	2.790	2.640	2.830	2.880	2.400	2.800
Arsen	(mg/kg)	38,4	28,4	30,0	34,5	40,1	36	30

Erläuterungen: Die Daten wurden von monatlichen Mischproben aus Sedimentationsbecken an der von der ARGE ELBE betriebenen Dauermessstation Seemannshöft gewonnen. Die Schwermetall-Gehalte wurden in der Feinkornfraktion < 20 µm bestimmt.

90-Prozent-Wert: Ordnungszahl =  $n \cdot 0,9$  (nach oben gerundet); kann als ausreißerfreies Maximum bezeichnet werden (ARGE ELBE 2005b).

**Tabelle 2.3-55: 90 %-Werte von Schwermetallen für die Jahre 1998 bis 2004 an der Messstation Cuxhaven (Strom-km 725,2)**

		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Quecksilber	(mg/kg)	0,52	0,70	0,71	0,61	0,57	0,74	0,69
Cadmium	(mg/kg)	2,0	1,4	2,3	1,5	1,5	1,6	1,3
Blei	(mg/kg)	68,5	92,0	87,6	81,5	86,1	90	71
Zink	(mg/kg)	267	260	290	220	280	360	280
Kupfer	(mg/kg)	38,5	50,4	46,0	42,8	49,7	59	44
Chrom	(mg/kg)	99,6	147	104	281	130,4	110	(98)
Nickel	(mg/kg)	50,4	71,0	56,5	130	77,9	64	(47)
Eisen	(mg/kg)	41.500	40.600	43.400	44.500	42.320	43.400	45.600
Mangan	(mg/kg)	1.370	1.450	1.450	1.590	1.540	1.490	1.420
Arsen	(mg/kg)	24,7	29,4	28,5	28,7	26,9	27	32

Erläuterungen: Die Daten wurden von monatlichen Mischproben aus Sedimentationsbecken an der von der ARGE ELBE betriebenen Dauermessstation Cuxhaven gewonnen. Die Schwermetall-Gehalte wurden in der Feinkornfraktion < 20µm bestimmt.

90-Prozent-Wert: Ordnungszahl =  $n \cdot 0,9$  (nach oben gerundet); kann als ausreißerfreies Maximum bezeichnet werden (ARGE ELBE 2005b).

Ungeachtet der o.g. Bewertung in den jährlichen Güteberichten von ARGE ELBE werden nach ARGE ELBE (2004a) die WRRL-Qualitätsnormen für folgende Schwermetalle an den Elbe-Messstellen (Tideelbe) überschritten: Blei, Kupfer, Zink und Uran. ARGE ELBE stellt dazu fest: „Der chemische Zustand erreicht das Qualitätsziel gem.

WRRL wahrscheinlich nicht.“ Zu beachten ist (s.o.), dass die Überschreitungen auf Einträgen aus der Mittelelbe beruhen.

### Organische Schadstoffe

Daten zur Belastung der Tideelbe mit organischen Schadstoffen werden in den jährlichen Güteberichten von ARGE ELBE mitgeteilt und kommentiert, zuletzt für die Jahre 2003 und 2004 ARGE ELBE (2004b, 2006). Untersucht werden u.a. chlorierte Kohlenwasserstoffe (HCH, HCB, DDT und Metabolite, PCB, CKW, AOX)<sup>46</sup>, 15 ausgewählte Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM) sowie die 16 Polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) der EPA-Liste<sup>47</sup>.

Zudem untersucht ARGE ELBE noch weitere Stoffgruppen (Flammschutzmittel, Organozinnverbindungen etc.). Ein Zusammenhang mit dem zu beurteilenden Vorhaben ist generell nicht gegeben. Dies gilt auch für die o.g. Gruppen organischer Verbindungen. Regelmäßig nachgewiesene Belastungen stammen fast ausschließlich aus Altlasten im Gebiet der ehemaligen DDR sowie aus Tschechien und sind im Bereich der in der Tideelbe gelegenen Messstationen deutlich zurückgegangen. Ausnahme sind Organozinnverbindungen aus Schiffsanstrichen (Tributylzinn) im Hafen Hamburg. Für einige Stoffgruppen hat ARGE ELBE zudem noch keine Bewertungsklassen definiert. Auf eine Mitteilung von Messdaten wird verzichtet.

Ungeachtet der o.g., in den jährlichen Güteberichten von ARGE ELBE ausgedrückten positiven Tendenz bei der Schadstoffbelastung, werden nach ARGE ELBE (2004a) die WRRL-Qualitätsnormen für folgende organische Schadstoffe an den Elbe-Messstellen (Tideelbe) überschritten: Tetrabutylzinn, Tributylzinn, Dibutylzinn, Triphenylzinn, Benzo(a)pyren und Atrazin<sup>48</sup>. ARGE ELBE stellt dazu fest: „Der chemische Zustand erreicht das Qualitätsziel gem. WRRL wahrscheinlich nicht.“ Zu beachten ist (s.o.), dass die Überschreitungen bei Benzo(a)pyren<sup>49</sup> und Atrazin auf Einträgen aus der Mittelelbe beruhen.

## 2.4 Planerischer Ist-Zustand

Einige Maßnahmen im Untersuchungsgebiet, die derzeit geplant werden und die bis zum vorgesehenen Baubeginn dieses Vorhabens realisiert sein werden, sind im Sinne

<sup>46</sup> AOX = Adsorbierbare Organisch gebundene Halogene, CKW = Chlorkohlenwasserstoffe, DDT = Dichlordiphenyltrichlorethan (Anwendung in den meisten Industrieländern seit den 1970er Jahren verboten, in der DDR bis 1988 hergestellt), HCH = Hexachlorcyclohexan/Lindan (seit 1984/89 in Deutschland nicht mehr hergestellt), HCB = Hexachlorbenzol (Pflanzenschutzmittel, in Deutschland seit 1971 nicht mehr zugelassen), PCB = Polychlorierte Biphenyle (Herstellung u. Anwendung seit 1989 verboten),

<sup>47</sup> PAKs (flächendeckend verbreitet, oft in Altlasten) umfassen mehrere hundert Verbindungen. US-amerikanische Bundesumweltbehörde (USEPA) hat 16 als "Priority Pollutants" definiert: Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthen, Pyren, Benzo(a)anthracen, Chrysen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Dibenzo(a,h,)anthracen, Indeno(1,2,3-cd)pyren und Benzo(g,h,i)perylene.

<sup>48</sup> Fischgiftiges Herbizid (Photosynthesemmer), Anwendung seit 1991 in Deutschland verboten

<sup>49</sup> Polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoff, weit verbreitet, karzinogen, z. B. in Steinkohlenteer, Autoabgasen, Zigarettenrauch etc..

eines planerischen Ist-Zustands (PIZ) ebenfalls im Ist-Zustand in der UVU zu berücksichtigen. Es sind folgende geplante Vorhaben einzubeziehen:

1. Kompensationsmaßnahme im Bereich Hahnöfersand (Rückdeichung und Schaffung von Wattflächen, Fertigstellung 2006),
2. Bau eines Tiefwasserliegeplatzes im Bereich Hamburg-Finkenwerder (Fertigstellung 2006) und
3. Herstellung der Solltiefe Zufahrt Altenwerder (Fertigstellung 2006).
4. Deichverstärkung Neufeld (Fertigstellung 2007).
5. Deichverstärkung St. Margarethen (Fertigstellung 2006).
6. Hafenerweiterung Cuxhaven, Europakai: "Liegeplatz 4" (beantragt).
7. Anpassung Einfahrt Vorhafen inklusive Verfüllung Kohlenschiffhafen (Fertigstellung 2011).

Die Maßnahmen sind in den Unterlagen H.1a, b, c und d berücksichtigt und liegen den dort formulierten Prognosen zu Grunde. In diesem Gutachten sind die Maßnahmen, mit einer Ausnahme (s.u.), nicht in dem eingestellten Datenbestand enthalten.

Dies ist jedoch unbeachtlich, denn einige der aufgeführten Maßnahmen sind grundsätzlich ungeeignet, auf Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt im schutzgutspezifischen UG zu wirken: Die Maßnahmen 4 und 5 sind nicht im aquatischen Bereich angesiedelt. Die übrigen Maßnahmen wirken allenfalls eingeschränkt und indirekt auf Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt im schutzgutspezifischen UG, werden jedoch gleichwohl nachfolgend behandelt. Zusammenfassend ist festzustellen, dass terrestrische Bereiche in aquatische oder semiaquatische Bereiche umgewandelt werden (Maßnahmen 1, 6, 7), aquatische Bereiche in terrestrische Bereiche umgewandelt werden (Maßnahme 7) oder die Struktur aquatischer Bereiche verändert wird (Maßnahme 2, 3, 6).

1. Kompensationsmaßnahme im Bereich Hahnöfersand (Rückdeichung und Schaffung von Wattflächen): diese Maßnahme ist bereits 2005 fertiggestellt worden; die Auswirkungen sind in dem hier eingestellten Datenmaterial enthalten. Die Maßnahme hat lediglich lokale, weitestgehend auf den Bereich der geschaffenen Wattfläche selbst beschränkte Auswirkungen (der betreffende Bereich fällt zudem bei Tnw trocken), die im Rahmen des hier verwendeten Datensatzes weder identifizierbar sind, noch einer weitergehenden Behandlung bedürfen.
2. Bau eines Tiefwasserliegeplatzes im Bereich Hamburg-Finkenwerder: Diese Maßnahme beinhaltet eine lokale Tieferlegung der Gewässersohle. Die Maßnahme hat allenfalls lokale Auswirkungen, die im Rahmen des hier verwendeten Datensatzes nicht identifizierbar sind. Die spezifische Wasseroberfläche wird im Bereich der tiefergelegten Sohle verkleinert, mess- und beobachtbare Auswirkungen sind jedoch nicht zu erwarten (vgl. die Ermittlungen dazu in Kapitel 3.2.3).
3. Herstellung der Solltiefe Zufahrt Altenwerder. Diese Maßnahme beinhaltet eine lokale Tieferlegung der Gewässersohle. Die Maßnahme hat allenfalls lokale Auswirkungen, die im Rahmen des hier verwendeten Datensatzes nicht identifizierbar sind (s.o. unter Nr. 2).

4. Hafenerweiterung Cuxhaven, Europakai: "Liegeplatz 4": Diese Maßnahme beinhaltet eine Vorverlegung der Uferlinie (Verfüllung von Watt-/Flachwasserbereich) sowie eine lokale Tieferlegung der Gewässersohle. Die Maßnahme hat allenfalls lokale Auswirkungen, die im Rahmen des hier verwendeten Datensatzes nicht identifizierbar sind (s.o. unter Nr. 2).
5. Anpassung Einfahrt Vorhafen inklusive Verfüllung Kohlenschiffhafen: Diese Maßnahme beinhaltet eine lokale Tieferlegung der Gewässersohle im Bereich des Drehkreises. Hinzu kommen sowohl die lokale Vergrößerung des Wasserkörpers durch Rückverlegung der Uferlinie (Kaje) als auch die lokale Verkleinerung durch Verfüllung eines Hafenbeckens. Die Maßnahme hat allenfalls lokale Auswirkungen, die im Rahmen des hier verwendeten Datensatzes nicht identifizierbar sind (s.o. unter Nr. 2). Vergrößerungen bzw. Verkleinerungen des Wasserkörpers Hafen beeinflussen nicht nur das Tidevolumen, sondern wirken auch auf die Laufzeit des Wassers bzw. hier von Schwebstoffen mit organischen Anteilen, die von Relevanz für den Sauerstoffhaushalt ist (Verweilzeit zehrungsfähiger organischer Substanz). ARGE ELBE (2004c) schätzt den Einfluss einer „teilweise(n) oder vollständige(n) Zuschüttung von Hafenbecken“ mit -0,1 bis -0,2 mg/l O<sub>2</sub> ab. Es spricht im vorliegenden Fall jedoch nichts für einen entsprechenden Effekt. Der restliche, für die Verfüllung zur Verfügung stehende Teil des Kohlenschiffhafens<sup>0</sup> ist ein kleines flaches Becken, dessen Verfüllung Tidegeschehen und Feststofftransport bzw. -akkumulation im Wasserkörper Hafen nicht mess- und beobachtbar beeinflussen wird. Von einer Mess- und Beobachtbarkeit der unter Nr. 5 zu berücksichtigenden Maßnahmen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt ist nicht auszugehen.

Insgesamt ergeben sich auf Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt durch die Berücksichtigung des planerischen Ist-Zustands keine veränderten Auswirkungen gegenüber dem derzeitigen Ist-Zustand.

Dies gilt auch im Hinblick auf die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie. Dazu ist zunächst festzustellen, dass keines der im PIZ zu berücksichtigenden Vorhaben im Wasserkörper Küstengewässer realisiert werden soll. Zu den übrigen Wasserkörpern der Tideelbe gibt ARGE ELBE (2004a) für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL jeweils „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird durch die Vorhaben des PIZ nicht beeinflusst.

## **2.5 Bewertung des Ist-Zustands**

Die VV-WSV 1401 8.94 ist im vorliegenden Fall, d.h. im Ästuarbereich bzw. unter den Bedingungen von „Übergangs- und Küstengewässern“ gem. WRRL, nur eingeschränkt anwendbar. Der Bewertungsrahmen für oberirdische Gewässer benutzt mehrere Teilrahmen („Gewässer/Hydrologie“, „Gewässer/Wasserbeschaffenheit“ etc.), die auf limnische Gewässer (teils insbes. auf Fließgewässer) abgestellt sind. Dies ist bedingt durch die verwendeten Zielkriterien, die ebenfalls aus der (Fließgewässer-) Limnologie stammen. Die Bewertungskriterien der VV-WSV 1401 8.94 können deshalb nur teilweise und in angepasster Form zur Anwendung kommen. Die fünfstufige Be-

wertung entsprechend den allgemeinen Ausführungen in Unterlage E (Kapitel 1.2.2) wird beibehalten.<sup>50</sup>

### **Schutzgutspezifisches Leitbild für das Schutzgut Wasser, Teil Oberflächenwasser**

Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt der Oberflächengewässer im UG unterliegen teils natürlichen, teils anthropogen geprägten Prozessen. Die verschiedenen Kompartimente von Tideelbe, Nebengewässern und Zuflüssen erfüllen die spezifischen Funktionen im Naturhaushalt, insbesondere eine Lebensraumfunktion für Flora und Fauna.

Die Zielvorstellungen der Wasserrahmenrichtlinie (RL 200/60/EG) werden insoweit erfüllt, dass in den einzelnen Wasserkörpern das „höchste ökologische Potential“ oder zumindest das „gute Potential“ gem. WRRL erreicht wird. Da (s.u.) alle Wasserkörper als erheblich veränderte Gewässer eingestuft wurden, ist nur das gute ökologische Potential gem. WRRL von Belang:

*„Die Werte für die physikalisch-chemischen Komponenten liegen in dem Bereich, innerhalb dessen die Funktionsfähigkeit des Ökosystems und die Einhaltung der oben beschriebenen Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet sind. Die Werte für die Temperatur und der pH-Wert gehen nicht über den Bereich hinaus, innerhalb dessen die Funktionsfähigkeit des Ökosystems und die Einhaltung der oben beschriebenen Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet sind. Die Nährstoffkonzentrationen gehen nicht über die Werte hinaus, bei denen die Funktionsfähigkeit des Ökosystems und die Einhaltung der oben beschriebenen Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet sind.“*

Die ökologischen Qualitätskomponenten der WRRL (biologische K., hydromorphologische K., chemische K., physikalisch-chemische K. und Schadstoffe) sind möglichst günstig ausgeprägt, d. h. i.S. eines Leitbildes:

- Bei künstlichen und erheblich veränderten Gewässern ein mindestens gutes Potential (gem. WRRL), so im vorliegenden Fall (Tideelbe).
- Der Stoffhaushalt ist naturraumtypisch ausgebildet. Sauerstoffmangelzustände kommen nicht vor.
- Punktuelle Einleitungen und diffuse Einträge in die Oberflächengewässer sind minimiert und durch geringe Nährstoffgehalte gekennzeichnet.
- Die Voraussetzungen für eine natürliche oder naturnahe weitere Entwicklung sind somit in weiten Teilen gegeben.
- Die Nutzungen erfolgen jeweils mit dem Ziel einer weitgehenden Erhaltung der natürlichen Funktionen.

Die WRRL beinhaltet einen Bewertungsansatz für Oberflächengewässer, an dessen Umsetzung in den letzten Jahren auf fachlicher und administrativer Ebene nicht nur im UG sondern bundesweit gearbeitet worden ist. Im UG liegen dazu unterdessen Er-

---

<sup>50</sup> Ungeachtet der weitgehenden Übereinstimmung der benutzten Parameter (vgl. Fußnote 1) kann zu der in Anhang V der WRRL benutzten Bewertung des ökologischen Zustandes von Küstengewässern (WRRL-Anhang V 1.2.4) kein direkter Bezug hergestellt werden, da die WRRL nur eine dreistufige Bewertungsskala verwendet.

gebnisse sowohl zur Elbe als auch zu den Zuflüssen vor, diese werden nachfolgend kurz dargestellt.

Die WRRL geht umsetzungsorientiert vor, im Sinne eines abgestimmten Leitbildes. Bislang vorliegende Ergebnisse zum UG werden nachfolgend zusammengefasst, einige Grundlagen erläutert. Angemerkt sei, dass hinsichtlich der Schadstoffe gemäß WRRL, Anhang VIII, IX und X diverse Stoffe zu berücksichtigen sind, die im UG teilweise von untergeordneter Bedeutung sind, weil sie entweder nicht hergestellt oder nicht verwendet werden (vgl. Böhm et al. 2002).

Zu beachten ist, dass in erster Linie Qualitätskomponenten gemäß WRRL Anhang V, 1.2 zu betrachten sind. Dazu zählen die biologischen Komponenten (Phytoplankton, Makrophyten, Phytobenthos, benthischen Wirbellose und Fische) sowie die spezifischen Schadstoffe (WRRL Anh. VIII, 1 - 9). Hydromorphologische, chemische und physikalisch-chemische Komponenten gemäß WRRL Anhang V, 1.1 werden nur zusätzlich, „in Unterstützung“ der biologischen Komponenten verwendet<sup>51</sup>.

In Art. 4 a) iii) WRRL werden Umweltziele für erheblich veränderte Wasserkörper festgelegt. Danach verpflichten sich die Mitgliedstaaten alle erheblich veränderten Wasserkörper zu „schützen und verbessern“, mit dem Ziel, „ein gutes ökologisches Potential und einen guten chemischen Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen.“

#### Wasserkörper Elbe (Ost), Hafen, Elbe (West) und Übergangsgewässer

In der Tideelbe werden nach ARGE ELBE (2004a) die vier identifizierten Wasserkörper „vorläufig“<sup>52</sup> als „erheblich verändert“ (heavy modified waterbody) gem. Art. 5(1) und Anh. II Nr. 1(1)(i) WRRL eingestuft. Eine Unterscheidung zwischen Hauptstrom und Nebengewässern erfolgt dabei nicht. Die mindere Einstufung ist bedingt durch hydromorphologische Veränderungen infolge Vertiefung der Fahrrinne, Deichbaumaßnahmen, Bau des Tidewehres, betreffend „Tiefen-/Breitenverhältnisse, Tidenhub, Tidegrenze durch Wehr künstlich begrenzt, Strömungsgeschwindigkeiten und Verringerung von Flachwasserflächen, z.T. Wattflächen, Vorlandsflächen“. Es wird konstatiert, dass bedingt durch diese Veränderungen der „gute ökologische Zustand“ der WRRL-relevanten Qualitätskomponenten Phytoplankton, Makrophyten und Phytobenthos, benthische Wirbellose Fauna und Fischfauna nicht erreicht wird. Dies gilt nach ARGE ELBE (2004a) gleichermaßen für die Eingriffe durch den Menschen, welche die Wasserkörper für die spezifischen Gewässernutzungen Schifffahrt, Hafennutzung und Hochwasserschutz physikalisch erheblich verändert haben.

ARGE ELBE (2004a) gibt eine Einschätzung, inwieweit die Erreichung des guten ökologischen Zustandes wahrscheinlich ist und fasst das Ergebnis in einer Übersicht zusammen, die nachfolgend eingefügt ist (Abbildung 2.5-1).

<sup>51</sup> ARGE ELBE (2004c) verwendet zudem saprobiologische Daten, mit der Begründung, dass diese flächendeckend vorliegen (dies ist historisch bzw. durch die bisherige Praxis der Gewässergütebeurteilung in der BRD bedingt).

<sup>52</sup> Die Verfahren zur Ermittlung und Bewertung des Zustandes der Qualitätskomponenten gem. WRRL befinden sich teilweise noch in der Entwicklung.

Wasserkörper Küstengewässer

LANU (2004) weist keinen der in der Flussgebietseinheit Elbe vertretenen Küsten-Wasserkörper als erheblich verändert aus. Da die betreffenden Wasserkörper weder erheblich verändert noch künstlich sind, sind lediglich typspezifische Referenzbedingungen zu definieren, die im UG bislang jedoch nicht vorliegen.

LANU (2004) stellt, für im vorliegenden Fall relevante Aspekte mit Belastungspotenzial für die Gewässerqualität (Uferverbau, Fahrrinnenvertiefung) fest, dass „signifikante morphologische Veränderungen“ im Küstengewässer nicht vorliegen.

LANU (2004) gibt eine Einschätzung, inwieweit die Erreichung des guten ökologischen Zustandes wahrscheinlich ist. Zusammengefasst werden („aufgrund der Belastungen aus angrenzenden Küstenwasserkörpern, vor allem aber aus den Übergangs- und Fließgewässern“) die Erreichung des „guten ökologischen Zustandes“ und des „guten chemischen Zustandes“ als „unwahrscheinlich“ eingestuft.<sup>53</sup>

Wasserkörper	Biologische Qualitätskomponenten				Hydromorphologische Qualitätskomponenten			Hilfskomponente	Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten		Integrale Bewertung			Bemerkung
	Phytoplankton	Makrophyten und Phytobenthos	Benthische wirbellose Fauna	Fischfauna	Wasserhaushalt	Durchgängigkeit	Morphologie	Saprobie	Allgemeine Bedingungen	Spezifische Schadstoffe	Ökologischer Zustand	Chemischer Zustand	GESAMTBEWERTUNG	
Elbe (Ost)	■	*	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Hafen	■	*	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Elbe (West)	■	*	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Elbe (Übergangsgewässer)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

■ Zielerreichung wahrscheinlich (Stand 2004)

■ Zielerreichung unwahrscheinlich (Stand 2004)

■ Zielerreichung unklar (Stand 2004)

\* Planktonreiches Gewässer, Makrophyten werden nicht bewertet

**Abbildung 2.5-1: Bewertung der Qualitätskomponenten und Gesamtbewertung für die Wasserkörper der Tideelbe (km 586,5 bis 727) gem. WRRL (aus ARGE ELBE 2004a)**

Rechtsseitige Zuflüsse der Tideelbe

Die im UG befindlichen Unterläufe von Stör, Krückau und Pinnau sowie die Hetlinger Binnenelbe werden als „erheblich veränderte“ Wasserkörper eingestuft, die Wedeler Au mit „guter ökologischer Zustand gefährdet“ (MUNL 2004). Bei Stör, Krückau und Pinnau betrifft diese Einstufung jeweils die als Bundeswasserstraßen ausgewiesenen Gewässerabschnitte. Die Flottbek wird von BSU (2004) als „erheblich veränderter“ Wasserkörper gekennzeichnet.

<sup>53</sup> Begründet wird dies mit den Nähr- und Schadstofffrachten aus Elbe und Weser als Hauptbelastungsquellen, deren „signifikante“ Verringerung für die Zielerreichung erforderlich sei.

### Linksseitige Zuflüsse der Tideelbe

Der Freiburger Hafenvriel sowie einige Gewässer im Bereich Krautsand (Gauensieker Schleusenfleth/Krautsander Binnelbe, Barnkruger Loch und Bützflether Süderelbe) sind entweder Bestandteil des Wasserkörpers Übergangsgewässer (Elbe) oder nicht Bestandteil des reduzierten Gewässernetzes gem. WRRL, so dass keine Bewertungen gem. WRRL vorliegen.

Der als Bundeswasserstraße ausgewiesene Unterlauf der Oste wird auf Grund der hydromorphologischen Veränderungen vorläufig als „erheblich veränderter“ Wasserkörper eingestuft (BR Lüneburg 2004a). Die Zielerreichung (s.o.) wird für den Abschnitt Bremervörde bis ca. Brucher Schleusenfleth mit „unklar“ angegeben, für den anschließenden Abschnitt bis zur Elbmündung mit „unwahrscheinlich“. Der als Bundeswasserstraße ausgewiesene Unterlauf der Schwinge sowie die tidebeeinflussten Unterläufe von Aue/Lühe und Este werden (auf Grund der hydromorphologischen Veränderungen) vorläufig als „erheblich veränderte“ Wasserkörper eingestuft (BR Lüneburg 2004b), die Zielerreichung (s.o.) mit „unklar.“ Der im UG befindliche Abschnitt der Seeve wurde als „natürlich“ eingestuft, die Zielerreichung als „unklar“. Die im UG befindlichen Unterläufe von Ilmenau und Luhe werden (BR Lüneburg 2004c) als „erheblich verändert“ eingestuft. Die Zielerreichung wird für den Unterlauf der Ilmenau mit „unwahrscheinlich“, für den Unterlauf der Luhe mit „unklar“ angegeben.

### Bewertungsvorgang

Die Vorgaben von WSD Nord & BWA (2005) aufgreifend, erfolgt die Bestandsbewertung in Anlehnung an die in der VV-WSV 1401 8.94 dargestellten 5-stufigen Bewertungsrahmen. Der dort vorgegebenen Differenzierung in mehrere Bewertungsrahmen wird gefolgt. Es werden zwei Teilrahmen (Tabelle 2.5-1, Tabelle 2.5-2) für die Merkmale Sauerstoffhaushalt und Nährstoffhaushalt verwendet. Diese basieren auf der siebenstufigen Güteklassifizierung von ARGE ELBE, die in eine fünfstufige Skala transformiert wird. Analog zur Bestandsbeschreibung wird die Bewertung differenziert nach Wasserkörpern vorgenommen.

Die Parameter Salinität und Schwebstoffregime werden nicht bewertet. Die WRRL berücksichtigt lediglich künstliche Salzeinleitungen<sup>54</sup>. Bereits PÖUN (1997) wies darauf hin, dass diese Parameter von ARGE ELBE „*nicht als Charakteristika für die Gewässergüte eines Ästuars angesehen*“ würden. Gleichwohl sind Salinität und Schwebstoffkonzentration von Belang für den Stoffhaushalt der Oberflächengewässer im UG und demgemäß, den Vorgaben des Untersuchungsrahmens entsprechend, beschrieben worden. Das Schwebstoffregime geht indirekt über den Sauerstoffhaushalt in die Bewertung ein (soweit zehrungsfähiges organisches Material umgelagert wird) und insoweit Auswirkungen auf Unterhaltungsbaggerungen zu erwarten sind. Diese sind grundsätzlich unerwünscht und entsprechen, wegen negativ zu bewertender Wechselwirkungen mit anderen Schutzgütern, nicht dem Leitbild. In den Zuflüssen der Ti-

---

<sup>54</sup> Gewässerversalzung durch Einleitung, die zudem einen größeren Umfang annehmen muss. Der Signifikanz-Schwellenwert gem. WRRL liegt bei 1 kg/s Cl.

deelbe wird zudem der weitgehend vom Oberwasser bzw. der Situation in den jeweiligen Einzugsgebieten geprägte Nährstoffhaushalt nicht bewertet.

Die Zielvorstellungen der Wasserrahmenrichtlinie werden bei der Definition der nachfolgend erläuterten Wertstufen beachtet. Es wird jeweils angegeben, ob bei der physikalisch-chemischen Qualitätskomponente („allgemeine Bedingungen“ u. „spezifische Schadstoffe“) vorhabensbedingt eine Veränderung der behördlicherseits vorgenommenen Einschätzung der Zielerreichung (ARGE ELBE 2004a; BR Lüneburg 2004a, b; BSU 2004; LANU 2004; MUNL 2004) zu erwarten ist.

In Tabelle 2.5-1 und Tabelle 2.5-2 werden die aus dem gebietsbezogenen Zielsystem (s. Unterlage E, Kapitel 1.4) entwickelten Bewertungsrahmen für den Sauerstoffhaushalt und den Nährstoffhaushalt dargestellt. Erstgenannter ist in diesem Zusammenhang von größerer Bedeutung, da bereits im Ist-Zustand kritische Sauerstoffzustände in der Tideelbe auftreten, während die Situation des Nährstoffhaushaltes im Ist-Zustand (ungeachtet eines hohen trophischen Niveaus) erstens wenig problematisch und zweitens vorhabensbedingt kaum beeinflussbar ist.

Zur Bewertung des Sauerstoffhaushaltes werden die bei der Bestandsbeschreibung verwendeten Parameter in der folgenden Reihenfolge abnehmender Bedeutung verwendet: Sauerstoffkonzentration (mg/l), Sauerstoffsättigung (%), Zehrung<sup>7</sup> (mg/l). Die Berücksichtigung der Sauerstoffzehrung ist nur eingeschränkt sinnvoll, da in der Tideelbe die Beziehung zwischen dem gemessenen Zehrungspotential und Sauerstoffdefiziten uneindeutig ist und die Güteklassifizierung von ARGE ELBE zudem auf den unterdessen nicht mehr gemessenen BSB<sub>5</sub> Bezug nimmt.

Zur Bewertung des Nährstoffhaushaltes werden die bei der Bestandsbeschreibung verwendeten Parameter Ammonium (mg/l N), Nitrat (mg/l N) und Phosphat (mg/l P) verwendet. Die in Abschnitt 2.4 dargestellten Angaben zu Phosphatgehalten sind minder differenziert. Alle Angaben < 0,1 mg/l werden als Wertstufe 3 (mittel) gewertet. Generell wird auf die jahreszeitlichen Mittelwerte Bezug genommen.

Insgesamt ergeben sich somit eine Reihe operationaler Kriterien, die eine eindeutige Bewertung ermöglichen. Von dieser wird lediglich in wenigen Sonderfällen abgewichen. Singuläre Ereignisse bzw. deren Auswirkungen auf relevante Parameter (August-Hochwasser 2002) bleiben unberücksichtigt. Gleichwohl ist zu beachten, dass sowohl der Sauerstoff- als auch der Nährstoffhaushalt der Tideelbe, mit flussabwärts abnehmender Tendenz überwiegend durch die Verhältnisse in der Mittelelbe geprägt werden. Lediglich im Wasserkörper Küstengewässer ist dieser Einfluss, mit Ausnahme von Extremereignissen (z. B. August-Hochwasser 2002, vgl. ARGE ELBE 2003) nicht mehr gegeben.

Auf die traditionellen Gewässergüteklassen wird kein Bezug genommen. Diese Methode der Gütebewertung ist zunehmend nur noch von historischem Interesse und zudem in tidebeeinflussten Gewässern schon immer von zweifelhafter Stringenz gewesen.

Eine differenzierte Bewertung des Ist-Zustandes bzw. des PIZ von Schadstoffen entsprechend dem Bewertungsrahmen in Tabelle 2.5-3 wird nicht vorgenommen, da teils keine hinreichend differenzierten Daten vorliegen und zudem das Vorhaben ungeeig-

net ist, auf Schadstoffgehalte im UG zu wirken. Die Schwermetall- und Schadstoffgehalte in der Tideelbe sind durch Einträge von oberstrom aus den Belastungsgebieten der ehemaligen DDR sowie aus Tschechien, geprägt. Daran ändert sich vorhabensbedingt nichts. Abgesehen von Organo-Zinnverbindungen (Tributylzinn), die insbesondere im Gebiet des Hamburger Hafens eingetragen werden, entsprechen die Schadstoffgehalte in der Tideelbe durchweg den Wertstufen 4 und 5.

**Tabelle 2.5-1: Bewertungsrahmen Sauerstoffhaushalt**

Wertstufe	Definition der Wertstufe	Ausprägung der Leitparameter
5 sehr hoch	Bereich mit sehr hoher Bedeutung für den Sauerstoffhaushalt	Der Sauerstoffhaushalt entspricht in sehr hohem Maße dem Leitbild: Sauerstoffhaushalt ist sehr gering belastet. Sauerstoffkonzentration (> 8 mg/l), Sauerstoffsättigung (> 85 %), Zehrung7 (1-2 mg/l).
4 hoch	Bereich mit hoher Bedeutung für den Sauerstoffhaushalt	Der Sauerstoffhaushalt entspricht in hohem Maße dem Leitbild: Sauerstoffhaushalt ist gering belastet. Sauerstoffkonzentration (> 6-8 mg/l), Sauerstoffsättigung (70-85 %), Zehrung7 (> 2-4 mg/l).
3 mittel	Bereich mit mittlerer Bedeutung für den Sauerstoffhaushalt	Der Sauerstoffhaushalt entspricht im mittleren Maße dem Leitbild: Sauerstoffhaushalt ist mittel belastet (fischkritische Sauerstoffgehalte < 3 mg/l treten nur sehr selten, kurzfristig und lokal auf). Sauerstoffkonzentration (4-6 mg/l), Sauerstoffsättigung (50-70 %), Zehrung7 (> 4-6 mg/l).
2 gering	Bereich mit geringer Bedeutung für den Sauerstoffhaushalt	Der Sauerstoffhaushalt entspricht in geringem Maße dem Leitbild: Sauerstoffhaushalt ist hoch belastet (fischkritische Sauerstoffgehalte < 3 mg/l treten unregelmäßig im Sommerhalbjahr auf und erfassen beachtliche Teile des Wasserkörpers). Sauerstoffkonzentration (2-4 mg/l), Sauerstoffsättigung (20-50 %), Zehrung7 (> 6-10 mg/l).
1 sehr gering	Bereich mit sehr geringer Bedeutung für den Sauerstoffhaushalt	Der Sauerstoffhaushalt entspricht in geringem Maße dem Leitbild: Sauerstoffhaushalt ist sehr hoch belastet (fischkritische Sauerstoffgehalte < 3 mg/l treten regelmäßig im Sommerhalbjahr auf und erfassen den größten Teil des Wasserkörpers). Sauerstoffkonzentration (< 2 mg/l), Sauerstoffsättigung (< 20 %), Zehrung7 (> 10 mg/l).

**Tabelle 2.5-2: Bewertungsrahmen Nährstoffhaushalt**

Wertstufe	Definition der Wertstufe	Ausprägung der Leitparameter
5 sehr hoch	Bereich mit sehr hoher Bedeutung für den Nährstoffhaushalt	Der Nährstoffhaushalt entspricht in sehr hohem Maße dem Leitbild: Nährstoffhaushalt ist sehr gering belastet. Ammonium ( $\leq 0,1$ mg/l N) Nitrat ( $\leq 1$ mg/l N) und Phosphat ( $\leq 0,01$ mg/l P).
4 hoch	Bereich mit hoher Bedeutung für den Nährstoffhaushalt	Der Nährstoffhaushalt entspricht in hohem Maße dem Leitbild: Nährstoffhaushalt ist gering belastet. Ammonium (> 0,1-0,3 mg/l N), Nitrat (> 1,0-2,0, mg/l N) und Phosphat (> 0,01-0,05 mg/l P).
3 mittel	Bereich mit mittlerer Bedeutung für den Nährstoffhaushalt	Der Nährstoffhaushalt entspricht im mittleren Maße dem Leitbild: Nährstoffhaushalt ist mittel belastet. Ammonium (> 0,3-1,0 mg/l N), Nitrat (> 2,0-4,0 mg/l N) und Phosphat (> 0,05 –0,25 mg/l P).
2 gering	Bereich mit geringer Bedeutung für den Nährstoffhaushalt	Der Nährstoffhaushalt entspricht in geringem Maße dem Leitbild: Nährstoffhaushalt ist hoch belastet. Ammonium (> 1,0-3,0 mg/l N), Nitrat (> 4,0-8,0 mg/l N) und Phosphat (> 0,25-1,00 mg/l P).
1 sehr gering	Bereich mit sehr geringer Bedeutung für den Nährstoffhaushalt	Der Nährstoffhaushalt entspricht nicht bzw. in sehr geringem Maße dem Leitbild: Nährstoffhaushalt ist sehr hoch belastet. Ammonium (> 3 mg/l N), Nitrat (> 8 mg/l N) und Phosphat (> 1 mg/l P).

**Tabelle 2.5-3: Bewertungsrahmen Schadstoffe**

Wertstufe	Definition der Wertstufe	Ausprägung der Leitparameter
5 sehr hoch	Bereich mit sehr hoher Bedeutung	Die Schadstoffgehalte entsprechen in sehr hohem Maße dem Leitbild: ARGE ELBE-Klasse I, I-II
4 hoch	Bereich mit hoher Bedeutung	Die Schadstoffgehalte entsprechen in hohem Maße dem Leitbild: ARGE ELBE-Klasse II, II-III
3 mittel	Bereich mit mittlerer Bedeutung	Die Schadstoffgehalte entsprechen im mittleren Maße dem Leitbild: ARGE ELBE-Klasse III
2 gering	Bereich mit geringer Bedeutung	Die Schadstoffgehalte entsprechen in geringem Maße dem Leitbild: ARGE ELBE-Klasse III-IV
1 sehr gering	Bereich mit sehr geringer Bedeutung	Die Schadstoffgehalte entsprechen nicht bzw. in sehr geringem dem Leitbild: ARGE ELBE-Klasse IV

**Tabelle 2.5-4: Bewertung Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt**

Teilbereich	Bestandsbewertung Sauerstoffhaushalt	Bestandsbewertung Nährstoffhaushalt
Elbe (Ost)	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
Hafen	Bedeutung gering (Wertstufe 2) <sup>1)</sup>	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
Elbe (West)	Bedeutung gering (Wertstufe 2) <sup>1)</sup>	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
Übergangsgewässer km 654,9 - 677	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
dito, km 677 - 704 (inkl. Freiburger Hafenpriel)	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
dito, km 704 - 727	Bedeutung sehr hoch (Wertstufe 5)	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)
Küstengewässer	Bedeutung sehr hoch (Wertstufe 5)	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)
<b>Nebeneiben</b>		
Hahnöfer Nebeneibe (und Mühlen- berger Loch)	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
Lühesander Süderelbe	Bedeutung mittel (Wertstufe 3) <sup>1)</sup>	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)
Pagensander Nebeneibe u. Hasel- dorfer Binneneibe	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
Glückstädter Nebeneibe	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)
<b>Zuflüsse rechtsseitig (Nord)</b>		
Stör	Bedeutung sehr hoch (Wertstufe 5)	- keine Bewertung
Krückau	Bedeutung sehr hoch (Wertstufe 5)	- keine Bewertung
Pinnau	Bedeutung sehr hoch (Wertstufe 5)	- keine Bewertung
Wedeler Au/Hetlinger Binneneibe	keine Bewertung	- keine Bewertung
Flottbek	keine Bewertung	- keine Bewertung
<b>Zuflüsse linksseitig (Süd)</b>		
Oste	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	- keine Bewertung
Schwinge	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)	- keine Bewertung
Lühe	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	- keine Bewertung
Este	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	- keine Bewertung
Seeve	Bedeutung sehr hoch (Wertstufe 5)	- keine Bewertung
Ilmenau	Bedeutung sehr hoch (Wertstufe 5)	- keine Bewertung
Luhe	[Bedeutung hoch (Wertstufe 4)]	- keine Bewertung

Erläuterungen: <sup>1)</sup> Abwertung wg. des Auftretens fischkritischer Sauerstoffgehalte

### **3 BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DER UMWELTAUSWIRKUNGEN**

Die Prognose von vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Teilschutzgut „Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt“ erfolgt differenziert nach baubedingten und anlage- bzw. betriebsbedingten Auswirkungen (vgl. Tabelle 1.5-1).

Grundsätzlich ist bei der Prognose der Auswirkungen des Vorhabens auf die Wasserbeschaffenheit zu berücksichtigen, dass die in die Tideelbe eingetragenen Nähr- und Schadstoffe überwiegend von oberstrom stammen. An diesem Eintrag wird sich durch das Vorhaben nichts ändern.

Bei den Auswirkungen auf die Salinität wird auf eine getrennte Betrachtung der bau- und anlage-/betriebsbedingten Auswirkungen verzichtet, weil die Salzgehalte baubedingt nicht verändert werden. Die vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Salzgehalte werden daher ausschließlich bei den anlage-/betriebsbedingten Auswirkungen behandelt.

#### **3.1 Prognose der baubedingten Auswirkungen**

Baubedingte Auswirkungen auf das Teilschutzgut „Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt“ können aus

- den Baggerungen im Zuge des Fahrrinnenausbaus (Vertiefung und Verbreiterung, Herstellung der Begegnungsstrecke, Vertiefung von Hafenzufahrten usw.) und
  - der Verbringung von Sedimenten (Umlagerung und Einbau von Sedimenten),
- resultieren.

Dabei kann es infolge von Sedimentfreisetzungen zu einer Erhöhung des Schwebstoffgehaltes (erhöhte Trübung), zur Freisetzung und Verlagerung sauerstoffzehrender Sedimente sowie zur Freisetzung und Verlagerung nähr- und schadstoffhaltiger Sedimente kommen. Die Baggerung feinkörniger Sedimente kann durch die Resuspension von Sedimenten und die Mobilisierung von Schwebstoffen kurzfristige Abnahmen der Sauerstoffgehalte sowie Erhöhungen der Nähr- und Schadstoffgehalte in der Wassersäule verursachen, vorausgesetzt es sind nennenswerte organische Bestandteile vorhanden.

Nachfolgend werden die baubedingten Auswirkungen auf die Leitparameter Schwebstoffregime, Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie Schadstoffe dargestellt.

##### **3.1.1 Schwebstoffregime**

Einleitend werden zunächst Naturbeobachtungen und Ergebnisse von Simulationsrechnungen dargestellt, die sich mit der zusätzlichen Schwebstoffaufladung infolge Nassbaggerarbeiten befassen. Mit dem Begriff Nassbaggerarbeiten werden hier alle in der Vorhabensbeschreibung (Unterlage B.2) aufgeführten Geräte subsummiert, die für das Lösen und Laden, das Transportieren und den Wiedereinbau oder die Verklappung eingesetzt werden.

Theoretisch kann es sowohl beim Lösen und Laden wie auch beim Wiedereinbau bzw. Umlagern zum Eintrag von Sedimenten in die Wassersäule kommen. Bezüglich des Lösens und Ladens ist zwischen spülfähigen und nicht spülfähigen Sedimenten zu unterscheiden (Unterlage B.2). Spülfähige Sedimente werden durch Laderaumsaugbagger (Hopperbagger) aufgenommen. Durch die Saugwirkung am Baggerkopf kann es bei diesen Geräten nicht zu einer nennenswerten Aufwirbelung von Sedimenten kommen. Da die zu baggernden Sedimente überwiegend sandig sind, ist auch nicht zu erwarten, dass größere Sedimentfrachten über den Überlauf der Hopperbagger in das Gewässer eingetragen werden.

Bindiges Baggergut wie z. B. Mergel oder Klei wird durch Gefäßbaggerung z. B. mit Eimerkettenbaggern (s. Unterlage B.2) gelöst und in Schuten geladen. Dabei entstehen nur sehr geringe Sedimentaufwirbelungen durch die Bewegung des Baggergefäßes.

Im Vergleich zum Lösen und Laden können durch das Verklappen bzw. den Wiedereinbau von Baggergut deutlich größere Schwebstoffmengen in das Wasser eingetragen werden. Hierzu liegen diverse Untersuchungsergebnisse vor, von denen zwei zitiert werden:

Netzband (1996) dokumentiert die versuchsweise Verklappung von 0,7(0,5) Mio. m<sup>3</sup> Baggergut aus dem Hamburger Hafen bei km 638 (Neßsand) in den Jahren 1994/95 und 1995/96, die von drei Messkampagnen zu Ausbreitung und Wirkungen des verklappten Materials begleitet wurde. Das Material (70 - 90 % Gewichtsanteil < 63 µm, Grenze zwischen Schluff und Sand) wurde im Uferbereich und randlich der Fahrrinne umgelagert und ließ sich maximal etwa 2 km weit verfolgen. In größerer Entfernung ging die ausgelöste zusätzliche Trübung im natürlichen Hintergrund und seiner Varianz unter. Erhöhte Schwebstoffkonzentrationen am Ort der Verklappung war auch bei gleichzeitigem Betrieb mehrerer Schuten nach etwa 10 Minuten nicht mehr nachweisbar. Netzband (1996) stellt fest: *"Unabhängig von Ebbe und Flut sowie von der Topographie des Umlagerungsgebietes stellten sich bei allen Parametern innerhalb kurzer Zeit die Ausgangswerte des unbeeinflussten Wasserkörpers wieder ein."*

Mit Verklappungen weiter elbabwärts befasst sich BfG (1995). BfG stellt nur im unmittelbaren Umkreis um die Bagger- und Verklappstellen, insbesondere in Sohlhöhe, über einen Zeitraum von 1 bis 2 Tiden erhöhte Schwebstoffkonzentrationen (aus der Remobilisierung) fest.

Weiter reichende Auswirkungen hat Paul (1992) bei Schlick-Verklappungen in der Unterweser ermittelt und besonders in tieferen Wasserschichten (5 - 6 m) sowie in Sohlhöhe erhöhte Schwebstoffkonzentrationen (in 500 m Entfernung von der Klappstelle bis zu 225 mg/l) ermittelt. Eine Erhöhung der Schwebstoffkonzentration wurden bis 6.500 m Entfernung nachgewiesen (vor einem damals niedrigem Hintergrundwert von 20 mg/l). Im vorliegenden Fall ist jedoch vorwiegend mit sandigem Material (Schluffanteil < 20 %) zu rechnen, das sich rasch in unmittelbarer Umgebung der Verklappungsstelle ablagern wird.

Die BAW hat für die geplanten Umlagerungsstellen Medembogen und Neuer Luechtergrund (s. Unterlage B.2) die Ausbreitung bzw. Verdriftung des Baggergutes und

insbesondere die Fragestellung, welche Kornfraktion wo abgelagert werden, untersucht und dabei auch die zusätzliche, auf die Verklappung zurückgehende Schwebstoffkonzentration bestimmt (Unterlage H.1f). Hierfür wurde zunächst ein „Modellbaggergut“ konstruiert, das in seiner Kornzusammensetzung Sedimentproben entspricht, die in der Fahrrinne bei Cuxhaven gewonnen wurden. Bedingt durch die hohen Strömungsgeschwindigkeiten an diesem Ort ist der Schluffanteil (Körner < 0,06 mm) relativ niedrig (< 1 %). Bei den im Bereich der Verklappungsstellen auftretenden hohen Strömungsgeschwindigkeiten werden auch die Kornfraktionen Fein- bis Mittelsand suspendiert, die Anteile von 27 bzw. 54 % des Modellbaggergutes ausmachen.

Die Modellergebnisse zeigen nur im unmittelbaren Nahbereich der Verklappungsstelle (Größenordnung 1.000 m) eine Erhöhung der Schwebstoffkonzentration, deren Maximalwert bei 100 mg/l liegt. Stromauf und stromab der Umlagerungsstelle beträgt die zusätzliche Sedimentkonzentration 1 - 2 mg/l. Mit Hilfe des Modells lässt sich die maximale Entfernung einer zusätzlichen Schwebstoffkonzentration vom Verklappungsort nachvollziehen. Beispielsweise wird für die Umlagerungsstelle Medembogen angegeben: Stromauf wird Brokdorf mit 0,01 mg/l und stromab etwa der Große Vogelsand ebenfalls mit 0,01 mg/l erreicht.

Festzustellen ist, dass die zusätzlichen Schwebstoffkonzentrationen - bis auf den unmittelbaren Bereich der Umlagerungsstelle - deutlich unter den natürlichen Konzentrationen verbleiben, die in diesem Teil des Ästuars bei etwa 10 bis 20 mg/l liegen, mithin also vernachlässigbar gering bzw. nur eingeschränkt mess- und beobachtbar sind.

### **3.1.1.1 Baubedingte Auswirkungen in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe**

Im Folgenden werden die zu erwartenden Auswirkungen auf das Schwebstoffregime differenziert nach einzelnen Wasserkörper gemäß WRRL beschrieben und bewertet.

In Kapitel 2.5 (Bewertung Ist-Zustand) werden die Parameter "Salinität" und "Schwebstoffregime" begründet nicht bewertet. Salinität und Schwebstoffaufladung sind jedoch von Belang für den Stoffhaushalt der Oberflächengewässer im UG und deshalb werden, den Vorgaben des Untersuchungsrahmens entsprechend, vorhabensbedingten Änderungen dieser Parameter nachfolgend behandelt und bewertet.

Mögliche Auswirkungen auf die Zielerreichung bei den physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten gem. WRRL werden benannt.

#### Wasserkörper Elbe (Ost) (Wehr Geesthacht bis Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke, km 586,0 - 615,0)

Im Wasserkörper Elbe (Ost) sind keine Ausbau- und keine Verbringungsmaßnahmen geplant. Baubedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in diesem Wasserkörper können daher ausgeschlossen werden.

### Wasserkörper Hafen (Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke bis Mühlenberger Loch, km 615,0 - 635,0)

In Bereich des Wasserkörpers Hafen sind Baggerungen im Rahmen des Fahrrinnen- ausbaus (Vertiefung und Verbreiterung) und der Vertiefung von Hafenzufahrten vorgesehen, jedoch keine Verbringung von Sedimenten. Neben Hopperbaggern für locker gelagerte, verspülfähige Sedimente ist der Einsatz von Eimerkettenbaggern (s.o.) sowie Löffelbaggern und Transportschuten für Mergel und Geröll vorgesehen. Durch die Baggerungen sind lokale und kurzfristige Veränderungen des Schwebstoffgehaltes in der Wassersäule zu erwarten. Vorwiegend sohnah bzw. in unteren Bereichen der Wassersäule sowie oberflächennah im Bereich des Überlaufs der eingesetzten Hopperbagger treten Trübungen auf. Wie zuvor beschrieben, werden die Ausbaubaggerungen jedoch, vor dem Hintergrund der im Ist-Zustand auftretenden Schwebstoffgehalte im Wasserkörper Hafen, keinen nennenswerten zusätzlichen Eintrag von Schwebstoff bewirken. Die Auswirkungen sind neutral, kurzfristig und mittlräumig und deshalb insgesamt neutral zu bewerten.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL im Wasserkörper Hafen „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird baubedingt nicht beeinflusst.

### Wasserkörper Elbe (West) (Mühlenberger Loch bis Schwinge-Mündung, km 635,0 - 654,9)

In diesem Wasserkörper sind Ausbaubaggerungen zur Vertiefung und Verbreiterung der Fahrrinne sowie zur Herstellung der Begegnungstrecke sowie die Ufervorspülungen Wittenbergen, Wisch (Lühemündung) und Hetlingen geplant.

Durch die Baggerungen sind Veränderungen des Schwebstoffgehaltes in der Wassersäule zu erwarten. Vorwiegend sohnah bzw. in unteren Bereichen der Wassersäule sowie oberflächennah im Bereich des Überlaufs der eingesetzten Hopperbagger treten Trübungen auf. Voraussichtlich werden auch Eimerkettenbagger (s.o.) eingesetzt. Wie oben beschrieben, werden die Ausbaubaggerungen jedoch, vor dem Hintergrund der im Ist-Zustand auftretenden Schwebstoffgehalte (vgl. Abbildung 2.3-3, S.38) im Bereich des Wasserkörpers Elbe (West), keinen nennenswerten zusätzlichen Eintrag von Schwebstoffen bewirken. Die Auswirkungen sind neutral, kurzfristig und mittlräumig und deshalb insgesamt neutral zu bewerten.

Dies gilt umso mehr für den Bau der Vorspülungen. Das dafür vorgesehene Material ist sandig mit nur geringem Schluffanteil (Unterlage B.2) und entspricht weitgehend der Kornzusammensetzung des am Ort der Vorspülung anstehenden Materials. Ein Teil der geringen Schluffanteile wird sich beim Aufspülprozess nicht absetzen und in den Gewässerkörper eingetragen. Die eingetragenen Mengen sind, im Vergleich zu den in der Elbe transportierten Sedimentfrachten, sehr gering. Die Auswirkungen sind neutral, kurzfristig und mittlräumig und deshalb insgesamt neutral zu bewerten.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL im Wasserkörper

Elbe (West) „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird baubedingt nicht beeinflusst.

#### Wasserkörper Übergangsgewässer (Schwinge-Mündung bis Kugelbake, km 654,9 –727,0)

In diesem Wasserkörper sind Ausbaubaggerungen zur Vertiefung und Verbreiterung der Fahrrinne sowie verschiedene Verbringungsmaßnahmen geplant: vier Ufervorspülungen (Brokdorf, Glückstadt unterhalb Störmündung, Glückstadt oberhalb Störmündung und Kollmar), alle Unterwasserablagerungsflächen (Medemrinne-Ost, Neufelder Sand, Glameyer Stack Ost, St. Margarethen, Scheelenkuhlen und Brokdorf), die Übertiefenverfüllung St. Margarethen sowie die Umlagerungsstelle Medembogen. Darüber hinaus ist in diesem Wasserkörper der Warteplatz Brunsbüttel geplant.

Ferner sind in diesem Gewässerabschnitt die Spülfelder auf den Inseln Pagensand und Schwarztonnensand geplant, auf denen schluffige und sandige (Schwarztonnensand) Sedimente aufgespült werden sollen.

Die Feinsedimente werden sich im Spülfeld absetzen. Ein nennenswerter Eintrag von Feinsedimenten über den Spülfeldauslauf ist daher nicht zu erwarten. Die Ufervorspülungen werden - wie vorstehend für den Wasserkörper Elbe (West) beschrieben - nur mit sandigem Material beschickt, so dass lediglich lokal ein sehr geringer Eintrag von Feinsedimenten in die Wassersäule entsteht. Die Auswirkungen sind neutral, kurzfristig und mittelräumig und deshalb insgesamt neutral zu bewerten.

Die Unterwasserablagerungsflächen und die Übertiefenverfüllung werden überwiegend mit sandigem, aber auch mit bindigem Material beschickt. Bindiges Material wird mit sandigen Material abgedeckt, so dass der Eintrag von Feinsedimenten weitgehend unterbunden wird. Die Unterwasserablagerungsflächen werden darüber hinaus teilweise mit Korngemischen (z. B. bis 150 mm Größtkorn) abgedeckt, um eine ausreichende Lagestabilität zu erreichen. Die Aussagen zum Bau von Ufervorspülungen im Bereich des Wasserkörpers Elbe (West) gelten hier gleichermaßen (s.o.). Die Auswirkungen sind neutral, kurzfristig und mittelräumig und deshalb insgesamt neutral zu bewerten.

Insgesamt ist festzustellen, dass bei allen Einbauarten lediglich geringe Mengen Feinsedimente in den Wasserkörper eingetragen werden können. Diese nur lokal und zudem kurzzeitig auftretenden Einträge sind vor dem Hintergrund der hohen Schwebstoffkonzentrationen in diesem Wasserkörper (vgl. Abbildung 2.3-3, S. 38), die mittleren (nicht maximalen!) Werte bis 300 mg/l erreichen (siehe Kapitel 2.3.2.2) nicht negativ zu bewerten.

Die Umlagerung von sandigen Sedimenten in der Medemrinne (Umlagerungsstelle Medembogen, vgl. Unterlage B.2) verursacht - wie in der Einführung zu diesem Kapitel anhand der Begutachtung der BAW (Unterlage H.1f) beschrieben, einen nur eingeschränkt mess- und beobachtbaren zusätzlichen Eintrag von Schwebstoffen. Die Auswirkungen sind neutral, mittelfristig und mittelräumig und deshalb insgesamt neutral zu bewerten.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL im Wasserkörper

Übergangsgewässer „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird baubedingt nicht beeinflusst.

#### Wasserkörper Küstengewässer (Kugelbake bis Scharhörn., km 727.0 - 746.3) und UG bis km 756

In diesem Abschnitt befindet sich die Umlagerungsstelle Neuer Luechtergrund. Wie in der Einführung zu diesem Kapitel beschrieben, hat die BAW (Unterlage H.1f) die infolge Verklappung zu erwartenden Veränderungen der Schwebstoff-Konzentration quantifiziert (Hinweis: die Verklappung von sandigem Material wirkt dem seit vielen Jahren beobachteten Sedimentabtrag (vgl. Unterlage H.1c) in diesem Bereich entgegen). Die Auswirkungen sind neutral, mittelfristig und mittelräumig und deshalb insgesamt neutral zu bewerten.

LANU (2004) gibt für den Wasserkörper Küstengewässer die Zielerreichung des guten ökologischen und des guten chemischen Zustands mit „unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird baubedingt nicht beeinflusst.

#### **3.1.1.2 Baubedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebnelben**

Baumaßnahmen sind in den Nebnelben nur eingeschränkt beabsichtigt: die Ufervorspülungen Lühe-Wisch und Glückstadt/Störmündung oberhalb können randlich der Lühesander Süderelbe und der Glückstädter Nebnelbe zugeordnet werden. Die Ausführungen zu den Spülfeldausläufen Pagensand und Schwarztonnensand gelten hier gleichermaßen für die genannten Ufervorspülungen. Die Auswirkungen sind neutral, kurzfristig und mittelräumig und deshalb insgesamt neutral zu bewerten.

Die o.g. Einschätzung „Zielerreichung unwahrscheinlich“ (ARGE ELBE 2004a) für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL gilt auch für die Nebnelben und einige sonstige Gewässer, soweit Bestandteil des reduzierten Gewässernetzes gem. WRRL. Die Einschätzung wird baubedingt nicht beeinflusst.

#### **3.1.1.3 Baubedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebenflüssen der Tideelbe**

Baubedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebenflüssen der Tideelbe sind nicht zu erwarten. Dies ist dadurch begründet, dass dort erstens keine Baggerungen und Umlagerungen vorgesehen sind und zweitens keine zusätzlichen Schwebstoffaufladungen infolge von Baumaßnahmen in der Tideelbe auftreten werden.

### **3.1.2 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt, Schadstoffgehalte**

#### **3.1.2.1 Baubedingte Auswirkungen in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe**

##### Wasserkörper Elbe (Ost) (Wehr Geesthacht bis Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke, km 586,0 - 615,0)

Im Wasserkörper Elbe (Ost) sind keine Ausbau- und keine Verbringungsmaßnahmen geplant. Daher können baubedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie die Schadstoffgehalte in diesem Wasserkörper ausgeschlossen werden.

##### Wasserkörper Hafen (Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke bis Mühlenberger Loch, km 615,0 - 635,0)

Wie in Kapitel 3.1.1.1 dargestellt, ist durch die in diesem Wasserkörper geplanten Ausbaubaggerungen kein nennenswerter zusätzlicher Eintrag von Schwebstoffen zu erwarten. Gemäß Unterlage H.2b ist, im Vergleich zu den im Elbwasser gelösten Konzentrationen, mit einer sehr geringen Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen zu rechnen. Ein zusätzliches Zehrungspotential, das geeignet sein könnte, mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt auszulösen, wird baubedingt nicht freigesetzt. Zehrungsfähige Weichsedimente (s. z. B. Bergemann et al. 1996, Miehlisch et al. 1997b, Nöthlich 1989, Nöthlich & Reuter 1987) mit hohen organischen Anteilen (Bodenklassen A und B, vgl. Unterlagen H.3, H.2b) treten nicht auf.

Beim Transport der Sedimente werden diese teilweise entwässert. Durch den Luftzutritt werden Ammonium und die in den Sedimenten enthaltenen Sulfide oxidiert und als Nitrat bzw. Sulfat mit dem Überlaufwasser in die Tideelbe eingetragen. Die Konzentrationen im Überlaufwasser liegen jedoch erstens nur unwesentlich höher als die Konzentrationen im Elbwasser (vgl. Unterlage H.2b), zweitens handelt es sich, verglichen mit den in der Elbe transportierten, um quantitativ unbedeutende Mengen und drittens um Umlagerungen innerhalb des Systems, nicht jedoch um zusätzliche Nährstoffeinträge.

Die Stoffeinträge sind insgesamt ungeeignet, mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie die Schadstoffgehalte im Wasserkörper Hafen hervorzurufen.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL im Wasserkörper Hafen „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird baubedingt nicht beeinflusst.

### Wasserkörper Elbe (West) (Mühlenberger Loch bis Schwinge-Mündung, km 635,0 - 654,9)

In Bezug auf die Ausbaubaggerungen zur Vertiefung der Fahrrinne gelten weitgehend die zuvor für den Wasserkörper Hafen getroffenen Aussagen. Die Ausbaubaggerungen zur Herstellung der Begegnungsstrecke (Baggerungen auf einer Fläche von ca. 69,3 ha) werden keinen nennenswerten zusätzlichen Eintrag von Schwebstoffen bewirken. Da kaum zehrungsfähiges organisches Material gebaggert wird, wird auch kein beachtliches Zehrungspotential freigesetzt.<sup>55</sup> Das Baggergut im Bereich der Begegnungsstrecke besteht überwiegend aus unbelasteten holozänen und galziofluvialen Sanden sowie Mergel handelt, daneben werden rezente Sedimente entnommen. Die Bodenklasse AB (rezyenter belasteter Schlick, unbelasteter holozäner Klei) tritt nicht auf (vgl. Unterlagen H.3, H.2b).

Durch den Bau der Ufervorspülungen sind nur marginale baubedingte Auswirkungen auf die Nährstoff- und Schadstoffgehalte zu erwarten. Zehrungsfähige Weichsedimente werden nicht verwendet, Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt sind nicht zu erwarten. Die vorgespülten Sedimente fallen im Verlauf der Ebbephase trocken; es bildet sich ein teilentwässerter Horizont, der durch den zeitweiligen Zutritt von Luft-sauerstoff gekennzeichnet ist. Im Zuge von Umlagerungen durch Welleneinwirkung werden die in diesem Horizont vorhandenen Nähr- und Schadstoffe kurz- bis mittelfristig mobilisiert (vgl. Unterlage H.2b zu „nicht bewertungsrelevanten“ Auswirkungen). Menge, Konzentration und räumliche Ausdehnung dieser Mobilisierung werden jedoch zu keiner mess- und beobachtbaren Belastung führen, insbesondere, da entsprechende Effekte auch im Ist-Zustand auftreten. Zudem werden auch beachtliche Anteile unbelasteter Sedimente für den Bau der Ufervorspülung verwendet, so dass tendenziell auch positive Effekte auf den Eintrag in den Wasserkörper zu erwarten sind.

Die Stoffeinträge sind insgesamt ungeeignet, mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie die Schadstoffgehalte im Wasserkörper Elbe (West) hervorzurufen.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL im Wasserkörper Elbe (West) „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird baubedingt nicht beeinflusst.

### Wasserkörper Übergangsgewässer (Schwinge-Mündung bis Kugelbake, km 654,9 –727,0)

In Bezug auf die Auswirkungen der in diesem Wasserkörper geplanten Ausbaubaggerungen und Ufervorspülungen gelten die zuvor für den Wasserkörper Elbe (West) getroffenen Aussagen. Durch die in diesem Wasserkörper geplante subhydrische Ablagerung von Sedimenten (Ablagerung in UWA, Übertiefenverfüllung, Umlagerungsstelle) sind die gleichen Effekte wie bei den eingangs beschriebenen Vorgängen von

---

<sup>55</sup> Zehrungsversuche mit Material aus der Tideelbe wurden u.a. von Miehlisch et al. (1997a) u. durchgeführt und einmal mehr festgestellt, dass der O<sub>2</sub>-Verbrauch feinkörniger Sedimente („Schlicke“) am höchsten ist, während Sand (auch schluffiger Sand) nur ein geringes Zehrungspotential aufweist (unabhängig von der Korngröße).

Baggerung und Transport der Sedimente zu erwarten. Nach dem Verbringen der Sedimente wird der beim Transport eingedrungene Sauerstoff von Mikroorganismen verbraucht und es stellen sich kurzfristig die für liegende Sedimente typischen tiefen Redoxpotentiale erneut ein (vgl. Unterlage H.2b, Kapitel 6.3.1.3). Mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt sind nicht zu erwarten.

Durch die Einleitung des Spülwassers aus den Spülfeldern ist nicht mit einem nennenswerten Eintrag von organogenen Feinsedimenten zu rechnen (siehe Kapitel 3.1.1.1). Gem. Unterlage H.3 (Kapitel 7.2.1.5.2) werden durch diese Maßnahme sauerstoffzehrende Stoffe in geringem Umfang eingetragen. Mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt sind durch diese lokal auftretende Wirkung nicht zu erwarten.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL im Wasserkörper Übergangsgewässer „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird baubedingt nicht beeinflusst.

#### Wasserkörper Küstengewässer (Kugelbake bis Scharhörn, km 727,0 - 746,3) und UG bis km 756

Generell gelten für diesen Wasserkörper die bereits zuvor getroffenen Aussagen zu möglichen baubedingten Veränderungen durch Ausbaubaggerungen und Umlagerungen.

Die Stoffeinträge sind insgesamt ungeeignet, mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie die Schadstoffgehalte im Wasserkörper Hafen hervorzurufen.

LANU (2004) gibt für den Wasserkörper Küstengewässer die Zielerreichung des guten ökologischen und des guten chemischen Zustands mit „unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird baubedingt nicht beeinflusst.

### **3.1.2.2 Baubedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebnelben**

Die Nebnelben liegen im Gebiet der Wasserkörper Elbe (West) bzw. Übergangsgewässer. Entsprechend gelten für diese Nebnelben die für diese Wasserkörper getroffenen Aussagen.

Die Stoffeinträge sind insgesamt ungeeignet, mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie die Schadstoffgehalte in den Nebnelben hervorzurufen.

Die o.g. Einschätzung „Zielerreichung unwahrscheinlich“ (ARGE ELBE 2004a) zu den physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL gilt auch für die Nebnelben und einige sonstige Gewässer, soweit Bestandteil des reduzierten Gewässernetzes gem. WRRL. Die Einschätzung wird baubedingt nicht beeinflusst.

### **3.1.2.3 Baubedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebenflüssen der Tideelbe**

In den Nebenflüssen der Tideelbe sind keine Ausbau- und Verbringungsmaßnahmen vorgesehen. Baubedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie die Schadstoffgehalte in diesem Wasserkörper sind nicht zu erwarten.

## **3.2 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen**

Für die Prognose der anlagebedingten Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit sind folgende Wirkfaktoren der Fahrrinnenanpassung von Belang (vgl. Tabelle 1.5-1):

- Veränderungen der Gewässermorphologie (Gewässertopographie und Gewässer-  
sohle),
- Veränderungen der Tidewasserstände,
- Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeiten,
- Veränderungen der Morphodynamik und der Sedimenttransporte sowie
- Veränderungen der Salzgehalte.

Darüber hinaus sind als betriebsbedingte Wirkungen die zukünftigen Unterhaltungsbaggerungen und die veränderten schiffserzeugten Belastungen zu berücksichtigen.

Bei den zu erwartenden Veränderungen der Gewässermorphologie handelt es sich im Einzelnen um

- den Fahrrinnenausbau (bereichsweise Vertiefung und Verbreiterung sowie Verschwenkung im Bereich des Köhlbrands),
- die Herstellung der Begegnungsstrecke,
- die Vertiefung von Hafenzufahrten und des Drehkreises des Vorhafens,
- die Herstellung eines Warteplatzes vor dem Elbehafen Brunsbüttel
- die Anlage von UWA,
- die Ufervorspülungen sowie
- die Übertiefenverfüllung.

Nachfolgend werden die anlage-/betriebsbedingten Auswirkungen auf die Leitparameter Schwebstoffregime, Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sowie Schadstoffe dargestellt.

### **3.2.1 Schwebstoffregime**

Die Prognoseaussagen zu anlage-/betriebsbedingten Auswirkungen auf das Schwebstoffregime basieren auf den Untersuchungen der BAW zu den ausbaubedingten Änderungen der morphodynamischen Prozesse (Unterlage H.1c), die nachfolgend zusammengefasst werden.

Die BAW beschreibt den Schwebstofftransport (in Unterlage H.1c „Suspensionstransport“ genannt) mittels der beiden folgenden Kenngrößen:

- Tiefenintegrierte Suspensionskonzentration [mg/l], die flächenhaft oder in Form von Schnitten z. B. entlang der Fahrrinnenachse oder entlang einer Nebenelbe dargestellt wird.
- Advektiv (also mit der Strömung) transportierte Fracht [kg/m], womit die pro Breitenmeter senkrecht zur Hauptströmungsrichtung in einer Zeiteinheit transportierte Fracht gemeint ist.

Das grundsätzliche Veränderungsmuster der Schwebstoffkonzentrationen kann wie folgt zusammengefasst werden:

Die Analyseergebnisse der BAW zeigen in Form von flächenhaften Darstellungen die Tidekennwerte „mittlere Schwebstoffkonzentration“, „maximale Schwebstoffkonzentration“ und „Schwebstoffkonzentrationsvariation“. Von den genannten Tidekennwerten sind die über den jeweiligen Tidezyklus (Flut und Ebbe) gemittelten Sedimentkonzentrationen entscheidend, weil sie den Mittelwert der über den gesamten Tidezyklus an einem Ort beobachtbaren Sedimentkonzentrationen beschreiben. Im Gegensatz zu maximalen Konzentrationen (Kurzzeitwerte) sind die mittleren Konzentrationen weniger anfällig gegenüber kurzzeitigen Erscheinungen wie dem Überfluten und Trockenfallen von Wattflächen, die eine Veränderungsanalyse auf Basis der maximalen, in einer Tidephase beobachteten Schwebstoffkonzentrationen verfälschen. Die Abbildungen für die mittleren (aber in der Grundtendenz auch die maximalen) Schwebstoffkonzentrationen in Unterlage H.1c zeigen folgendes grundlegendes Muster:

- Etwa stromab von Glückstadt (in der Hauptelbe etwas weiter stromauf, in der Glückstädter Nebenelbe etwas weiter stromab) verändern sich die mittleren Sedimentkonzentration bzw. der mittlere Schwebstoffgehalt nicht oder sie werden kleiner. Lediglich im Bereich der Unterwasserablagerungsflächen Neufelder Sand und Medemrinne-Ost sowie an der Störmündung und auf den Sänden zwischen Freiburg und Wischhafen gibt es punktuelle Zunahmen der Sedimentkonzentration.
- Zwischen Glückstadt und Dwarsoch erhöht sich die mittlere Sedimentkonzentration um etwa bis zu 5 mg/l. Diese Zunahme ergibt sich sowohl in der Hauptelbe als auch in den angrenzenden Nebenelben (Schwarztonnensander Nebenelbe, Pagensander Nebenelbe, Haseldorfer Binnelbe). Auf der Nordostseite von Pagensand und im Gebiet der Krückaumündung werden kleinräumig größere Erhöhungen der mittleren Sedimentkonzentration bis etwa 10 mg/l durch das Modell berechnet.
- Stromaufwärts des Dwarsoches zeigen die Modellrechnungen gleichbleibende oder abnehmende Sedimentkonzentrationen an. Lokale Zunahmen werden in der Nähe der Estemündung (Mühlenberger Loch), in der Süderelbe zwischen Harburg und Bunthaus sowie in einigen Hafenbecken Hamburgs prognostiziert.

Die Zu- und Abnahmen der Schwebstoffkonzentrationsvariation korrespondieren mit den Zu- und Abnahmen der mittleren Konzentration.

Die Erhöhung der mittleren Schwebstoffkonzentration entspricht einer Zunahme der advektiven Transportraten (Frachten), die sich wie folgt zusammenfassend darstellt:

Unterhalb der Störmündung wird der ebbestromdominante Schwebstoffstrom verstärkt, werden Sedimente also aus dem Ästuar in das Küstenmeer verfrachtet. Oberhalb der Störmündung kehrt sich die Schwebstoffstromrichtung um. Der hier bereits im Ist-Zustand flutstromorientierte Schwebstoffstrom wird verstärkt. Oberhalb von Wedel vermindert sich durch den Ausbau der flutstromorientierte Schwebstoffstrom, wodurch eine Reduktion des Schwebstoffeintrags in die Hahnöfer Nebenelbe, das Mühlenberger Loch und den Hamburger Hafen bewirkt wird.

### **3.2.1.1 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe**

Im Folgenden werden die zu erwartenden Auswirkungen auf das Schwebstoffregime durch die Fahrrinnenanpassung differenziert für die einzelnen Wasserkörper gemäß WRRL beschrieben. Mögliche Auswirkungen auf die Zielerreichung bei den physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten gem. WRRL werden benannt.

Eine Bewertung des Ist-Zustandes erfolgte nicht (s. Kapitel 2.5), die Schwebstoffaufladung wird jedoch über die Bewertung des Sauerstoffhaushaltes indirekt mit bewertet, jedoch nur soweit es sich um zehrungsfähiges organisches Material handelt, das vorhabensbedingt nur in geringem Umfang umgelagert wird. Am Eintrag von oberstrom ändert sich vorhabensbedingt nichts. Anlage- und betriebsbedingt erhöhte Schwebstoffkonzentrationen werden deshalb nachfolgend als neutral bewertet. Soweit veränderte Unterhaltungsbaggerungen zu erwarten sind, werden diese bei den aquatischen Lebensgemeinschaften (Unterlage H.5a/H.5b) bewertet.

#### Wasserkörper Elbe (Ost) (Wehr Geesthacht bis Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke, km 586,0 - 615,0)

Die mittleren Schwebstoffkonzentrationen verändern sich zwischen dem Wehr Geesthacht und der Bunthäuser Spitze nicht. Lediglich im Abschnitt Süderelbe zwischen Bunthäuser Spitze und Häfen Harburg erhöht sich die mittlere Schwebstoffkonzentration um bis zu 3 mg/l (vgl. Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 205, 207). Die durch das Modell berechnete mittlere Konzentration im Ist-Zustand liegt bei bis zu 40 mg/l (Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 204 - 207). Der ebbestromorientierte advective Schwebstoffstrom ändert sich ausbaubedingt nicht (Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 245 und 247). Vorhabensbedingt verstärkte Unterhaltungsaufwendungen sind im Wasserkörper Elbe (Ost) nicht zu erwarten.

Die o.g. modellierten Veränderungen sind insgesamt ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf das Schwebstoffregime im Wasserkörper Elbe (Ost) hervorzurufen.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL im Wasserkörper Elbe (Ost) „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.

### Wasserkörper Hafen (Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke bis Mühlenberger Loch, km 615,0 - 635,0)

In diesem Abschnitt nimmt die mittlere Schwebstoffkonzentration um bis zu 5 mg/l ab. Die Abnahme beginnt in der Süderelbe nahe des Containerterminals Altenwerder sowie in der Norderelbe unterhalb der Elbbrücken und ist im Mühlenberger Loch am größten. Die mittlere Schwebstoffkonzentration im Ist-Zustand wird durch das Modell mit etwa 30 bis 40 mg/l berechnet. In einigen Hafenbecken, die trockenfallen, treten lokal auch Zunahmen der mittleren Schwebstoffkonzentration auf (Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 204 und 205).

Der im Ist-Zustand im Wesentlichen stromauf gerichtete advective Schwebstoffstrom in der Größenordnung von 3.000 kg/m wird in einem Bereich etwa zwischen dem Köhlbrand und dem Mühlenberger Loch um ca. 500 kg/m reduziert (Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 244 und 245). Vorhabensbedingt reduzierte Unterhaltungsaufwendungen sind im Wasserkörper Hafen lediglich tendenziell zu erwarten. BAW (Unterlage H.1c) gibt an, dass die Baggermengen oberhalb von Nienstedten (Höhe Mühlenberger Loch, ca. Fahrrinnenkilometer 633) „nicht nennenswert zunehmen werden“.

Die o.g. modellierten Veränderungen sind insgesamt ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf das Schwebstoffregime im Wasserkörper Hafen hervorzurufen. Veränderte Unterhaltungsaufwendungen sind nicht zu erwarten.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL im Wasserkörper Hafen „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.

### Wasserkörper Elbe (West) (Mühlenberger Loch bis Schwinge-Mündung, km 635,0 - 654,9)

In diesem Abschnitt reduziert sich die mittlere Schwebstoffkonzentration zwischen der Lühemündung und dem Mühlenberger Loch um bis zu 5 mg/l. BAW berechnet die Schwebstoffkonzentrationen im Ist-Zustand in diesem Abschnitt mit etwa 50 mg/l (Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 202-203).

Der advective stromaufgerichtete Restschwebstoffstrom, überwiegend in der Größenordnung von 3.000 kg/m, nimmt zwischen Mühlenberger Loch und Kraftwerk Wedel (km 640) um bis zu 600 kg/m ab, zwischen Lühesand und Wedel nimmt er um bis zu 600 kg/m zu (Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 242 und 243). Mit Anlage der Begegnungsstrecke wird jedoch eine Feststoffschenke geschaffen, die häufiger gebaggert werden muss. Infolge des verstärkten advectiven Stromauftransportes zwischen Lühesand und Wedel ist mit um > 10 % verstärkten Unterhaltungsbaggerungen zu rechnen (bezogen auf eine Bezugsbaggermenge von 11,3 Mill. m<sup>3</sup> in den Jahren 2003 bis 2005, vgl. Unterlage H.1c). Durch die Baggerungen sind Veränderungen des Schwebstoffgehaltes in der Wassersäule zu erwarten. Vorwiegend sohl nah bzw. in unteren Bereichen der Wassersäule sowie oberflächennah im Bereich des Überlaufs der eingesetzten Hopperbagger treten Trübungen auf. Wie bei den baubedingten Auswirkungen

gen (durch Ausbaubaggerungen) beschrieben, werden die Unterhaltungsbaggerungen jedoch, vor dem Hintergrund der im Ist-Zustand auftretenden Schwebstoffgehalte (vgl. Abbildung 2.3-3, S. 38) im Bereich des Wasserkörpers Elbe (West), keinen nennenswerten zusätzlichen Eintrag von Schwebstoffen bewirken. Zudem nehmen vorhabensbedingt die mittleren Schwebstoffkonzentrationen ab (s.o.). Die Auswirkungen sind neutral, langfristig (wiederkehrend) und mittelräumig und deshalb insgesamt neutral zu bewerten.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten gem. WRRL sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes im Wasserkörper Elbe (West) „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.

#### Wasserkörper Übergangsgewässer (Schwinge-Mündung bis Kugelbake, km 654,9 –727,0)

Im Wasserkörper Übergangsgewässer werden, in Abhängigkeit von der Tidephase und dem Oberwasserzufluss, hohe Schwebstoffgehalte beobachtet, die im Zeitmaßstab „Stunden“ mit dem Tidezyklus und im Zeitmaßstab „Wochen“ mit dem Oberwasser schwanken.

Zu Beginn der Ebbe- und Flutphasen treten durch die erhöhte Turbulenz und die damit einhergehende Mobilisierung von Feststoffen sohnah erhöhte Schwebstoffkonzentrationen auf. Bei Strömungskenterung treten insbesondere oberflächennah die geringsten Schwebstoffkonzentrationen auf, weil zu diesem Zeitpunkt ein großer Teil der Schwebstoffe kurzzeitig sedimentiert.

Die im Zeitmaßstab „Stunden“ schwankende Schwebstoffkonzentration bei niedrigem und gleichzeitig häufigem Oberwasser hat die BAW analysiert. Im Wasserkörper Übergangsgewässer erreicht die mit dem Modell berechnete Variation maximale Werte um 150 mg/l mit lokalen Spitzen - vor allem im Bereich von Wattgebieten - über 200 mg/l. Ausbaubedingt nimmt die Variation in dem Abschnitt Rhinplate bis Lühesand um bis zu 7 mg/l zu. Stromab der Rhinplate erhöht sich die Variation nur in der Fahrrinne, während sie in den Randbereichen abnimmt (Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 208 - 211). Die Erhöhung der Schwebstoffkonzentrationsvariation korrespondiert mit der Erhöhung der mittleren Schwebstoffkonzentrationen, die in diesem Wasserkörper vor allem im Unterabschnitt zwischen Rhinplate und Lühesand zu erwarten ist.

Im Einzelnen ergibt die Modellierung der BAW folgende Veränderungsanalyse: Im Ist-Zustand liegt die mittlere Schwebstoffkonzentration an der Schwingemündung bei 50 mg/l und nimmt bis zum Südende der Rhinplate auf etwa 120 mg/l zu. In diesem Abschnitt erhöht sich die mittlere Schwebstoffkonzentration ausbaubedingt um bis zu 5 mg/l (Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 198 - 201). Weiter stromab erreicht die mittlere Schwebstoffkonzentration Maximalwerte über 200 mg/l im Bereich des Störbogens, um dann nach See zu wieder abzunehmen. In dem Abschnitt unterhalb der Störmündung gibt es fast keine Veränderungen der mittleren Schwebstoffkonzentrationen, bis auf wenige Ausnahmen reduziert sie sich den Seitenbereichen teilweise um bis zu 7 mg/l (Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 198 - 199).

Im Ist-Zustand weisen die advektiven Nettoschwebstofftransporte oberhalb der Rhinplate überwiegend stromaufwärts (flutstromorientiert). Die Größenordnung im Ist-Zustand beträgt bei der Rhinplate 15.000 bis 18.000 kg/m, am Steindeich lokal bis zu 10.000 kg/m, bei Pagensand 6.000 kg/m und bei der Schwingemündung von 4000 kg/m (Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 238 - 241).

Im ebbstromorientierten Bereich des Übergangsgewässers unterhalb von St. Margarethen nimmt der Nettoschwebstofftransport nach unterstrom gerichtet um 600 kg/m zu. Diese ebbstromorientierte Zunahme kehrt sich oberhalb der Störmündung in eine flutstromorientierte Zunahme um. Zwischen Steindeich und dem Dwarsloch und weiter stromab ergibt sich eine annähernd durchgängige, ausbaubedingte stromaufgerichtete Zunahme des advektiven Nettoschwebstofftransportes um 600 kg/m mit Maximalwerten bis 1.000 kg/m (Unterlage H.1c). Vorhabensbedingt veränderte Unterhaltungsaufwendungen sind im Wasserkörper Übergangsgewässer zu erwarten. BAW (Unterlage H.1c) gibt Zunahmen an der Rhinplate, dem Altenbrucher Bogen sowie infolge von Seiteneintreibungen entlang der gesamten Fahrrinne an. Die Auswirkungen werden als neutral, langfristig und mittlräumig und deshalb als neutral bewertet.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten gem. WRRL sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes im Wasserkörper Übergangsgewässer „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.

#### Wasserkörper Küstengewässer (Kugelbake bis Scharhörn, km 727,0 - 746,3) und UG bis km 756

Im Wasserkörper Küstengewässer ändern sich sowohl die Schwebstoffkonzentrationen als auch die advektiven Schwebstofftransportraten nicht (Unterlage H.1c). Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime im Wasserkörper Küstengewässer sind nicht zu erwarten.

LANU (2004) gibt für den Wasserkörper Küstengewässer die Zielerreichung des guten ökologischen und des guten chemischen Zustands mit „unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.<sup>56</sup>

### **3.2.1.2 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebnelben**

Wie vorstehend beschrieben, erhöhen sich die mittleren Schwebstoffkonzentrationen im Abschnitt Rhinplate bis Lühesand. Davon sind auch die Nebnelben betroffen, die eine zur Hauptrinne synchrone Erhöhung erfahren.

<sup>56</sup> LANU (2004) stellt unter dem Stichpunkt „Belastung des Küstenwasserkörpers“ zu „signifikanten morphologischen Veränderungen“ und „sonstigen signifikanten anthropogenen Belastungen (Fahrrinnenunterhaltung - Baggerung und Umlagerung)“ fest: „Aufgrund der Kleinräumigkeit und der überwiegend geringen ökologischen Auswirkungen stellen die bisherigen Fahrrinnenvertiefungen im Küstengewässer Elbe keine signifikante Belastung dar.“

Ausbaubedingt ändert sich die mittlere Schwebstoffkonzentration wie folgt:

- Glückstädter Nebenelbe: schwache Erhöhung um bis 3 mg/l
- Nebenelbe am Schwarztonnensand: Erhöhung um 3 mg/l
- Pagensander Nebenelbe: Erhöhung um 5 mg/l, lokal an der Nordwestseite auch etwas stärker
- Haseldorfer Binnenelbe: Erhöhung um 3 mg/l
- Lühesander Süderelbe: keine Veränderung
- Hahnöfer Nebenelbe: Abnahme um 3 mg/l, lokal bis zu 7 mg/l
- Mühlenberger Loch: bereichsweise Zunahme um 3 mg/l nahe der Estemündung und südlich der Airbus-erweiterungsfläche.

Auch die advektiven Schwebstofftransportströme in die Nebenelben ändern sich ausbaubedingt. Dies lässt sich, wegen der für die Hauptrinne gewählten Skalierung, anhand der flächenhaften Darstellungen der advektiven Schwebstoffströme nicht zeigen. Statt dessen werden diese in Unterlage H.1c in Abschnitt 11.4.8 als Ergebnisse einer Auswertung anhand von Querprofilen wiedergegeben. Demnach ändert sich der Suspensionseintrag in die Nebenelben wie folgt:

- Glückstädter Nebenelbe: keine Änderung
- Nebenelbe am Schwarztonnensand: Zunahme um ca. 6 %
- Pagensander Nebenelbe: Zunahme um ca. 5 %
- Haseldorfer Binnenelbe: keine Angabe in Unterlage H.1c, es wird abgeschätzt, dass der Eintrag in ähnlicher Weise wie bei der Pagensander Nebenelbe zunimmt
- Lühesander Süderelbe: Zunahme um 2 %
- Hahnöfer Nebenelbe: Abnahme um –10 %.

Unterhaltungsbaggerungen finden in den Nebenelben im Ist-Zustand nicht statt und sind auch zukünftig nicht zu erwarten

Befürchtungen hinsichtlich einer zunehmenden Verlandungstendenz im Mühlenberger Loch sind unbegründet. In der Summe wird dieser Prozess im System Hahnöfer Nebenelbe und Mühlenberger Loch reduziert, es kommt zu lokalen - also kleinräumigen Verschiebungen, wodurch sich auf einigen Wattflächen der Wattaufwuchs etwas verstärkt, während in einigen Flachwasserbereichen verminderte Sedimentationstendenzen zu erwarten sind (Unterlage H.1c, Anlage 1, Bilder 203, 205). Die Auswirkungen (dies gilt für alle Nebenelben) werden als neutral, langfristig und mittlräumig und deshalb als neutral bewertet.

Die o.g. Einschätzung „Zielerreichung unwahrscheinlich“ (ARGE ELBE 2004a) zu den physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL gilt auch für die Nebenelben und einige sonstige Gewässer, soweit Bestandteil des reduzierten Gewässernetzes gem. WRRL. Diese Einschätzung wird anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.

### **3.2.1.3 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebenflüssen der Tideelbe**

Bis auf die Oste und die Stör wurden die Nebenflüsse der Elbe in der Modellierung der BAW nicht berücksichtigt. Ggf. zu erwartende vorhabensbedingte Auswirkungen auf den Schwebstoffhaushalt in den Unterläufen dieser Nebenflüsse lassen sich aber aus der Veränderung der Schwebstoffkonzentrationen in der Elbe ableiten.

In der Oste zeigen die Modellergebnisse keine Veränderung der mittleren Schwebstoffkonzentrationen, die maximalen Schwebstoffkonzentrationen, die im Ist-Zustand bei 80 mg/l liegen, nehmen bereichsweise um bis zu 3 mg/l zu. Vorhabensbedingt veränderte Unterhaltungsaufwendungen sind in der Oste jedoch nicht zu erwarten. In der Stör, deren Mündung im Bereich des Trübungsmaximums des Übergangsgewässers liegt, sind die Schwebstoffkonzentrationen im Ist-Zustand mit mehr als 200 mg/l deutlich höher. Hier nehmen die mittleren Schwebstoffkonzentrationen an der Mündung um bis zu 7 mg/l zu. Weiter oberstrom bei Itzehoe nehmen die mittleren Schwebstoffkonzentrationen um 3 mg/l ab. Vorhabensbedingt veränderte Unterhaltungsaufwendungen sind in der Stör jedoch nicht zu erwarten. Die o.g. modellierten Veränderungen sind insgesamt ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in der Oste und die Stör hervorzurufen.

Das Gewässersystem im Bereich des Krautsandes, bestehend aus Wischhafener Süderelbe, Ruthenstrom und angrenzenden Gewässern sowie der Freiburger Hafenpriel münden in einem Teilabschnitt der Elbe, in dem sich keine Veränderungen der mittleren Schwebstoffkonzentrationen ergeben. Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime sind in diesen Nebengewässern nicht zu erwarten.

Die Nebenflüsse Krückau und Pinnau münden in die Pagensander Nebenelbe. BAW gibt dort eine Erhöhung der mittleren Schwebstoffkonzentration um 5 mg/l an. Es ist davon auszugehen, dass eine entsprechende Erhöhung auch in den tidebeeinflussten Bereichen der beiden Nebenflüsse auftreten wird. Vorhabensbedingt veränderte Unterhaltungsaufwendungen sind in den Unterläufen von Krückau und Pinnau jedoch nicht zu erwarten. Die o.g. modellierten Veränderungen sind insgesamt ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in der Krückau und der Pinnau hervorzurufen.

In der Bützflether Süderelbe und der Schwinge liegen ähnliche Verhältnisse wie bei Krückau und Pinnau vor. Da sich in der Elbe die mittlere Schwebstoffkonzentration um bis zu 5 mg/l erhöhen, werden sich auch in diesen beiden Nebengewässern, soweit tidebeeinflusst, die Schwebstoffkonzentrationen erhöhen, zumal insbesondere die Bützflether Süderelbe über keinen nennenswerten eigenen Oberwasserzufluss verfügt. Vorhabensbedingt veränderte Unterhaltungsaufwendungen sind in den Unterläufen von Bützflether Süderelbe und Schwinge jedoch nicht zu erwarten. Die o.g. modellierten Veränderungen sind insgesamt ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in der Bützflether Süderelbe und der Schwinge hervorzurufen.

Die Nebenflüsse Lühe und Wedeler Au / Hetlinger Binnenelbe sowie die Flottbek münden in einen Abschnitt der Elbe, in dem die mittleren Sedimentkonzentrationen großräumig abnehmen. Es ist daher auch in diesen Nebengewässern mit einer Abnahme zu rechnen. Die Mündung der Flottbek weist jedoch ein Fluttor auf, dieses schließt, wenn die Wasserstände in der Elbe höher als die Binnenwasserstände sind. Die Veränderungen in der Elbe können deshalb und bedingt durch die mindere Größe des Durchlasses nur eingeschränkt bzw. phasenweise in der Flottbek wirken. Die genannten Gewässer werden gar nicht oder nur sporadisch (Lühe) unterhalten. Daran wird sich vorhabensbedingt nicht ändern. Die o.g. modellierten Veränderungen sind insgesamt ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in der Lühe und der Wedeler Au / Hetlinger Binnenelbe sowie der Flottbek hervorzurufen.

Auch die Este mündet in einen Abschnitt der Elbe, in dem die mittleren Sedimentkonzentrationen großräumig abnehmen. Da aber lokal im Mühlenberger Loch in der Nähe der Estemündung auch Erhöhungen der Schwebstoffkonzentrationen durch die BAW prognostiziert werden, kann insgesamt von gleichbleibenden Verhältnissen im tidebeeinflussten Bereich der Este ausgegangen werden. Die o.g. modellierten Veränderungen sind insgesamt ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in der Este hervorzurufen.

Die weiter oberstrom gelegenen Nebenflüsse Seeve, Luhe und Ilmenau münden in den Wasserkörper Ebe (Ost), in dem keine Veränderungen mittleren Schwebstoffkonzentrationen prognostiziert werden. Anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in diesen Nebenflüssen sind nicht zu erwarten.

Die meisten Zuflüsse der Tideelbe unterhalb des Wasserkörpers Hafen und soweit Bestandteil des reduzierten Gewässernetzes gem. WRRL, werden in den tidebeeinflussten Unterläufen (vorläufig) als erheblich veränderte Wasserkörper eingestuft, die Zielerreichung wird für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL mit „unklar“ oder „unwahrscheinlich“ angegeben. Lediglich die Wedeler Au wird (MUNL 2004) mit „guter ökologischer Zustand gefährdet“ eingestuft. Diese Einschätzungen werden anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.

## **3.2.2 Salinität**

### **3.2.2.1 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Salinität in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe**

Die vorhabensbedingten Veränderungen des Salzgehaltes werden in dem Teilgutachten der BAW zur Hydrodynamik und zum Salztransport (Unterlage H.1a) beschrieben. Darin werden zwei Szenarien betrachtet:

- Spring-Nipp-Zyklus mit niedrigem, häufigsten Oberwasserabfluss
- Spring-Nipp-Zyklus mit hohem Oberwasserabfluss.

Die Untersuchungen der BAW haben ergeben, dass die vorhabensbedingten Veränderungen der Tidedynamik eine stromaufwärts gerichtete Verschiebung der Brackwassergrenze sowie eine Veränderung der Salzgehalte innerhalb der Brackwasserzone bewirken. Diese Effekte werden jedoch nur in sehr geringem Ausmaß auftreten und in der Natur nicht nachweisbar sein.

Für das Szenario mit niedrigem Oberwasserabfluss werden von der BAW folgende vorhabensbedingte Veränderungen des Salztransportes bzw. der Salzgehalte prognostiziert:

- Die größte Veränderung sowohl des maximalen als auch des mittleren Salzgehaltes ist im Bereich Brunsbüttel (Elbe-km 700) zu erwarten. Dort werden Zunahmen von 0,5 bis 0,7 PSU prognostiziert.
- Unterhalb von Elbe-km 720 (etwa Cuxhaven) wird eine geringe Abnahme des maximalen Salzgehaltes von 0,1 PSU prognostiziert.
- Für den minimalen Salzgehalt werden im UG vorhabensbedingte Veränderungen von -0,1 PSU bis +0,6 PSU prognostiziert.
- Für die mittlere Salzgehaltsvariation werden im UG vorhabensbedingte Veränderungen von -0,5 PSU bis +0,5 PSU prognostiziert.

Flächenhafte Darstellungen (Unterlage H.1a, Anlage 4, Abb. 43 - 50) zeigen, dass minimaler, mittlerer und maximaler Salzgehalt auf der Südseite der Fahrrinne im Abschnitt zwischen Altenbruch und Wischhafen um 0,2 - 0,6 PSU zunehmen werden, ähnliches gilt für die Nordseite der Fahrrinne. Im Bereich der Unterwasserablagerungsflächen sowie im Uferabschnitt bei Neufeld werden lokal Maximalwerte um +1,5 PSU erreicht.

Bei niedrigem Oberwasserabfluss werden sich die Isohalinen nach den Berechnungen der BAW wie folgt verschieben (ermittelt aus Längsschnitten entlang der Fahrrinnenmitte):

- die 1 PSU-Isohaline um 1400 m stromauf
- die 5 PSU-Isohaline um 1900 m stromauf
- die 10 PSU-Isohaline um 1000 m stromauf.

Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass die Lage der Isohalinen bereits im Ist-Zustand in Abhängigkeit von Oberwasserabfluss und Tidegeschehen hochvariabel ist. Bei hohem Oberwasser („Szenario HQ“, 1.500 m<sup>3</sup>/s) befindet sich die obere Grenze der Brackwasserzone im Ist-Zustand ca. 30 km weiter stromab als bei niedrigem Oberwasser. Weiter stromab ist der Einfluss erhöhter Oberwasserabflüsse geringer, die Brackwasserzone wird quasi gestaucht und die Isohalinen liegen dichter beieinander.

Die vorhabensbedingten Veränderungen des maximalen Salzgehaltes betragen bei hohem Oberwasser maximal 1,4 PSU (km 713). Im Bereich von km 690 bis km 730 beträgt die Zunahme mehr als 0,1 PSU. Die vorhabensbedingten Veränderungen sind bei hohem Oberwasser größer als bei niedrigem Oberwasser, werden aber weiter seewärts eintreten und ausschließlich die Wasserkörper Übergangsgewässer und Küstengewässer betreffen, mithin Bereiche mit im Ist-Zustand drastischen Salinitätsschwankungen.

Im Folgenden werden die von der BAW prognostizierten vorhabensbedingten Veränderungen der Salzgehalte und der Salzgehaltsvariation differenziert für die einzelnen Wasserkörper gemäß WRRL beschrieben und bewertet. Mögliche Auswirkungen auf die Zielerreichung bei den physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten gem. WRRL werden benannt. Die angegebenen Veränderungen beziehen sich auf das Szenario mit niedrigem Oberwasserabfluss, bei dem Brackwasser in der Tideelbe weiter stromaufwärts vordringen kann.

Eine Bewertung des Ist-Zustandes erfolgte (Kapitel 2.5) nicht, da variable Salzgehalte (regelmäßig im Wasserkörper Übergangsgewässer, bei extremen Witterungs- und Abflußverhältnissen auch oberhalb) ästuartypisch sind und sich die WRRL nur mit anthropogenen Salzgehalten befasst. Hier wird deshalb lediglich abgestellt auf ein ggf. vorhabensbedingt zu erwartendes Vordringen von Salz in Bereiche des Ästuars, die bisher limnisch geprägt sind, also die Wasserkörper Elbe (Ost), Hafen und (eingeschränkt) Elbe (West).

#### Wasserkörper Elbe (Ost) (Wehr Geesthacht bis Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke, km 586,0 - 615,0)

Gemäß BAW (Unterlage H.1a) sind im Wasserkörper Elbe (Ost) keine vorhabensbedingten Veränderungen der Salzgehalte und der Salzgehaltsvariation, mithin also keine anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen auf die Salinität zu erwarten.

#### Wasserkörper Hafen (Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke bis Mühlenberger Loch, km 615,0 - 635,0)

Gemäß BAW (Unterlage H.1a) sind im Wasserkörper Hafen keine vorhabensbedingten Veränderungen der Salzgehalte und der Salzgehaltsvariation, mithin also keine anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen auf die Salinität zu erwarten.

#### Wasserkörper Elbe (West) (Mühlenberger Loch bis Schwinge-Mündung, km 635,0 - 654,9)

Bis km 650 sind gemäß BAW (Unterlage H.1a) keine vorhabensbedingten Veränderungen der Salzgehalte zu erwarten. Zwischen km 650 und 655 werden von der BAW sehr geringe Veränderungen prognostiziert. Bei km 655 liegen die vorhabensbedingten Veränderungen sowohl des mittleren als auch des maximalen Salzgehaltes deutlich unter 0,1 PSU (siehe Unterlage H.1a, Anlage 2, Bilder 178 und 198). Vorhabensbedingte Veränderungen des minimalen Salzgehaltes sind der BAW zufolge nicht zu erwarten.

Bei den o.g. Abbildungen 178 und 198 handelt es sich um fein skalierte Differenzdarstellungen (0,2 PSU-Schritte, Spreizung der Skala von -1 bis +1 PSU). Die berechneten vorhabensbedingten Veränderungen der Salinitätsparameter zwischen km 650 und 655 unterschreiten den von der BAW definierten Schwellenwert für vorhabensbedingte Salinitätsveränderungen von 0,2 PSU (Unterlage H.1a, Tabelle 5). Es handelt sich bei den modellierten Veränderungen nicht um in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen. Die o.g. Veränderungen sind in den auf die Topographie Bezug nehmenden Abbildungen der BAW (Unterlage H.1a, Anlage 4) auch nicht dargestellt.

Die vorhabensbedingte Zunahme des maximalen Salzgehaltes (bei niedrigem Oberwasser: 350 m<sup>3</sup>/s) reicht in diesen Abbildungen bis ca. km 668 nach oberstrom (Wasserkörper Übergangsgewässer) und erfasst zudem lediglich den Bereich der Strommitte<sup>57</sup>.

Die o.g. modellierten Veränderungen sind insgesamt ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf die Salinität im Wasserkörper Elbe (West) hervorzurufen.

#### Wasserkörper Übergangsgewässer (Schwinge-Mündung bis Kugelbake, km 654,9 –727,0)

Die vorhabensbedingten Veränderungen der mittleren Salzgehalte im Wasserkörper Übergangsgewässer sind in Tabelle 3.2-1 getrennt nach den von der BAW unterschiedenen 10-km-Abschnitten dargestellt: Man beachte: die dort angegebene mittlere Salzgehaltsvariation im Analysezeitraum ist deutlich kleiner als die in der Natur auftretende Variation bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen und Oberwasser, die bezogen auf Min/Max-Werte den Faktor 30 überschreitet. Oberhalb von km 670 (Bielenberg) liegen die vorhabensbedingten Veränderungen der mittleren Salzgehalte unter dem von der BAW definierten Schwellenwert für vorhabensbedingte Salinitätsveränderungen von 0,2 PSU (vgl. Unterlage H.1a, Tabelle 5).

Unterhalb von km 670 werden über den Schwellenwert hinausgehende vorhabensbedingte Veränderungen von bis zu 0,7 PSU prognostiziert. Vor dem Hintergrund der vorhandenen mittleren Salzgehalte und der großen natürlichen Variation der Salzgehalte im Wasserkörper Übergangsgewässer sind die modellierten Veränderungen ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf die Salinität im Wasserkörper Übergangsgewässer hervorzurufen.

**Tabelle 3.2-1: Ausbaubedingte Änderungen der mittleren Salzgehalte im Wasserkörper Übergangsgewässer (vgl. Unterlage H.1a)**

Abschnitt	mittlerer Salzgehalt		mittlere Salzgehaltsvariation	
	Ist-Zustand	Ausbaubedingte Änderung	Ist-Zustand	ausbaubedingte Änderung
km 650 - 660	0,2 PSU	0,0 PSU	0,0 bis 0,2 PSU	0,0 bis +0,1 PSU
km 660 - 670	0,2 bis 0,7 PSU	0,0 bis +0,1 PSU	0,1 bis 1,4 PSU	+0,1 bis +0,3 PSU
km 670 - 680	0,4 bis 2,0 PSU	+0,1 bis +0,3 PSU	0,6 bis 3,9 PSU	+0,3 bis +0,5 PSU
km 680 - 690	1,0 bis 4,5 PSU	+0,3 bis +0,5 PSU	2,1 bis 6,6 PSU	+0,4 bis +0,5 PSU
km 690 - 700	2,8 bis 8,1 PSU	+0,5 bis +0,7 PSU	4,7 bis 9,9 PSU	+0,1 bis +0,5 PSU
km 700 - 710	5,9 bis 12,4 PSU	0,5 bis 0,7 PSU	6,6 bis 12,0 PSU	0,0 bis +0,2 PSU
km 710 - 720	10,3 bis 17,3 PSU	-0,2 bis +0,6 PSU	8,2 bis 11,9 PSU	-0,3 bis +0,2 PSU

Erläuterungen: PSU = practical salinity unit

<sup>57</sup> Zudem treten sowohl im Ist-Zustand, wie auch nach Durchführung der hier zu beurteilenden Maßnahme die maximalen Salzgehalte bei Sturmzeiten und gleichzeitig niedrigem Oberwasser auf. Dabei wird der Wasserkörper Elbe (West) gänzlich mit salzhaltigem Wasser beaufschlagt.

Wasserkörper Küstengewässer (Kugelbake bis Scharhörn, km 727,0 - 746,3) und UG bis km 756

Die im Wasserkörper Küstengewässer von der BAW prognostizierten vorhabensbedingten Veränderungen der Salzgehalte und der Salzgehaltsvariation sind in Tabelle 3.2-2 zusammengefasst.

**Tabelle 3.2-2: Ausbaubedingte Änderungen der Salzgehalte im Wasserkörper Küstengewässer (Unterlage H.1a)**

	Ist-Zustand	ausbaubedingte Änderung
<b>mittlerer Salzgehalt</b>	15,5 bis 21,7 PSU	0,0 bis +0,2 PSU
<b>maximaler Salzgehalt</b>	20,5 bis 25,8 PSU	0,0 bis +0,1 PSU
<b>minimaler Salzgehalt</b>	9,1 bis 16,5 PSU	-0,1 bis +0,1 PSU
<b>Variation Salzgehalt</b>	8,3 bis 13,3 PSU	-0,3 bis +0,1 PSU

Erläuterungen: PSU = practical salinity unit

Die vorhabensbedingten Auswirkungen auf die betrachteten Parameter liegen überwiegend unter dem von der BAW definierten Schwellenwert für vorhabensbedingte Veränderungen (0,2 PSU). Wie oben für den Wasserkörper Übergangsgewässer beschrieben, sind die modellierten Veränderungen im Wasserkörper Küstengewässer, vor dem Hintergrund der im Ist-Zustand gegebenen mittleren Salzgehalte und der großen natürlichen Variation der Salzgehalte im Wasserkörper Küstengewässer gering und insgesamt ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf die Salinität im Wasserkörper Küstengewässer hervorzurufen.

**3.2.2.2 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Salinität in den Nebanelben**

Die Salzgehalte der Nebanelben durch die im Hauptstrom herrschenden Verhältnisse geprägt (Kapitel 2.3.3.3). Signifikante Salzgehaltsunterschiede zwischen Hauptstrom und Nebanelben treten im Ist-Zustand nicht auf. Die vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Salzgehalte in den Nebanelben können somit aus den in Kapitel 3.2.2.1 beschriebenen Veränderungen der Salzgehalte in den Wasserkörpern der Tideelbe abgeleitet werden.

- In den Nebanelben (sowie sonstigen Nebengewässern) der Wasserkörper Elbe (Ost), Hafen und Elbe (West) (Hahnöfer Nebanelbe/ Mühlenberger Loch, Lühesander Süderelbe) sind keine anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen auf die Salinität zu erwarten.
- In den Nebanelben des oberen Wasserkörpers Übergangsgewässer (Haseldorfer Binnenelbe, Pagensander Nebanelbe, Nebanelbe bei Schwarztonnensand) werden die modellierten Veränderungen unterhalb des von der BAW definierten Schwellenwertes liegen und in der Natur nicht mess- und beobachtbar sein. Anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen auf die Salinität sind in den genannten Gewässern nicht zu erwarten.

- Für die im Wasserkörper Übergangsgewässer liegende Glückstädter Nebenelbe sowie sonstige Nebengewässer und Nebenrinnen werden die vorhabensbedingten Veränderungen teils unterhalb des von der BAW definierten Schwellenwertes liegen, teils auch darüber, aber in jedem Fall in der Natur nicht mess- und beobachtbar sein. Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Salinität sind in den genannten Gewässern nicht zu erwarten.

### 3.2.2.3 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Salinität in den Nebenflüssen der Tideelbe

Die von der BAW prognostizierten Änderungen der Salzgehalte in den Nebenflüssen Stör, Freiburger Hafentriel und Oste sind in Tabelle 3.2-3 zusammengefasst. In den übrigen Nebenflüssen sind keine vorhabensbedingte Veränderungen bzw. allenfalls in der Natur nicht nachweisbare Veränderungen unterhalb des Schwellenwertes von 0,2 PSU zu erwarten.

Die genannten Gewässer münden sämtlich in die Brackwasserzone der Tideelbe, mithin dem Bereich maximaler Salzgehaltsvariation. Während bei Stör und Oste der Einfluss des Oberwassers hinzukommt, werden Wasserführung und Abflussgeschehen im Freiburger Hafentriel von den Verhältnissen in der Elbe dominiert. Die für die Mündungsbereiche von Stör und Oste angegebenen Zunahmen der Salzgehalte klingen nach oberstrom rasch ab und unterschreiten den Schwellenwert von 0,2 PSU.

Vor dem Hintergrund der im Ist-Zustand bestehenden mittleren Salzgehalte und der sehr starken natürlichen Variation der Salzgehalte sind die vorhabensbedingten Auswirkungen im Mündungsbereich von Oste und Stör sowie im Freiburger Hafentriel gering. Die modellierten Veränderungen sind insgesamt ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf die Salinität in den Nebenflüssen hervorzurufen.

**Tabelle 3.2-3: Ausbaubedingte Änderungen der Salzgehalte in der Mündung der Nebenflüsse (Unterlage H.1a)**

Nebenfluss	ausbaubedingte Änderung (Zunahme)		
	maximaler Salzgehalt	minimaler Salzgehalt	Variation Salzgehalt
Stör	0,4 PSU	0,3 PSU	0,3 PSU
Freiburger Hafentriel	0,6 PSU	0,5 PSU	0,3 PSU
Oste	0,4 PSU	0,1 PSU	0,2 PSU

Erläuterungen:

PSU = practical salinity unit

### 3.2.3 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt

Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt können theoretisch aus

- Veränderungen der Gewässermorphologie (Gewässertopographie und Gewässer-  
sohle),
- Veränderungen der Tidekennwerte (Tidewasserstände, Flut- und Ebbedauer,  
Strömungsgeschwindigkeiten, Laufzeit/Verweilzeit),
- Veränderungen der Morphodynamik und der Sedimenttransporte sowie
- Veränderungen der Unterhaltungsbaggerungen

resultieren.

Nachfolgend wird zunächst erläutert, ob und wie sich diese Wirkfaktoren auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt der Tideelbe auswirken können. Wirkfaktoren, die ungeeignet sind, mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt der Tideelbe zu haben, werden als nicht bewertungsrelevant benannt und anschließend nicht mehr behandelt.

Soweit das Vorhaben dagegen geeignet ist, mess- und beobachtbare anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt auszulösen, werden in Kapitel 3.2.3.1 ff. differenziert für die einzelnen Wasserkörper gemäß WRRL beschrieben und bewertet. Ggf. zu erwartende Auswirkungen auf die Zielerreichung bei den physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL werden benannt.

#### Veränderungen der Gewässermorphologie

Für den Sauerstoffhaushalt sind die nachfolgend aufgeführten vorhabensbedingten Veränderungen der Gewässermorphologie von theoretischer Bedeutung.

- Zunahme der Wassertiefe durch Anpassung der Zufahrten Parkhafen, Waltershofer Hafen und Vorhafen an die Ausbautiefen der zukünftigen Fahrrinne
- Zunahme der Wassertiefe durch Vertiefung und Verbreiterung der Fahrrinne (Querschnittsaufweitung), durch Herstellung der Begegnungsstrecke und durch Herstellung des Warteplatzes Brunsbüttel
- Verringerung der Wassertiefe durch Anlage von UWA, Übertiefenverfüllungen und Umlagerungen
- Verlust von Flachwasser durch Uferverspülungen

Auf den Nährstoffhaushalt wirken diese Veränderungen nur indirekt und können, analog zu den Ausführungen in Unterlage H.2b, bereits vorab als „nicht bewertungsrelevant“ eingestuft werden. Dies gilt für den mit den o.g. Veränderungen verbundenen direkten Eintrag von Nähr- und Schadstoffen in den Wasserkörper bei Abtrag, Umlagerung und Ablagerung von Sedimenten. Dies gilt ferner für indirekte Auswirkungen auf die Freisetzung von Nährstoffen durch Änderungen des physikalisch-chemischen Milieus der Sedimente. Eine weitere Befassung erfolgt nicht, fallweise werden jedoch erläuternde Hinweise gegeben.

### Zunahme der Wassertiefen mit Vergrößerung des Verhältnisses Wasseroberfläche / Wasservolumen (Sauerstoffhaushalt)

Eine Zunahme der Wassertiefe bei gleichbleibender Wasseroberfläche kann sich ungünstig auf den Sauerstoffhaushalt auswirken, weil die Reduzierung der spezifischen Oberfläche des Wasserkörpers eine Reduzierung des atmosphärischen Sauerstoffeintrags bewirkt. Das Verhältnis von Wasseroberfläche zu Wasservolumen wird als spezifische Wasseroberfläche bezeichnet. Da vermeintliche Vorhabenswirkungen auf diesen Parameter gerne hervorgehoben werden, wird hier geprüft, in welchem Ausmaß tatsächlich Auswirkungen zu erwarten sind und ob ggf. eine weitergehende Befassung notwendig ist.

Die spezifische Wasseroberfläche variiert im UG tidebedingt regelmäßig (deterministische Komponente) sowie witterungsbedingt unregelmäßig (stochastische Komponente durch Beeinflussung von Oberwasser und Tidegeschehen) in beträchtlichem Ausmaß (s.u.). Mit zunehmender Wassertiefe vergrößert sich der Anteil der für eine positive Nettophotosynthese unzureichende Anteil des Wasserkörpers (disphotische Zone)<sup>58</sup> gegenüber dem hinreichend durchlichteten Anteil (euphotische Zone)<sup>59</sup>. Bergemann et al. (1996) geben die Mächtigkeit der euphotischen Zone mit nur ca. 1 m Wassertiefe an und weisen darauf hin, dass 50 bis 70 % Absorption der Globalstrahlung in den obersten 10 cm des Wasserkörpers „oftmals“ vorkommen. Die Folge ist eine Lichtlimitierung des Phytoplanktons und infolgedessen eine starke Abnahme des biogenen Sauerstoffeintrags die etwa den Übergang vom Wasserkörper Elbe (Ost) in den Wasserkörper Hafen markiert (vgl. Kapitel 2.3.4.1).

ARGE ELBE (2004c) gibt eine kurze Analyse zum „Sauerstoffhaushalt der Tideelbe“ mit überschlägigen Prognosen zu den Auswirkungen verschiedener Vorhaben. Konkreter Bezug auf die oben wiederholt zitierte Modellierung des Sauerstoffhaushaltes (Bergemann et al. 1996) wird dabei nicht genommen und kann auch hier nicht konkret genommen werden. Es handelt sich dabei um ein stark vereinfachtes Modell, das nicht geeignet ist, die Auswirkung gewässermorphologischer Veränderungen (Fahrrinnenanpassung) zu ermitteln. Die Autoren stellen dazu fest, dass mittels des Modells die „Bedeutung einzelner Prozesse für die Sauerstoffbilanz und die Gründe für das Zustandekommen des Sauerstoff-Minimums besser als bisher zu bewerten“ sind, die „absoluten Werte der modellierten Konzentrationen“ jedoch mit „großen Unsicherheiten behaftet“ sind.

Die von ARGE ELBE vorgenommene Abschätzung der Einflüsse verschiedener Maßnahmen auf den Sauerstoffhaushalt der Elbe bei Hamburg im Sommer nimmt, zurückgehend bis in die 1980er Jahre, eine Einschätzung der jüngeren Historie vor und schätzt den Effekt aus der „Verringerung der Vorbelastung Anfang der 1990er Jahre“ mit +3 mg/l O<sub>2</sub>, was durch den „Anstieg der Sekundärverschmutzung in den 1990er Jahren“ mit -2 mg/l O<sub>2</sub> jedoch fast wieder aufgewogen wird. Die „teilweise Zuschüttung des Mühlenberger Lochs (ohne Ausgleich)“ wird mit -0,1 bis -0,2 mg/l O<sub>2</sub> abge-

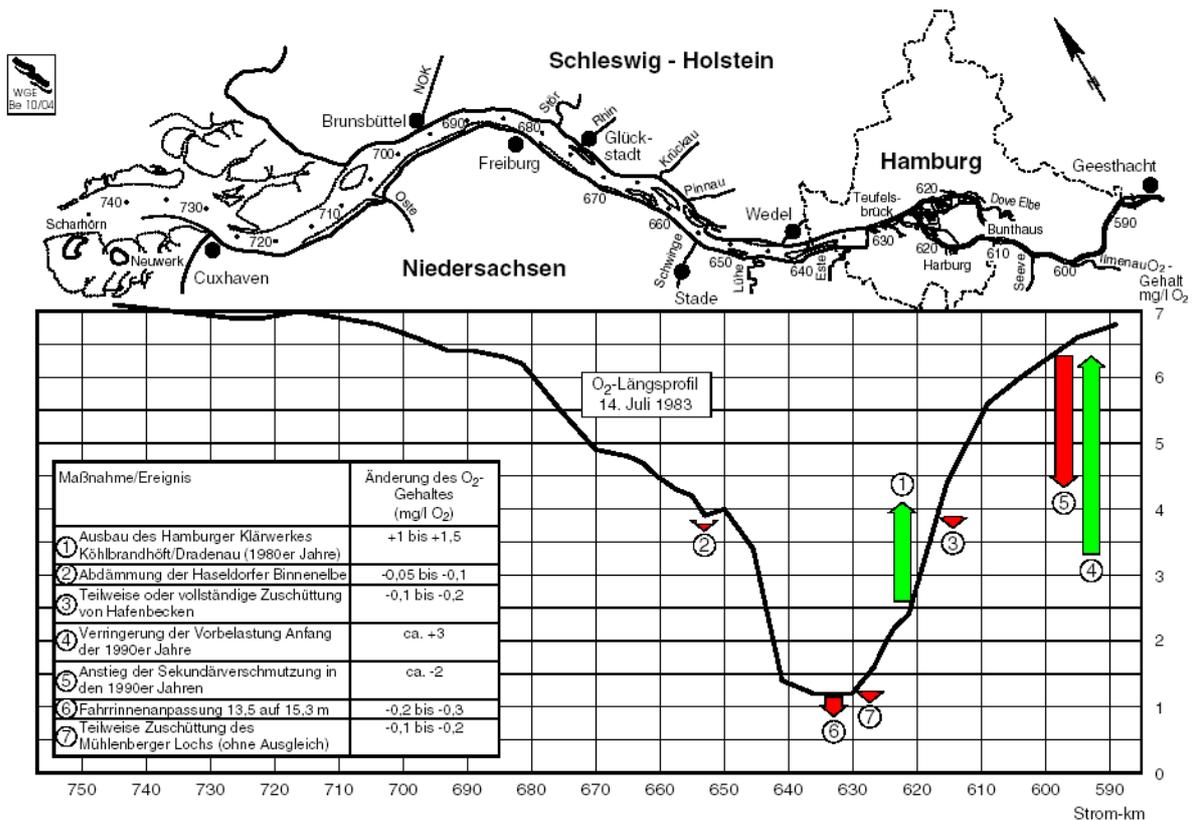
<sup>58</sup> Disphotische Zone: es wird mehr Energie durch die Pflanzenatmung verbraucht, als durch die Photosynthese produziert werden kann

<sup>59</sup> Euphotische Zone: Wassertiefe, in die noch ein Prozent des an der Oberfläche gemessenen Lichtes vordringt und in der eine positive Primärproduktion möglich ist.

schätzt. Diese Effekte sind in den vorliegenden Daten zum Sauerstoffhaushalt der letzten Jahre enthalten und werden zumindest insofern qualitativ bestätigt, als dass in den Sommermonaten regelmäßig Sauerstoffdefizite (teils mit begleitenden Fischsterben) in den Wasserkörpern Hafen und Elbe (West) zu verzeichnen waren (vgl. Kapitel 2.3.4.2.), auch der untere Bereich des Wasserkörpers Elbe (Ost) wurde davon erfasst.

Eine „teilweise oder vollständige Zuschüttung von Hafenbecken“ wird mit -0,1 bis -0,2 mg/l O<sub>2</sub> abgeschätzt, eine „Fahrrinnenanpassung 13,5 auf 15,3 m“ mit -0,2 bis -0,3 mg/l O<sub>2</sub>. ARGE Elbe (2004c) erläutert dazu: „Auch eine Flussvertiefung wirkt sich negativ auf den Sauerstoffhaushalt aus, weil sich die spezifische Wasseroberfläche (Verhältnis von Oberfläche zu Tiefe) verringert. Die gleiche Wasseroberfläche muss dann einen größeren Wasserkörper mit Sauerstoff versorgen. Eine Vertiefung verlängert außerdem die Verweilzeit des Wassers. Damit vergrößert sich die Abbaumenge von sauerstoffzehrenden Stoffen an einem betrachteten Querschnitt. [...] Die durch die Vertiefung erhöhte maximale Flutstromgeschwindigkeit führt zu einem verstärkten Stromauftransport von Schwebstoffen/Sedimenten.“

Abbildung 3.2-1 zeigt die betreffende graphische Darstellung in ARGE ELBE (2004c). Die Darstellung ist quasi halbquantitativ, ordnet die einzelnen Maßnahmen jedoch neben den im Text genannten Wirkungsgrößen auch topographisch ein.



**Abbildung 3.2-1: Abschätzung des Einflusses verschiedener Maßnahmen auf den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe im Sommer**

Es werden drei für Veränderungen des Sauerstoffhaushaltes bei einer Flussvertiefung (hier: Fahrrinnenanpassung) relevante Wirkfaktoren benannt:

- Verringerung der spezifischen Wasseroberfläche (1),
- Akkumulation zehrungsfähigen Materials (2) infolge längerer Verweilzeit des Wassers und
- verstärkter Stromauftransport von Schwebstoffen/Sedimenten infolge erhöhter maximaler Flutstromgeschwindigkeit (3).

Die drei Wirkfaktoren sind hinsichtlich ihrer konkreten Bedeutung für das hier zu beurteilende Vorhabens zu untersuchen. ARGE ELBE (2004c) macht Tiefenangaben, nennt aber kein konkretes Vorhaben (vermutlich ist die letzte Fahrrinnenanpassung gemeint). Das hier zu beurteilende Vorhaben war seinerzeit allenfalls aus der Machbarkeitsstudie bekannt (BAW 2003a), wurde seither jedoch im Verlauf des Planungsprozesses weitgehend optimiert. Nachfolgend wird der Wirkfaktor (1) betrachtet, auf (2) und (3) wird weiter unten eingegangen.

#### Verringerung der spezifischen Wasseroberfläche (1)

Zu prüfen ist, inwieweit die spezifische Wasseroberfläche vorhabensbedingt verändert wird. Dies wird konservativ in einem besonders ungünstigen Bereich im oberen Abschnitt des Wasserkörpers Elbe (West) vorgenommen. Um die Begegnung tideabhängig einlaufender Massengutschiffe mit tideabhängig auslaufenden Containerschiffen zu ermöglichen, ist von km 644 (Ausgang Lühekurve) bis km 636 (Blankenese) eine Begegnungsstrecke mit einer Fahrrinnenbreite von 385 m geplant.

Es werden an fünf aufeinanderfolgenden Kilometern (635 bis 639) jeweils 10 Querschnittsprofile im Abstand von 10 m betrachtet (Tabelle 3.2-4). Weiter unterhalb werden die Verhältnisse günstiger, die Elbe weitet sich auf und es steht mehr Wasseroberfläche/Volumen zur Verfügung (das spezifische Wasservolumen wird kleiner). Deshalb wurde die Ermittlung auf den o.g. Bereich beschränkt.

Aus den Querschnittsprofilen werden Wasservolumina für 100 m-Abschnitte zwischen der Sohle (Sohllage 2004<sup>60</sup>) und dem Wasserstand bei Thw (NN +1,90 m) und Tnw (NN -1,30 m) ermittelt. Die Differenz beider Volumina ist das Volumen der Tidelamelle, das zu Vergleichszwecken herangezogen werden kann. Die Volumina beziehen sich im übrigen nur auf den Wasserkörper bis zum Ende der Peildaten an beiden Elbufern (Südufer = Nordufer Hanskalbsand/Neßsand). Das tatsächliche Volumen der Tidelamelle ist also größer als hier berechnet.

Die für den Ausbau notwendigen Aushubmengen in den 100 m-Abschnitten wurden berechnet (ausgehend von der Sohle 2004) und mit dem Volumen der Tidelamellen und dem Gesamtvolumen bei NN+1,90 m verglichen. Die Daten zeigen folgendes:

Im Ist-Zustand ist das Verhältnis von Wasseroberfläche / Wasservolumen sehr ungünstig. Bergemann et al. geben beispielhaft für die Mittelelbe  $> 0,3 \text{ m}^2/\text{m}^3$  (bei geringem Abfluß/Niedrigwasser teils  $> 1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ) an und für die Unterelbe ca.  $0,1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Die

<sup>60</sup> Die Sohle 2004 wurde benutzt, da die Peildaten hier am weitesten in die Uferbereiche reichen.

Angabe zur Unterelbe wird hier deutlich unterschritten. Es treten bei Thw Verhältnisse im Bereich  $0,06 \text{ m}^2/\text{m}^3$  (km 635, 636) und  $0,07 \text{ m}^2/\text{m}^3$  (km 637, 638, 639) auf, bei Tnw im Bereich  $0,07 \text{ m}^2/\text{m}^3$  (km 635, 636) und  $0,08 \text{ m}^2/\text{m}^3$  (km 637, 639). Lediglich das Profil km 638 fällt bei Tnw in den o.g. Bereich  $0,1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Damit ist nochmals belegt, dass hier ein Elbabschnitt mit besonders ungünstiger spezifischer Wasseroberfläche betrachtet wird.

Das im Ist-Zustand gegebene ungünstige Verhältnis von Wasseroberfläche / Wasservolumen wird durch die Anlage der Begegnungsstrecke nur geringfügig beeinflusst. Die Spalte ganz rechts in der Tabelle 3.2-4 (grau unterlegt) weist bei Thw in den untersuchten 100 m-Abschnitten vorhabensbedingte Zunahmen des Wasservolumens von 0 bis 7 % aus, wobei letztere lediglich in einem Abschnitt (km 638 bis 638+100) auftreten. Bei Tnw ändern sich die Verhältnisse vorhabensbedingt in ähnlichem Ausmaß (0 bis 9 %).

Die tidebedingten Schwankungen der Wasserstände im Ist-Zustand betragen dagegen 19 bis 23 %.

In absoluten Zahlen ändert sich das Verhältnis Wasseroberfläche / Wasservolumen am maximal beeinflussten Profil bei km 638 bei Thw vorhabensbedingt von  $0,073 \text{ m}^2/\text{m}^3$  zu  $0,069 \text{ m}^2/\text{m}^3$  (Hinweis: die Angabe von drei Stellen hinter dem Komma ist fachlich unsinnig und dient hier lediglich der Verdeutlichung marginaler Veränderungen). Dies ist eine relative Änderung der spezifischen Wasseroberfläche bei Thw von ca. 5 %. Bei Tnw ergibt sich eine Änderung von  $0,095 \text{ m}^2/\text{m}^3$  zu  $0,088 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Dies ist eine relative Änderung der spezifischen Wasseroberfläche bei Tnw von ca. 7 %.

Man beachte: diese Änderungen treten lediglich in einem Abschnitt von ca. 2 km Länge auf, bezogen auf die Wasserkörper Hafen oder Elbe (West) sind die Änderungen  $< 1 \%$ .

Abschließender Hinweis: Tendenziell würde ein Absink von Tnw oder Thw phasenweise das Verhältnis von Wasseroberfläche / Wasservolumen verkleinern, ein Anstieg dagegen vergrößern. Vorhabensbedingte Auswirkungen auf die Tidewasserstände resultieren jedoch lediglich in Änderungen der spezifischen Wasseroberfläche im Promillebereich und sind irrelevant (zudem „wirken“ im Bereich Elbe (West) und Hafen der prognostizierte Anstieg von Thw und der Absink von Tnw gegenläufig).

Daraus folgt: die vorhabensbedingten Veränderungen des Ist-Zustandes bewegen sich auch in dem untersuchten, besonders ungünstigen Abschnitt km 635 bis 639, im einstelligen Prozentbereich, Änderungen  $> 5 \%$  werden lediglich bei einem von 10 Profilen erreicht. Die Veränderung der spezifischen Wasseroberfläche (Wirkfaktor 1 aus ARGE ELBE 2004c) ist im konkreten Fall ungeeignet, mess- und beobachtbare Veränderungen des Sauerstoffhaushaltes auszulösen.

Dies gilt umso mehr für sonstige Teilmaßnahmen (Unterwasserablagerungsflächen, Anlage des Warteplatzes Brunsbüttel, Übertiefenverfüllungen), die sowohl Verkleinerungen als auch Vergrößerungen der spezifischen Wasseroberfläche bewirken. Die vorhabensbedingten Veränderungen bewegen sich dort im Bereich  $< 1 \%$  und sind in Bereichen vorgesehen, die mangels zehrungsfähiger Schwebstoffe nicht von Sauerstoffmangelzuständen betroffen sind (bzw. sein können).

**Tabelle 3.2-4: Vorhabensbedingte Veränderung des Verhältnisses von Wasseroberfläche und Wasservolumen im Bereich von Fahrrinnenkilometer 635 bis 639**

Station			Volumen von Sohle bis		Vorhabens- bedingter Aushub <sup>3)</sup>	Gesamtvolumen zu	
von	bis	Profil- breite (m <sup>2</sup> )	NN +1.90 m	NN -1.30 m		Tidevolumen	Vertiefung
Fahrrin- nen-km	Fahrrin- nen-km			m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	Anteil ( %) <sup>1)</sup>
635+000	635+100	ca. 500	817.136	654.428	50	20	0
636+000	636+100	ca. 500	818.489	661.496	584	19	0
637+000	637+100	ca. 650	970.508	774.224	45.091	20	5
638+000	638+100	ca. 650	885.513	681.885	60.680	23	7
639+000	639+100	ca. 650	977.464	770.074	21.659	21	2

Erläuterungen: <sup>1)</sup> alle %-Angaben gerundet, <sup>2)</sup> ca.-Angaben, <sup>3)</sup> bezogen auf das jeweilige Einzelprofil

#### Erhöhung der Gewässersohle durch Anlage von UWA, Ufervorspülungen, Übertiefenverfüllung und Umlagerungen

Die geplanten UWA werden sich tendenziell positiv auf den Sauerstoffhaushalt auswirken. Durch die Abnahme der Wassertiefe im Bereich der UWA wird der physikalische Sauerstoffeintrag lokal erhöht, weil sich die spezifische Wasseroberfläche vergrößert. Zudem werden das Lichtklima für das Phytoplankton lokal verbessert und damit der biogene Sauerstoffeintrag wird erhöht. Diese theoretisch zu erwartenden Auswirkungen sind jedoch, auf Grund der in Bezug zum Wasserkörper der Tideelbe geringen Ausdehnung der Maßnahmen, von minderer Bedeutung und werden nicht zu mess- und beobachtbaren Änderungen des Sauerstoffhaushaltes führen. Zudem sind die o.g. Maßnahmen, mit Ausnahme der Ufervorspülungen Wittenbergen (s. auch unten), Wisch (Lühesand) und Hetlingen (s. auch unten), in Abschnitten des UG geplant, die nicht von fischkritischen Sauerstoffmangelzuständen erfasst werden. Es handelt sich nicht um vorhabensbedingte Auswirkungen im Sinne der hier angewandten Methodik (s. Unterlage E, Kapitel 1), eine weitere Behandlung erfolgt nicht.

#### Verlust von Flachwasser durch Ufervorspülungen (Sauerstoffhaushalt)

Die geplanten Ufervorspülungen liegen zumeist zwischen MTnw bis kurz unterhalb MThw (zu den damit theoretisch verbundenen Auswirkungen s.o.). Bei den Vorspülungen in Hetlingen und Wittenbergen ist jedoch eine Auffüllung bis über MThw vorgesehen, es werden Wattflächen und Flachwasserbereiche in terrestrische Flächen umgewandelt. Der Verlust von Flachwasserbereichen<sup>61</sup> wirkt sich tendenziell ungünstig auf den Sauerstoffhaushalt aus. Das Argument oben gilt hier gleichermaßen: die theoretisch zu erwartenden Auswirkungen sind, auf Grund der in Bezug zum Wasserkörper der Tideelbe geringen Ausdehnung der Maßnahmen, von minderer Bedeutung und werden nicht zu mess- und beobachtbaren Änderungen des Sauerstoffhaushaltes führen. Es handelt sich nicht um vorhabensbedingte Auswirkungen im Sinne der hier

<sup>61</sup> Durch die Ufervorspülungen kommt es zu einer Umwandlung von 12,7 ha sublitoralen zu eulitoralen Bereichen sowie von 16,6 ha sub- und eulitoralen Bereichen zu terrestrischen Bereichen.

angewandten Methodik (s. Unterlage E, Kapitel 1), eine weitere Behandlung erfolgt nicht.

## **Veränderungen der Tidekennwerte**

### Veränderungen der Tidewasserstände

Die zu erwartenden vorhabensbedingten Veränderungen der Tidewasserstände werden von der BAW in Unterlage H.1a beschrieben und dargestellt. Das mittlere Tidehochwasser (MThw) sinkt im Elbabschnitt zwischen Altenbruch und Brokdorf um bis zu 2 cm ab und steigt im Abschnitt Glückstadt bis Geesthacht 2 cm bis 3 cm an. Die maximale Erhöhung liegt im Bereich Stadersand bis Wedel. Das mittlere Tideniedrigwasser (MTnw) sinkt gemäß Unterlage H.1a (vgl. Anlage 2, Abb. 18) seewärts Otterndorf um bis zu 3 cm ab. Im Abschnitt Otterndorf bis Brunsbüttel steigt das MTnw um bis zu 2 cm an und sinkt im Abschnitt Glückstadt bis Geesthacht um bis zu 4 cm ab. Das Minimum liegt etwa bei St. Pauli. Die Änderungen des Tidehubes (vgl. Anlage 2, Abb. 34) ergeben sich aus den vorgenannten Wasserstandsänderungen mit bis zu 6 cm Erhöhung (zwischen Wedel und St. Pauli) und 4 cm Verminderung (Bereich Otterndorf).

Veränderungen der Tidewasserstände wirken sich theoretisch auf die Größe von Wattflächen und Flachwasserbereichen aus. Ein Absinken des MTnw kann eine Ausdehnung der Wattflächen zu Lasten der Flachwasserbereiche zur Folge haben, verbessert aber auch das Verhältnis von Wasseroberfläche/Wasservolumen. Durch das Vorhaben induzierte und eindeutig dem Vorhaben zuzuordnende Veränderungen der Ausdehnung von Flachwasserbereichen und Wattflächen werden sich auf Grund eines Absinks des MTnw um maximal 4 cm nicht beobachten lassen. Die prognostizierten Veränderungen der Tidewasserstände liegen innerhalb der derzeit auftretenden (bzw. in der Vergangenheit beobachteten) Schwankungsbreite. Für Folgewirkungen auf den Sauerstoffhaushalt gilt dies umso mehr. Die zu erwartenden Änderungen der spezifischen Wasseroberfläche bewegen sich im Promillebereich und sind ohne Relevanz. Es handelt sich nicht um vorhabensbedingte Auswirkungen im Sinne der hier angewandten Methodik (s. Unterlage E, Kapitel 1), eine weitere Behandlung erfolgt nicht.

### Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeiten

Eine Veränderung der Strömungsgeschwindigkeiten wirkt sich theoretisch über die Beeinflussung der Turbulenz auf die Wiederbelüftungsrate aus. BfG (2004) weist darauf hin, dass bei Zunahmen der Strömungsgeschwindigkeit tendenziell mit einer Zunahme des atmosphärischen Sauerstoffeintrags zu rechnen ist. Konkret müsste eine vorhabensbedingte mess- und beobachtbare Änderung der turbulenten Diffusion eintreten, die im Ist-Zustand, abhängig vom tatsächlich eintretenden Tidegeschehen, hochvariabel ist. Die u.a. von den Fließgeschwindigkeiten und der Gewässermorphologie abhängige Turbulenz<sup>62</sup> beeinflusst sowohl den Transport des atmosphärisch

---

<sup>62</sup> Räumlich und zeitlich ungeordnete Strömung eines Gases oder einer Flüssigkeit.

(physikalisch) eingetragenen Sauerstoffs (s. Kapitel 2.3.4.1) als auch des Phytoplanktons in tiefere Wasserschichten (Konvektion - durch Dichte-, Temperatur- und Konzentrationsunterschiede hervorgerufener Auf- oder Abtrieb des Fluids - ist im UG von minderer Bedeutung).

Ein beachtlicher Turbulenzeintrag erfolgt im UG jedoch, insbesondere in den Wasserkörpern Hafen und Elbe (West), auch durch den ständigen Betrieb zahlreicher Schiffsgefäße (Bildung von primären und sekundären Schiffswellen, Wellenreflexionen, Wellenüberlagerungen, ständige Ausbildung von Wirbeln). Weiter unterhalb gewinnen windbürtige Wellen an Einfluss; Bergeman et al. (1996) weisen darauf hin, dass in ihrem vereinfachten Modell ein „Sauerstoffminimum durch Windereignisse schnell aufgefüllt werden kann“ (der o.g. anthropogene Turbulenzeintrag wird von Bergemann et al. nicht explizit erwähnt).

Die zu (modellierten) vorhabensbedingten Veränderungen der Tideströmungsgeschwindigkeiten werden in Unterlage H.1a beschrieben. Die Änderungen der mittleren Flutstromgeschwindigkeit (vgl. Anlage 2, Abb. 43) betragen bis ca. 0,10 m/s. Im Bereich Otterndorf werden bis +0,11 m/s (Ist-Zustand 0,85 - 1,03 m/s) prognostiziert, ober- und unterhalb werden die Änderungen kleiner und es tritt eine Abnahme der mittleren Flutstromgeschwindigkeit auf. Diese erreicht ihr Maximum um -0,10 m/s (Ist-Zustand 0,69 bis 0,95 m/s) im Bereich St. Pauli bis Wedel, weiter nach oberstrom gehen die Änderungen alsbald gegen Null. Die Änderungen der mittleren Ebbstromgeschwindigkeit (vgl. Anlage 2, Abb. 98) bewegen sich in gleicher Größenordnung, die Zu- und Abnahmen treten in den gleichen Bereichen auf.

Die Bandbreite der im Ist-Zustand auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten und der damit verbundenen turbulenten Diffusion von Sauerstoff wird jedoch durch die vorhabensbedingten Änderungen nicht verlassen. Mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt sind durch die Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten im Wasserkörper Elbe (West) nicht zu erwarten, da erstens der anthropogene Turbulenzeintrag hier bereits im Ist-Zustand beachtlich ist (und innerhalb des Prognosezeitraumes durch zunehmende Schiffsverkehre noch zunehmen wird). Zweitens wird es auch nicht zu einem für den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt relevanten verstärkten Stromauftransport von Schwebstoffen/Sedimenten infolge erhöhter maximaler Flutstromgeschwindigkeit kommen (Wirkfaktor 3 aus ARGE ELBE 2004c, s.o.). Von Belang wäre der Transport zehrfähigen organischen Materials nach oberstrom in die Wasserkörper Elbe (West) und Hafen. Derartiges Material ist jedoch weiter flußab gar nicht verfügbar, die von BAW bei niedrigem Oberwasser beschriebene Transportkette nach oberstrom („Kaskade stromaufwärts gerichteter Netto-Transporte suspendierter Sedimente“) transportiert Sand und Schluff. Es handelt sich bei den Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeiten im Hinblick auf den Sauerstoffhaushalt nicht um vorhabensbedingte Auswirkungen im Sinne der hier angewandten Methodik (s. Unterlage E, Kapitel 1), eine weitere Behandlung erfolgt nicht.

### Veränderungen der Flut- und Ebbedauer und der Laufzeit

Die von der BAW prognostizierten ausbaubedingten Änderungen der Flut- und Ebbedauern<sup>63</sup> betragen  $\pm 3$  Minuten (vgl. Unterlage H.1a, Anlage 2, Abb. 50 bzw. Abb. 66). Diese Änderungen sind so gering, dass daraus keine beachtlichen Auswirkungen auf die Verweilzeiten bzw. die Laufzeit eines Wasserteilchens resultieren können. Die Transportzeiten und -strecken der mit der Tide stromauf und stromab verlagerten Wasserkörper werden auch zukünftig im Wesentlichen vom Oberwasserzufluss abhängen und können sich oberwasserbedingt drastisch verändern. Die flushing time im Wasserkörper Übergangsgewässer variiert im Ist-Zustand sehr stark und beträgt (ARGE ELBE 2002, 2004a) bei niedrigem/mittlerem/hohem Oberwasser (ca. 250/700/1.200 m<sup>3</sup>/s) ca. 72/24/15(16) Tage.

Die (modellierten) vorhabensbedingten Änderungen der Flut- und Ebbedauern (sowie der Flut- und Ebbstromgeschwindigkeiten) sind dagegen vernachlässigbar gering und ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt hervorzurufen. Insbesondere ist keine Akkumulation zehrfähigen Materials (Wirkfaktor 2 aus ARGE ELBE 2004c, s.o.) infolge längerer Verweilzeit des Wassers zu erwarten. Es handelt sich nicht um vorhabensbedingte Auswirkungen im Sinne der hier angewandten Methodik (s. Unterlage E, Kapitel 1), eine weitere Behandlung erfolgt nicht.

### **Veränderungen der Morphodynamik und der Sedimenttransporte**

Die vorhabensbedingten Veränderungen der Morphodynamik und Sedimenttransporte sind in Kapitel 3.2.1 dargestellt. Die dort beschriebenen Veränderungen können sich theoretisch wie folgt auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt auswirken:

- Eine Erhöhung der Schwebstoffkonzentrationen kann insbesondere in Flachwasserbereichen die Lichtlimitierung des Phytoplanktons erhöhen und dadurch zu einer Reduzierung des biogenen Sauerstoffeintrags führen.
- Eine Zunahme der Sedimentation kann insbesondere im Bereich der Nebenelben zum Verlust von Flachwasserbereichen führen.

Für den Vergleichszustand weist die Simulation der BAW eine mittlere tiefengemittelte Suspensionskonzentration  $> 200$  mg/l (Maximum  $> 320$  mg/l) aus. Stromauf und stromab nehmen die Konzentrationen ab und erreichen Werte  $< 50$  mg/l im Bereich Osteriff (unterstrom) oder Mühlenberger Loch (oberstrom). Die ausbaubedingten Änderungen der Suspensionskonzentrationen bewegen sich zwischen  $+10$  mg/l (Zunahme) und  $-15$  mg/l (Abnahme) variierend entlang des Elbeästuars (vgl. Kapitel 2.3.2.2 zu höheren Konzentrationsangaben aus Naturmessungen).

Diese modellierten Veränderungen sind ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt hervorzurufen. Bergemann et al. (1996) weisen darauf hin, dass die Variation des Attenuationskoeffizienten<sup>64</sup>, entspre-

<sup>63</sup> Die Flutdauer ist der Zeitraum vom Eintrittszeitpunkt Tnw bis zum Eintrittszeitpunkt Thw, die Ebbedauer der Zeitraum von Thw bis Tnw.

<sup>64</sup> Lichtdämpfung im Wasserkörper

chend eines Schwebstoffgehaltes von ca. 20 bis 160 mg/l, nur von minderem Effekt für das „Zustandekommen des O<sub>2</sub>-Minimums“ ist; Schwebstoffgehalte > 50 mg/l (bei diesem Schwebstoffgehalt wird in 1,20 m Tiefe die 1 %-Lichttiefe erreicht) wirken sich, bedingt durch die große Wassertiefe nicht aus. Zudem wird die Mächtigkeit der euphotischen Zone mit nur ca. 1 m Wassertiefe angegeben (s.o.: 50 bis 70 % Absorption der Globalstrahlung in den obersten 10 cm des Wasserkörpers kommen „oftmals“ vor). An diesem im Ist-Zustand gegebenen Verhältnissen wird sich vorhabensbedingt nichts ändern. Davon abgesehen prognostiziert Unterlage H.1c (Anlage 1, Bilder 201, 203, 205) in den sommerlich sauerstoffkritischen Bereichen im Wasserkörper Elbe (West) von ca. km 644 bis km 647 keine vorhabensbedingte Veränderung der mittleren Schwebstoffkonzentration bzw. der Trübung. Weiter oberstrom werden bis ca. km 629 Abnahmen prognostiziert, lediglich in der Süderelbe oberhalb km 615 sind wieder Zunahmen angegeben (insgesamt sind in diesem Bereich also tendenziell positive Auswirkungen zu erwarten).

Geschiebetransport und Suspensionstransport im Vergleichs- und Ausbauzustand werden in Unterlage H.1c (Abschnitt 11.3. sowie Anlage 1) erläutert. Dabei wird Bezug genommen auf die Parameter, effektive Bodenschubspannung (Maximum, Mittelwert, Standardabweichung), Geschiebefracht (Flutstrom, Ebbestrom, residuell), Schwebstoffgehalt (Maximum, Mittelwert, Variation) sowie advektiver Schwebstofftransport (Flustrom, Ebbestrom, residuell).

Es werden schwache Zunahmen der mittleren Schwebstoffkonzentrationen in der Nebelbe am Schwarztonnensand, der Pagensander Nebelbe angegeben (vgl. Kapitel 3.1.2.2). Aufgrund der verhältnismäßig geringen Durchflussmengen kommt es jedoch nicht zu maßgeblichen Veränderungen der Netto-Transporte (die deswegen in den Abbildungen von Anlage 1 zu Unterlage H.1c auch nicht sichtbar werden).

Zusammenfassend ist davon auszugehen, dass es vor dem Hintergrund der bereits im Ist-Zustand „laufenden Sedimentationsprozesse“ nicht zu großräumigen Veränderungen der Flachwasser- und Wattanteile im Bereich Hahnöfer Nebelbe/Mühlenberger Loch (und den anderen Nebelben) kommt bzw. eine nennenswerte Beschleunigung von Verwattungs- und Verlandungsprozessen nicht stattfindet (s.a. Kapitel 3.2.1.2.).

Zu einer ggf. vorhabensbedingt veränderten Sedimentation in Flachwassergebieten gilt also, dass die modellierten Veränderungen ungeeignet sind, in der Natur mess- und beobachtbare Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt hervorzurufen.

### **Unterhaltungsaufwand nach Durchführung des Vorhabens**

Gemäß Unterlage B.2 gilt für die ausbaubedingte Veränderung der Unterhaltungsbaggermengen in der Tideelbe (zu den Nebenflüssen s.o.):

*„Eine etwaige ausbaubedingte Erhöhung der Unterhaltungsbaggermengen wird bei Annahme ungünstiger Verhältnisse von der BAW-DH mit ca. 10 % abgeschätzt (vgl. Unterlage H.1c). Grundannahme dieser Prognose ist, dass die derzeitige Strategie des Sedimentmanagements fortgesetzt wird.“*

Die ausbaubedingten Unterhaltungsbaggermengen werden also insgesamt zunehmen. Die BAW macht, basierend auf den Baggermengen der Jahre 2003 bis 2005,

weitergehende Aussagen zur vorhabensbedingten Veränderung des Unterhaltungsaufwandes. Diese sind weitgehend beschränkt auf die Zuständigkeitsbereiche von WSA Hamburg und WSA Cuxhaven, da oberhalb von Nienstedten keine nennenswerten Zunahmen erwartet werden (s.u.), betreffen aber auch den oberen Bereich der Begegnungstrecke, der zur Hamburger Delegationsstrecke gehört.

Für die genannten Zuständigkeitsbereiche gibt BAW eine „Bezugsbaggermenge“ im Ist-Zustand von 11,3 Mio m<sup>3</sup>/a an. In den Baggerabschnitten Wedel u. Wedeler Au (zukünftige Begegnungstrecke) wurden davon ca. 20 % (ca. 2,3 Mio m<sup>3</sup>/a) gebaggert. BAW-DH teilt ungefähre relative Angaben zu den zukünftigen Baggermengen mit und weist „mit Nachdruck“ darauf hin, dass „eine exakte Berechnung der zukünftigen Baggermengen“ nicht möglich ist. Dies ist begründet durch Modellunschärfen und nicht vorhersagbare hydrologische Verhältnisse während des Prognosezeitraumes (insbesondere den stochastisch geprägten Oberwasserzufluss). Tabelle 3.2-5 gibt einen Überblick.

Die tendenzielle Abnahme oberhalb Nienstedten (Hamburger Delegationsstrecke) steht unter dem Vorbehalt eines optimierten Sedimentmanagements. Dieses ist nicht Bestandteil des hier zu beurteilenden Vorhabens, nähere Angaben dazu liegen nicht vor.

Unterlage B.2 formuliert zur zukünftigen Unterbringung des gebaggerten Materials:

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

*Darüber hinaus kann bei Bedarf für Feinstsedimente aus der Unterhaltungsbaggerung Spülfeldkapazität in der Größenordnung 1,295 Mio. m<sup>3</sup> auf insgesamt 3 Spülfeldflächen (I - III) auf Pagensand in Anspruch genommen werden.“*

**Tabelle 3.2-5: Prognose der zukünftigen Baggermengen in den zu unterhaltenden Abschnitten (Unterlage H.1c)**

Abschnitt	Anteil der Baggerung an der Bezugsbaggermenge <sup>1)</sup> (Ist-Zustand 2003-05: 11,3 Mio. m <sup>3</sup> )	Anteil der Baggerung an der Bezugsmenge <sup>1)</sup> (Prognose-Zustand)
Begegnungstrecke	20 % (2,3 Mio. m <sup>3</sup> /a)	30 % (3,4 Mio. m <sup>3</sup> /a)
Rhinplate	3 % (0,3 Mio. m <sup>3</sup> /a)	6 % (0,7 Mio. m <sup>3</sup> /a)
Altenbruch	3 % (0,3 Mio. m <sup>3</sup> /a)	6 % (0,7 Mio. m <sup>3</sup> /a)
alle Abschnitte mit Vertiefungen u. Strömungszunahmen	Keine Angabe in Unterlage H.1c über den Anteil an der Bezugsbaggermenge im Ist-Zustand	Zunahme um +3 % (0,3 Mio. m <sup>3</sup> /a)
Oberhalb Nienstedten	dito	tendenzielle Abnahme <sup>2)</sup>
Osteriff/Neufeld Reede	dito	tendenzielle Abnahme

Erläuterungen: <sup>1)</sup> alle absoluten und relativen Zahlenwerte sind Ca.-Angaben

<sup>2)</sup> redaktionelle Mitteilung (nur bei optimiertem Sedimentmanagement, Reduzierung der „Kreislaufbaggerei“)

Die von BAW in mehreren Abschnitten der Tideelbe prognostizierte Zunahme der Unterhaltungsbaggermengen ist jedoch ungeeignet, in der Natur mess- und beobachtbare Veränderungen des Sauerstoff- und Nährstoffhaushaltes hervorzurufen, da

kein Material mit beachtlichem Zehrungspotential umgelagert wird. Es werden sandige Eintreibungen gebaggert werden.

Dies gilt auch für die Unterhaltungsbaggerungen im Bereich der Begegnungstrecke. BAW (Unterlage H.1c) erwartet hier die „wesentlichen Zunahmen“, weist auf die vorhabensbedingt zu erwartende „Zunahme der Unterhaltung vornehmlich von Weichsedimenten in der Begegnungstrecke“ hin und führt weiter aus, dass ein „verstärktes Sedimentationspotential“ insbesondere „oberhalb des Hafens Schulau“ zu erwarten ist (dieser Effekt verhindert nach BAW jedoch eine „weitere Zunahme des Strotauftransports in das Hafengebiet hinein“).

Quantitative Informationen zu der zu erwartenden Sedimentation und Unterhaltung von Weichsedimenten liegen nicht vor. Mit „Weichsedimenten“ bezeichnet die BAW jedoch Schluff unterschiedlicher Körnung, zehrungsfähiges organisches Material ist nicht gemeint. Zudem ist davon auszugehen, dass auf Grund der in der Begegnungstrecke zu erwartenden Strömungsgeschwindigkeiten eine Ablagerung von organischem Material nicht zu erwarten ist. Unterlage H.1a gibt für den Bereich der Begegnungstrecke mittlere Flutstromgeschwindigkeiten um 0,7 bis 0,8 m/s an und mittlere Ebbstromgeschwindigkeiten um 0,6 bis 0,8 m/s. Die maximalen Flut- und Ebbstromgeschwindigkeiten überschreiten 1 m/s deutlich. Auf die in diesem Abschnitt tendenziell zurückgehenden mittleren Schwebstoffkonzentrationen und damit einer verringerten Trübung (theoretisch verbesserte Bedingungen für biogenen Sauerstoffeintrag) wird nochmals hingewiesen (s.o., vgl. Unterlage H.1c, Anlage 1, Bild 203).

Unter diesen Bedingungen ist die Bildung zehrungsfähiger organogener Ablagerungen erstens nicht möglich. Zweitens werden gebaggerte Feinstsedimente nicht im System umgelagert, sondern an Land verbracht (Spülfelder auf Pagensand, vgl. Unterlage B.2). Man beachte außerdem, dass ein „Sedimentationspotential“ noch keine tatsächliche Sedimentation bedeutet, diese tritt erst bei/nur geringem Oberwasser ein, wenn (Unterlage H.1c) die „Transportkette von der Rhinplate bis zum Lühesand intensiviert wird.“ Diese transportiert jedoch lediglich Sand nach oberstrom. Es ist also keine Akkumulation zehrungsfähigen Materials (Wirkfaktor 2 aus ARGE ELBE 2004c, s.o.) infolge längerer Verweilzeit des Wassers zu erwarten.

Die ausbaubedingten Änderungen im stromauf- und stromabgerichteten Wassertransport betragen insbesondere im Stromspaltungsgebiet nur wenige Minuten und wirken sich nur theoretisch auf die Verweilzeiten des Wasserkörpers aus. Die oberwasserbedingten Verlängerungen bzw. Verkürzungen der Verweilzeit liegen dagegen (s.o.) in der Größenordnung von Wochen und bleiben auch nach Durchführung des Vorhabens der absolut dominierende Faktor.

### **3.2.3.1 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe**

Vorab ist festzuhalten, dass das Vorhaben Fahrrinnenanpassung, wie oben gezeigt, weitgehend ungeeignet ist, auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in der Tideelbe

mess- und beobachtbar zu wirken. Gleichwohl wird nachfolgend noch auf die Wasserkörper eingegangen.

#### Wasserkörper Elbe (Ost) (Wehr Geesthacht bis Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke, km 586,0 - 615,0)

Im Wasserkörper Elbe(Ost) sind keine Ausbau- oder Verbringungsmaßnahmen geplant. Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt wären theoretisch nur aufgrund von ausbaubedingten Änderungen der Tidekennwerte oder von Veränderungen der Morphodynamik und des Sedimenttransportes möglich. Es wurde oben jedoch gezeigt, dass davon ausgehende mess- und beobachtbare vorhabensbedingte Auswirkungen generell nicht zu erwarten sind.

Im Wasserkörper Elbe (Ost) werden die Sauerstoff- und Nährstoffgehalte durch die Verhältnisse in der Mittel-elbe dominiert und unterliegen vor allem jahreszeitlich bedingten Schwankungen (vgl. Kapitel 2.3.4.2). Dies wird vorhabensbedingt nicht beeinflusst.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL im Wasserkörper Elbe (Ost) „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird vorhabensbedingt nicht beeinflusst; anlagen- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sind nicht zu erwarten.

#### Wasserkörper Hafen (km 615,0 - 635,0), Elbe (West) (km 635,0 - 654,9), Übergangsgewässer (km 654,9 –727,0), Küstengewässer (km 727,0 - 746,3) und weiteres UG bis km 756

Die Ausführungen zum Wasserkörper (Ost) gelten hier gleichermaßen, abgesehen davon, dass in diesen Wasserkörpern (nicht jedoch im weiteren UG bis km 756) Ausbau- und/oder Verbringungsmaßnahmen geplant sind.

Im Wasserkörper Küstengewässer und darüber hinaus werden Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt auch zukünftig durch exogene Einflüsse aus der Nordsee geprägt sein. Die geplanten Ausbau- und Verbringungsmaßnahmen werden keine mess- und beobachtbaren Veränderungen des Sauerstoff- und Nährstoffhaushaltes hervorrufen. Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen sind in diesem Wasserkörper nicht zu erwarten.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL in den Wasserkörpern Hafen, Elbe (West) und Übergangsgewässer „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. LANU (2004) gibt für den Wasserkörper Küstengewässer die Zielerreichung des guten ökologischen und des guten chemischen Zustands mit „unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzungen werden vorhabensbedingt nicht beeinflusst; anlagen- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt sind nicht zu erwarten.

### **3.2.3.2 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebeneiben**

In den Nebeneiben sind keine Ausbau- oder Verbringungsmaßnahmen geplant. Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt wären theoretisch nur aufgrund von ausbaubedingten Änderungen der Tidekennwerte oder von Veränderungen der Morphodynamik und des Sedimenttransportes möglich. Es wurde oben jedoch gezeigt, dass davon ausgehende mess- und beobachtbare vorhabensbedingte Auswirkungen generell nicht zu erwarten sind.

Die o.g. Einschätzung „Zielerreichung unwahrscheinlich“ (ARGE ELBE 2004a) zu den physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL gilt auch für die Nebeneiben und einige sonstige Gewässer, soweit Bestandteil des reduzierten Gewässernetzes gem. WRRL. Diese Einschätzung wird anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.

### **3.2.3.3 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebenflüssen**

Die Ausführungen zu den den Nebeneiben gelten hier gleichermaßen. Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt wären auch in den Nebenflüssen theoretisch nur aufgrund von ausbaubedingten Änderungen der Tidekennwerte oder von Veränderungen der Morphodynamik und des Sedimenttransportes möglich. Es wurde oben jedoch gezeigt, dass davon ausgehende mess- und beobachtbare vorhabensbedingte Auswirkungen generell nicht zu erwarten sind.

Die meisten Zuflüsse der Tideelbe unterhalb des Wasserkörpers Hafen, soweit Bestandteil des reduzierten Gewässernetzes gem. WRRL, werden in den tidebeeinflussten Unterläufen (vorläufig) als erheblich veränderte Wasserkörper eingestuft, die Zielerreichung wird für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten gem. WRRL mit „unklar“ oder „unwahrscheinlich“ angegeben (BSU 2004, BR Lüneburg 2004a). Lediglich die Wedeler Au wird (MUNL 2004) mit „guter ökologischer Zustand gefährdet“ eingestuft. Diese Einschätzungen werden anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.

### **3.2.4 Schadstoffe**

Als anlagen- und betriebsbedingte Wirkfaktoren sind für die Veränderungen der Wasserbeschaffenheit, Teil Schadstoffe prinzipiell Erosion, Transport und Deposition von Sedimenten, induziert durch die vorhabensbedingte Veränderung der Gewässermorphologie relevant. Betriebsbedingte Auswirkungen können aus vorhabensbedingten Veränderungen der Unterhaltungsbaggerungen resultieren.

Der Prognose der anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit, Teil Schadstoffe, liegen die Ergebnisse der Prognose vorhabensbedingter Auswirkungen auf das Schwebstoffregime (siehe Kapitel 3.2.1) und die Sedimente (Unterlage H.2b) zugrunde.

In Bezug auf die Veränderungen der Unterhaltungsbaggerungen sind die in Kapitel 3.2.3 zum Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt getroffenen Aussagen auf die Schadstoffgehalte im Wasser zu übertragen: die von der BAW in Abschnitten der Tideelbe prognostizierten Zunahmen der Unterhaltungsbaggermengen sind zu gering, um mess- und beobachtbare Veränderungen der Schadstoffgehalte hervorzurufen.

Einzugehen ist noch auf den in Unterlage H.2b angesprochenen Aspekt der Chlorokomplexierung von Schwermetallen. Grundsätzlich bedingen hohe Chloridgehalte eine verminderte Schwermetallretention (insbesondere Cd) durch Komplexbildung, die Kationen der Salze verstärken die Ionenkonkurrenz, so dass die Schwermetallsorption im Sediment beeinträchtigt wird (dies ist vielfach beschrieben, Lit. S. Unterlage H.2b). Die Mobilität einiger Schwermetalle unter oxidierenden Bedingungen wird erhöht, wenn bei hohem Redoxpotential die Salinität zunimmt, Cd, Zn und Cu können verstärkt in die Wasserphase übergehen.

Die in Unterlage H.1a prognostizierten vorhabensbedingten Veränderungen in der Brackwasserzone werden sich jedoch, auf Grund des ständig vorhandenen aber hochvariablen Salzeinflusses, der Mess- und Beobachtbarkeit in der Natur entziehen. Nach Unterlage H.2b wird eine (jedoch als „nicht bewertungsrelevant“ bezeichnete) Mobilitätserhöhung vor allem in Bereichen eintreten, „in denen im Ist-Zustand überwiegend limnische Bedingungen herrschen und sich im Ausbauzustand stärker brackische Verhältnisse einstellen werden.“ Dies ist vorhabensbedingt jedoch nicht der Fall, Salzeinfluss in bisher limnischen Bereichen ist nicht zu erwarten.

Am weitesten nach oberstrom verschoben tritt dort (nur im Bereich der Strommitte) eine Zunahme des maximale Salzgehaltes  $< 1$  PSU auf, die etwa km 668 erreicht (Unterlage H.1a, Anlage 1, Bild 102). In Unterlage H.2b wird die Verschiebung der 2,5 PSU-Isohaline angeführt, insbesondere den Bereich von km 687 bis km 683 betreffend. BAW (Unterlage H.1a, p. 63) gibt für km 680 bis 690 eine ausbaubedingte Änderung des mittleren Salzgehaltes von 0,3-0,5 PSU an, der minimale Salzgehalt ändert sich nicht bis kaum (0 bis 0,2 PSU), der maximale nimmt um 0,5 bis 0,7 PSU zu. Die Variabilität des Salzgehaltes wird mit 0,3 bis 7,7 PSU angegeben (wohlgemerkt unter den gewählten Bedingungen, insgesamt ist die Variabilität natürlich viel größer, schon bei leichten Windfluten dürften 10 PSU bei Thw überschritten werden).

Die Schwermetallgehalte in diesem Elbabschnitt werden von ARGE ELBE geringen Belastungsstufen zugeordnet. Daran wird sich vorhabensbedingt nichts ändern, d.h. es werden vorhabensbedingt keine ungünstigeren Belastungsstufen oder messbar höhere Schwermetallgehalte eintreten (zudem sind die tendenziell zu erwartende verstärkte Einmischung geringer belasteter mariner Sedimente sowie ein weiterer Rückgang der Schwermetalleinträge von oberstrom zu beachten). In Unterlage H.2b wird zudem darauf hingewiesen, dass Chlorokomplexierung nur dann zu einem „erhöhten Freisetzungspotential“ führen kann, wenn die in der oxidierten Zone lagernden Sedimente absolut hohe Schwermetallgehalte aufweisen.“ Eben dies ist nicht der Fall, neben unbelasteten, natürlichen Substraten werden lediglich sandige rezente Sedimente mit geringen Schadstoffgehalten umgelagert.

### **3.2.4.1 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe**

#### Wasserkörper Elbe (Ost) (Wehr Geesthacht bis Müggenberger Schleuse/Harburger Eisenbahnbrücke, km 586,0 - 615,0)

Die Ausführungen zum Wasserkörper Elbe (Ost) in Kapitel 3.2.3.1 gelten hier gleichermaßen. In diesem Wasserkörper sind keine Ausbau- oder Verbringungsmaßnahmen geplant. Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen auf Schadstoffe wären theoretisch aufgrund von ausbaubedingten Veränderungen der Morphodynamik und des Sedimenttransportes möglich. Die Schadstoffgehalte insbesondere im oberen Abschnitt in der Tideelbe werden jedoch durch Einträge aus der Mittel-elbe dominiert (vgl. Kapitel 2.3.5). Dies wird vorhabensbedingt nicht beeinflusst. Die mittleren Schwebstoffkonzentrationen zwischen dem Wehr Geesthacht und der Bunthäuser Spitze werden sich zudem nicht ändern, im Abschnitt Süderelbe zwischen Bunthäuser Spitze und Häfen Harburg wird eine geringfügige Erhöhung prognostiziert (s. Unterlage H.1c und Kapitel 3.2.1). Davon ausgehend in der Natur mess- und beobachtbare vorhabensbedingte Auswirkungen sind nicht zu erwarten.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL im Wasserkörper Elbe (Ost) „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzung wird vorhabensbedingt nicht beeinflusst; anlagen- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte sind nicht zu erwarten.

#### Wasserkörper Hafen (km 615,0 - 635,0), Elbe (West) (km 635,0 - 654,9), Übergangsgewässer (km 654,9 –727,0), Küstengewässer (km 727,0 - 746,3) und weiteres UG bis km 756

Die Ausführungen zum Wasserkörper (Ost) gelten hier gleichermaßen, abgesehen davon, dass in diesen Wasserkörpern (nicht jedoch im weiteren UG bis km 756) Ausbau- und/oder Verbringungsmaßnahmen geplant sind. Zudem nimmt nach ARGE ELBE (2006a) ab dem Wasserkörper Hafen der „Einfluss von geringer belasteten, stromauf transportierten Nordsee-Sedimenten zu, die zu einer Verdünnung der Schadstoffe führen“. Direkte Auswirkungen durch die Freisetzung von Schadstoffen bei Abtrag, Umlagerung und Ablagerung sowie indirekte Auswirkungen durch Änderungen des physikalisch-chemischen Milieus der Sedimente (mögliche Mobilitätserhöhung u. Freisetzung von Schadstoffen) werden jedoch von IfB (Unterlage H.2b) als nicht bewertungsrelevant eingestuft. Insbesondere sind diese Effekte ungeeignet, eine Wertstufenveränderung auszulösen.

Dies gilt auch für die sog. Chlorokomplexierung von Schwermetallen infolge eines zunehmenden Salzeinflusses. Auf diesen Effekt zurückzuführende Schwermetall(re)mobilisierungen, die zu einer veränderten Güteeinstufung in Abschnitten der Tideelbe geführt haben, sind nicht bekannt (vgl. die jährlichen Güteberichte; zuletzt

ARGE ELBE 2004b, 2006).<sup>65</sup> Die Schadstoffgehalte und –frachten in der Tideelbe haben sich seit der Wiedervereinigung durchgehend deutlich verringert. Die Tideelbe ist generell gering belastet und weist teils niedrigere Schadstoffgehalte als die am weitesten nach oberstrom vorgeschobene Meßstation Schmilka (Strom-km 4,1) auf.

Für die Schadstoffgehalte ist die oberhalb der Störmündung prognostizierte (geringe) stromaufgerichtete Zunahme des Schwebstofftransportes von eher theoretischer Relevanz. Bei differenzierter Auswertung unter Berücksichtigung des Oberwasserabflusses würde sich ggf. eine zunehmende Einmischung geringer mit Schwermetallen belasteter mariner Sedimente (Ausnahme: Blei) nachweisen lassen. Es ist nur eingeschränkt davon auszugehen, dass die damit einhergehende Einmischung von generell weniger belasteten marinen Sedimenten mess- und beobachtbare Veränderungen hervorrufen wird. Zudem ist auch beim Eintrag von oberstrom von einem weiteren Rückgang der Schadstoffbelastung auszugehen, da im Gebiet der ehemaligen DDR (Saale, Mulde) noch Altlastensanierungen laufen. Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den Wasserkörpern Hafen, Elbe (West) und Übergangsgewässer sind insgesamt nicht zu erwarten.

Im Wasserkörper Küstengewässer und im UG darüber hinaus werden Schadstoffgehalte auch zukünftig verstärkt durch exogene Einflüsse aus der Nordsee geprägt sein. Es werden sich vorhabensbedingt weder die Schwebstoffkonzentrationen noch die advektiven Schwebstofftransportraten ändern (vgl. Unterlage H.1c und Kapitel 3.2.1). Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte im Wasserkörper Küstengewässer sind nicht zu erwarten.

ARGE ELBE (2004a) gibt für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL in den Wasserkörpern Hafen, Elbe (West) und Übergangsgewässer „Zielerreichung unwahrscheinlich“ an. LANU (2004) gibt für den Wasserkörper Küstengewässer die Zielerreichung des guten ökologischen und des guten chemischen Zustands mit „unwahrscheinlich“ an. Diese Einschätzungen werden vorhabensbedingt nicht beeinflusst; anlagen- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte sind nicht zu erwarten.

### **3.2.4.2 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den Nebanelben**

Insgesamt sind aufgrund der vorhabensbedingten Veränderungen der Schwebstoffgehalte keine anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den Nebanelben zu erwarten. Das Vorhaben wirkt nur eingeschränkt auf die Schadstoffgehalte im Wasserkörper. Die in einigen Nebanelben prognostizierte (modellerte), geringfügige Erhöhung oder Verringerung der Schwebstoffaufladung wird keine in der Natur mess- und beobachtbaren Auswirkungen auf die Schadstoffkonzentrationen haben. Auf die Ausführungen oben zur Einmischung geringer belasteter

---

<sup>65</sup> Am 27.10.2006 erschien ein weiterer Gütebericht von ARGE ELBE, das Jahr 2005 betreffend, der hier nicht mehr weitergehend berücksichtigt werden konnte. Dort wird ein Vergleich der Schadstoff-Jahresfrachten 1986/2005 (Station Schnackenburg) durchgeführt, der mit lediglich einer Ausnahme, die auf Altlasten-Austräge aus dem Raum Bitterfeld/Wolfen zurückgeführt wird, deutliche Rückgänge zeigt.

mariner Sedimente sowie den zu erwartenden weiteren Rückgang der Schadstoffeinträge von oberstrom wird verwiesen.

Die o.g. Einschätzung „Zielerreichung unwahrscheinlich“ (ARGE ELBE 2004a) zu den physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten sowie die integrale Bewertung des chemischen Zustandes gem. WRRL gilt auch für die Nebenelben und sonstige Nebengewässer, soweit Bestandteil des reduzierten Gewässernetzes gem. WRRL. Diese Einschätzung wird anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.

### **3.2.4.3 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den Nebenflüssen der Tideelbe**

Die in Kapitel 3.2.3.3 zusammengefassten modellierten Veränderungen der Schwebstoffgehalte in den Nebenflüssen sind zu gering, um in der Natur mess- und beobachtbare Veränderungen der Schadstoffkonzentrationen in den Nebenflüssen hervorzurufen. Das Vorhaben wirkt nur eingeschränkt auf die Schadstoffgehalte im Wasserkörper. Die im Mündungsbereich einzelner Nebenflüsse prognostizierte Erhöhung der Schwebstoffaufladung wirkt sich nicht auf die Schadstoffkonzentrationen im Wasser aus.

Die meisten Zuflüsse der Tideelbe unterhalb des Wasserkörpers Hafen und soweit Bestandteil des reduzierten Gewässernetzes gem. WRRL, werden in den tidebeeinflussten Unterläufen (vorläufig) als erheblich veränderte Wasserkörper eingestuft, die Zielerreichung wird für die physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten gem. WRRL mit „unklar“ oder „unwahrscheinlich“ angegeben. Lediglich die Wedeler Au wird (MUNL 2004) mit „guter ökologischer Zustand gefährdet“ eingestuft. Diese Einschätzungen werden anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.

### **3.2.5 Übersicht über die vorhabensbedingten Umweltauswirkungen**

In der Übersicht der Tabelle 3.2-6 sind die vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit bzw. den Stoffhaushalt aufgeführt.

**Tabelle 3.2-6: Übersicht über die vorhabensbedingten Auswirkungen auf Wasserbeschaffenheit / den Stoffhaushalt**

Wirkungszusammenhang		Beschreibung und Bewertung der Auswirkung		
Vorhabenswirkung (Ursache)	Auswirkung	Wertstufe Ist Wertstufe Progn. Differenz	Grad der Veränd. Dauer der Ausw. Räuml. Ausd.	Erheblichkeit
<b>Baubedingte Auswirkungen – Schwebstoffregime</b>				
-	<u>Wasserkörper Elbe (Ost):</u> - keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
Entnahme, Transport und Einbringung von Sedimenten	<u>Wasserkörper Hafen:</u> Zusätzlicher Eintrag von Schwebstoffen (Veränderungen des Schwebstoffgehaltes und Trübungen in der Wassersäule) durch die Ausbaubaggerungen.	Diff.: 0	neutral kurzfristig mittelräumig	neutral
	<u>Wasserkörper Elbe (West):</u> Zusätzlicher Eintrag von Schwebstoffen (Veränderungen des Schwebstoffgehaltes und Trübungen in der Wassersäule) durch - die Ausbaubaggerungen und - den Bau von Ufervorspülungen.	Diff.: 0	neutral kurzfristig mittelräumig	neutral
	<u>Wasserkörper Übergangsgewässer:</u> Zusätzlicher Eintrag von Schwebstoffen (Veränderungen des Schwebstoffgehaltes und Trübungen in der Wassersäule) durch - den Bau von Ufervorspülungen, Unterwasserablagerungsflächen sowie und durch die Übertiefenverfüllung St. Margarethen - durch die Umlagerungstelle Medembogen	Diff.: 0	neutral kurzfristig (mittelfristig*) mittelräumig  (*im Bereich der Umlagerungstelle Medembogen)	neutral
	<u>Wasserkörper Küstengewässer:</u> Zusätzlicher Eintrag von Schwebstoffen (Veränderungen des Schwebstoffgehaltes und Trübungen in der Wassersäule) durch die Umlagerungstelle Neuer Luechtergrund	Diff.: 0	neutral mittelfristig mittelräumig	neutral
-	<u>Nebeneiben/Nebenflüsse:</u> - keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
<b>Baubedingte Auswirkungen - Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt, Schadstoffgehalte</b>				
-	- keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
<b>Baubedingte Auswirkungen – Salinität</b>				
-	- keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen			

Wirkungszusammenhang		Beschreibung und Bewertung der Auswirkung		
Vorhabenswirkung (Ursache)	Auswirkung	Wertstufe Ist Wertstufe Progn. Differenz	Grad der Veränd. Dauer der Ausw. Räuml. Ausd.	Erheblichkeit
<b>Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen - Schwebstoffregime</b>				
-	<u>Wasserkörper Elbe (Ost):</u> - keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
-	<u>Wasserkörper Hafen:</u> - keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
Veränderungen der Gewässermorphologie/ Veränderungen der Morphodynamik und der Sedimenttransporte	<u>Wasserkörper Elbe (West)/</u> Zusätzlicher Eintrag von Schwebstoffen (Veränderungen des Schwebstoffgehaltes und Trübungen in der Wassersäule) durch die Zunahme von Unterhaltungsbaggerungen.	Diff.: 0	neutral langfristig (wiederkehrend) mittelräumig	neutral
	<u>Wasserkörper Übergangsgewässer:</u> Zusätzlicher Eintrag von Schwebstoffen (Veränderungen des Schwebstoffgehaltes und Trübungen in der Wassersäule) durch die Zunahme von Unterhaltungsbaggerungen.	Diff.: 0	neutral langfristig (wiederkehrend) mittelräumig	neutral
-	<u>Wasserkörper Küstengewässer:</u> - keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
Veränderungen der Gewässermorphologie/ Veränderungen der Morphodynamik und der Sedimenttransporte	<u>Nebeneiben</u> Veränderter Eintrag von Schwebstoffen (verstärkte und verminderte Sedimentationstendenzen).	Diff.: 0	neutral langfristig mittelräumig	neutral
	<u>Nebenflüsse:</u> - keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
<b>Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen – Salinität</b>				
-	- keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
<b>Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen - Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt</b>				
-	- keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
<b>Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen - Schadstoffe</b>				
-	- keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-

Erläuterung: In der Auswirkungstabelle sind nur noch die Wirkfaktoren dargestellt, für die eine Auswirkung prognostiziert wird.

\* = Die Wertstufe 4 (= hohe Bedeutung) bezieht sich auf die Bereiche der Nebeneiben, die Wertstufe 3 (= mittlere Bedeutung) bezieht sich auf die Bereiche des Hauptstroms der Tideelbe

<b>Differenz Wertstufe</b>	Bestandswertveränderung:	= deutlich negativ
<b>Prognose minus Wertstufe Ist</b>	-1, -2, -3, -4	
<b>= Grad der Veränderung:</b>	Bestandswertveränderung: 0	= gering negativ, neutral oder gering positiv (Richtung der Veränderung ergibt sich aus dem Zielsystem)
	+1, +2, +3, +4	= deutlich positiv
<b>Dauer der Auswirkung:</b>	kurzfristig	= Auswirkungsdauer: ≤ 3 Monate (ab Baubeginn)
	mittelfristig	= Auswirkungsdauer: > 3 Monate ≤ 3 Jahre (ab Baubeginn)
	langfristig	= Auswirkungsdauer: > 3 Jahre ≤ 10 Jahre (ab Baubeginn)
<b>Räumliche Ausdehnung der Auswirkung:</b>	lokal	= Direkter Vorhabensbereich
	mittelräumig	= direkter Vorhabensbereich + Teile des (schutzgutspezifischen) Untersuchungsgebiets
	großräumig	= Gesamtes (schutzgutspezifisches) Untersuchungsgebiet
	WS = Wertstufe	WS 1 = sehr gering, WS 2 = gering, WS 3 = mittel, WS 4 = hoch, WS 5 = sehr hoch

## 4 LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS

- ARGE ELBE (ed). 1990 - 2004. Zahlentafeln der Jahre 1990 bis 2004. Hamburg.
- ARGE ELBE (ed.). 1984. Gewässerökologische Studie der Elbe - von Schnackenburg bis zur See. Hamburg. 98 S.
- ARGE ELBE (ed.). 1980. Schwermetalldaten der Elbe- von Schnackenburg bis zur See- 1979-1980. Hamburg. 66 S.
- ARGE ELBE (ed.). 1988. Schwermetalldaten der Elbe- von Schnackenburg bis zur See- 1984-1988. 193 S.
- ARGE ELBE. 1990. Gewässergütebericht Elbe 1985 - 1990. Hamburg. 44 S.
- ARGE ELBE Riedel-Lorjé, J.C. 1992. Salzgehalts- und Trübstoffverhältnisse in dem oberen Brackwassergebiet der Elbe. 121 S.
- ARGE ELBE (ed.). 1996. Wassergütedaten der Elbe von Schmilka bis zur See - Zahlentafel 1994. 255 S.
- ARGE ELBE. 1999. Die Wassergüte der Elbe im Jahre 1997. Hamburg.
- ARGE ELBE. 2002. Typisierung des Übergangsgewässers in der Flussgebietseinheit Elbe nach EG-Wasserrahmenrichtlinie. 6 S. + Anhang. Hamburg. [www.arge-elbe.de](http://www.arge-elbe.de)
- ARGE ELBE. 2003. Hochwasser August 2002 - Einfluss auf die Gewässergüte der Elbe 55 S. + Anhang. Hamburg
- ARGE Elbe/WGE. 2004a. Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Koordinierungsraum Tideelbe - Bestandsaufnahme und Erstbewertung (Anhang II / Anhang IV der WRRL) des Tideelbestroms (C-Bericht). Entwurf. 31.8.2004. 72 S. Hamburg.
- ARGE ELBE. 2004b. Gewässergütebericht der Elbe 2003. 33 S. Hamburg.
- ARGE ELBE. 2004c. Der Sauerstoffhaushalt der Tideelbe. 7 S. Hamburg.
- ARGE ELBE (ed). 2005a. Wassergütedaten der Elbe von Schmilka bis zur See - Zahlentafeln der Jahre 1984 bis 2004. Hamburg.
- ARGE ELBE (ed). 2005b. Wassergütedaten der Elbe sowie der Nebenflüsse - Einzelbeprobungen, wöchentliche Mischproben, Längsprofilbeprobungen. der Jahre 1984 bis 2005
- ARGE ELBE (ed). 2005c. Galerie der ARGE ELBE <http://www.arge-elbe.de/wge/Galerie/Galerie.html>
- ARGE ELBE (ed.) 2006. Gewässergütebericht der Elbe 2004. 68 S. Hamburg.
- ARGE ELBE (ed.) 2006a. Gewässergütebericht der Elbe 2005. 67 S. Hamburg.
- ATV-DVWK (ed.). 2000. Die Elbe und ihre Nebenflüsse - Belastung, Trends, Bewertung, Perspektiven. Hennef. 178pp + Anhang.
- BAW-AK. 1996. Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Gutachten zur morphologischen Entwicklung der Nebenelben und Nebenrinnen. Bundesanstalt für Wasserbau, Außenstelle Küste. BAW 9453 3417.
- BAW. 2003a. Machbarkeit einer weiteren Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe. BAW. Nr. 5.02.10014.00. Juli 2003. 73 S. Hamburg.

- BAW. 2003b. Testat zur Hochwasserneutralität der erwogenen Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe. BAW. Nr. 5.02.10014.00. November 2003. 12 S. Hamburg.
- BAW. 2003c. Potenzialanalyse für die Unter- und Außenelbe. Systemanalysen zur hydraulischen Kompensation nachteiliger Entwicklungen der kennzeichnenden Tidewasserstände. BAW-Nr. 5.02.10014.00. Juli 2003. 30 S. Hamburg.
- BAW. 2005a. Untersuchung des Sedimenttransportregimes in der Unterelbe als Grundlage für die Optimierung der Baggerstrategie für den Hamburger Hafen. BAW-Nr. 5.03.10017.00 - April 2005. 203 S. Hamburg.
- BAW. 2006. Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt Stellungnahme zur A+E-Maßnahme Nebenelbe hinter Schwarztonnensand. BAW Nr. A3955 03 10062. 19pp. Hamburg.
- Bergemann, M. 1995. Die Lage der oberen Brackwassergrenze im Elbeästuar. DGM 39: 134 - 137.
- Bergemann, M., Blöcker, G., Harms, H., Kerner, M., Nehls, R., Petersen, W., Schroeder, F. 1996. Der Sauerstoffhaushalt der Tideelbe. Die Küste 58: 199-261.
- Bergemann, M. 2004. Die Trübungszone in der Tideelbe - Beschreibung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung. WGE. 8 S. Hamburg.
- Bergemann, M. 2005. Fließgewässer im Elbeinzugsgebiet - Orientierung von der Mündung zur Quelle. Stand: Stand: 02.11.05.
- BfG. 1984. Untersuchungen zur Umlagerung von Baggermaterial im Tidegebiet der Unterelbe. Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde. Koblenz. BfG-0171.
- BfG. 1992. Handlungsanweisung. Anwendung der Baggergut-Richtlinien der Oslo- und der Helsinki-Kommission in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (HABAK-WSV). Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. BfG-0700.
- BfG. 1994. Bewertungsverfahren in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung an Bundeswasserstraßen. Bearbeitet durch die Arbeitsgruppe "Bewertung in der UVU" der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz. BfG-0796.
- BfG. 2002. Untersuchung des ökologischen Entwicklungspotenzials der Unter- und Außenelbe (Ökologische Potenzialanalyse). Teil 1. 141 S. + Anhang u. Anlagen. Koblenz.
- BfG. 2003. Untersuchung des ökologischen Entwicklungspotenzials der Unter- und Außenelbe (Ökologische Potenzialanalyse). Teil 2. Konkretisierung von Maßnahmen. 229 S. + Anhang. Koblenz.
- BfG. 2004. Umweltrisikoeinschätzung und FFH-Verträglichkeitseinschätzung für Projekte an Bundeswasserstraßen - Weitere Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt mit einem Salzwassertiefgang von rd. 14,50 m BfG-1380. 184 S. Koblenz.
- BfG. 2006. Die Elbevertiefung 1999 - Ökologische Zusammenhänge zu Sauerstoffhaushalt und Sedimentdynamik. BfG Bericht 1523. 31pp. Koblenz.
- Bittner, K. 1991. Eine Langzeituntersuchung über Strömung und Schwebstoff im Elbeästuar. GKSS-Bericht 91/E/81.
- BLAK-QZ. 1992. Konzeption zur Ableitung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen. Länderarbeitsgemeinschaft, Bund-Länder-Arbeitskreis "Qualitätsziele", ZV-Konzeption, Entwurf, Stand 05.08.92, unveröff.

- Boehlich, M., Ruland, P. 1996. Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe. Gutachten Ausbaubedingte Änderung der Tidedynamik. Hauptbericht. BAW 9353 3387. 112 S.
- Boehlich, M. J. 2003. Tidedynamik der Elbe. Mitt.blatt BAW 86: 55-60.
- Böhm, E., Hillenbrand, T., Marscheider-Weidemann, F., Müller, B., Wiederhold, J., Herrchen, M. & Klein, M. 2002. Ermittlung der Quellen für die prioritären Stoffe nach Artikel 16 der Wasserrahmenrichtlinie und Abschätzung ihrer Eintragsmengen in die Gewässer in Deutschland. UBA Texte 68/02. 433 S. Berlin.
- Böttcher, B., P. Dittberner, G. Rath, B. Schäfer, S. Zörner & Koops, H.-P. 1995. A case study on the oxygen budget in the freshwater part of the Elbe estuary. 4. Bacterial population shifts and rising oxygen deficiencies. Arch. Hydrobiol. Suppl. 110. (Unters. Elbe-Aestuar 7): 55-76.
- Bornhold, J.; Puls, W. & Kühl H. 1992. Die Flockenbildung von Elbeschwebstoff. Untersuchungen mit Fraktionen unterschiedlicher Sinkgeschwindigkeit. GKSS-Bericht 92/E/88, 1992.
- BR Lüneburg - Bezirksregierung Lüneburg (ed.). 2004a. Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie Oberflächengewässer - Bearbeitungsgebiet Oste. 22 S.
- BR Lüneburg - Bezirksregierung Lüneburg (ed.). 2004b. Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie Oberflächengewässer - Bearbeitungsgebiet Este / Seeve. 18 S.
- BR Lüneburg - Bezirksregierung Lüneburg (ed.). 2004c. Bestandsaufnahme zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie Oberflächengewässer - Bearbeitungsgebiet Ilmenau. 18 S.
- Brunhoeber, S.. 1990. Verteilung und Stoffwechselaktivität nitrifizierender Bakterien in der Elbe bei Hamburg. Diplomarbeit Inst.f.Allgemeine Botanik der Universität Hamburg.
- BSU - Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien u. Hansestadt Hamburg. 2004. Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Landesinterner Bericht zum Bearbeitungsgebiet Elbe/Hafen. Bestandsaufnahme und Erstbewertung (Anhang II / Anhang IV der WRRL). Stand 20.09.2004. Hamburg.
- BSU (eds.) - Beh. f. Stadtentwicklung u. Umweltschutz der Freien u. Hansestadt Hamburg, Nieders. Umweltmin., Min. f. Umwelt, Naturschutz u. Landwirtsch. d. Landes Schlesw.-Holst. (eds.) 2004. Bericht über die Umsetzung der Anhänge II, III und IV der Richtlinie 2000/60/EG im Koordinierungsraum Tideelbe (B-Bericht). Vorlage zur Elbe-Ministerkonferenz am 9. Dezember 2004. 60 S. Hamburg.
- Calmano, W., Ahlf, W., Förstner, U. 1990. Exchange of heavy metals between sediment components and water. NATO ASI Series 23, Springer, S. 503-522.
- Caspers, H. 1958. Biologie der Brackwasserzone im Elbeästuar. Intern. Verein. Limnol. 13: 687 - 698.
- Caspers, H. 1959. Vorschläge einer Brackwassernomenklatur (The Venice System). Int. Rev. ges. Hydrobiol. 44: 313-316.
- Caspers, H. 1984. The oxygen production in a bay within the freshwater section of the Elbe Esutary. An investigation of the " Muehlenberger Loch" in Hamburg. Arch. Hydrobiol. Suppl. 61: 509-542.
- Christiansen, H. 1985a: Das Forschungsvorhaben Schlick/Schwebstoffe in Ästuaren. Die Küste 42: 115-121.
- Christiansen, H. 1985b. Erste Ergebnisse aus Schwebstoffmessungen mit dem CUX-SAMPLER in der Elbe. Die Küste 42: 123-134.

- Christiansen, H. 1987: Wasserflächen und Tidevolumen im Hamburger Hafen. u. Hafenaufbau, Gewässerkd. Studie Nr. 8, 1987.
- Christiansen, H., Haar, S., Radtke, G.. 1985. Zur Sedimentation in Hamburger Hafenbecken. Gewässerkd. Studie 1 ( und Hafenaufbau Hamburg):1-16.
- Christiansen, H. & Kamps, A. 1985. Sedimentationsverhältnisse in Hamburger Hafenbecken Auswertung von Peilungen der Jahre 1977-1984. Gewässerkd. Studie 3 ( und Hafenaufbau Hamburg).
- Christiansen, H., Oehlmann, G., Tent, L. 1987. Neue Erkenntnisse über Schlickbildungs- und Sedimentationsprozesse im Hamburger Hafen. In. Jahrbuch d. HTG 42: 279-292.
- Christiansen, H. & Haar, S. 1991. Sedimentationsverhältnisse in Hamburger Hafenbecken. Auswertungen der Peilungen von 1977 bis 1990. Gewässerkd. Studie 12 ( und Hafenaufbau Hamburg).
- Christiansen, H., Greiser, N., Töppe, A. 1995. Abschätzungen der Sedimentationen durch die geplanten Strombaumaßnahmen in Altenwerder. Int. Studie, u. Hafenaufbau Hamburg.
- Freie u. Hansestadt Hamburg, Beh. f. Wirtschaft, Verkehr u. Landwirtschaft u. Hafenaufbau. 1989. Dtsch. Gewässerkd. Jahrb. 1989. Unteres Elbegebiet.
- Freie u. Hansestadt Hamburg. 2005. Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Landesinterner Bericht zum Bearbeitungsgebiet Elbe/Hafen Bestandsaufnahme und Erstbewertung (Anhang II / Anhang IV der WRRL). Stand 31.1.2005. <http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/wasser/wasserrahmenrichtlinie/start.html>
- Dieckmann. 1996. Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt - Gutachten zur morphologischen Entwicklung der Nebenelben und Nebenrinnen seit 1945/1950. BAW 9453 3417. S. 1-121.
- Dillo, H.-G. 1960. Sandwanderung in Tideflüssen. Mitteilungen des Franzius Inst. Hannover 17.
- Ernst, A. 1995. Hamburger Elbschlick - Untersuchungen zur Charakterisierung des anorganischen Phasenbestandes. I. A. d. Amtes u. Hafenaufbau. 50 S. Hamburg.
- Fanger, H.-U. et al. 1989. A Study on the Transport of Pollutants through the Hamburg Harbour. In. Umweltbehörde Hamburg (Ed.). Der Hafen, eine ökologische Herausforderung. GKSS 89/E/32
- Fanger, H.-U., Kappenberg, J., Manning, V. 1990. A study on the Transport of Dissolved and Particulate Matter through the Hamburg Harbour. In. Michaelis, W. (ed.). Estuarine Water Quality Management-Monitoring, Springer Verlag Berlin. Coastal Estuarine Management 36: 127 - 134.
- Fanger, H.-U., Amann V., Brockmann, U., Gege, P., Herbers, D., Jablonski, R., Prange, A., Rybaczk, P. 1996. Spatial and Tidal Distributions of Suspended Particulate Matter along the Lower Elbe River - First Results from a Joint Venture including Airborne Remote Sensing, Helicopter and Shipborne Investigations. BILEX 93. Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 47: 207-219.
- Fast, T. 1993. Zur Dynamik von Biomasse und Primärproduktion des Phytoplanktons im Elbe-Ästuar. Diss. Fachber. Biologie. Univ. Hamburg.
- Felshart, Th. (1985. Quantitative Untersuchungen zur Morphodynamik im Sohlenregime der Unterelbe zwischen Cuxhaven und St.Margarethen. Unveröffentl. Magisterarbeit, Berlin 1985.
- Freie und Hansestadt Hamburg, Wirtschaftsbehörde, Strom- u. Hafenaufbau. 1997. Umlagerung von Baggergut aus dem Hamburger Hafen in der Tideelbe.

- Fräßdorf, J. 1996. Morphologische Veränderungen der Nebenelben von ca. 1950 bis 1995. BAW-AK. Hamburg.
- Fischer et al. 1979. Mixing in Inland and Coastal Waters. Academic Press, ISBN 0-12 258150-4.
- Förstner, U., Calmano, W., Schoer, J. 1985. Verteilung von Spurenmetallen zwischen Lösung und Feststoffen - aktuelle Fragen der Gewässergüte-Praxis an die Sedimentforschung. Vom Wasser, 64: 1-16.
- Förstner, U., Ahlf, W. 1991. Metalle und ihr chemisch physikalisches Verhalten in Ästuarien. ZMK Hamburg-Bericht 19, Die Unterelbe. Natürlicher Zustand und Veränderungen durch den Menschen: 93-104.
- Gaumert, T. 1992. Entwicklung der Schadstoffgehalte in frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten der Elbe bei Schnackenburg von 1984 - 1991. Wassergütestelle Elbe, Hamburg.
- Giere, O. 1968. Die Fluktuation des marinen Zooplanktons im Elbeästuar. Beziehungen zwischen Populationsschwankungen und hydrographischen Faktoren im Brackwasser. Arch. Hydrobiol. Suppl. 31 (Untersuch. Elbeästuar 3): 379 -546.
- Golombek, P., Greiser, N., Bornholdt, J., Peters, C.-P. 1996. Der Wrauster Bogen - Eine ökologische Studie über neugewonnenes Vorland an der Elbe. Auswirkungen der Umbaumaßnahmen am Deichvorland des Wrauster Bogens auf die Ökologie, Hydrologie und Sedimentologie des Gebietes. Gutachten i.A. der Baubeh. Hamburg, Amt f. Wasserwirtschaft. 30 S. Hamburg.
- Greiser, N. 1985. Die Bedeutung biologischer Faktoren für die Schwebstoffbildung in der Elbe - Untersuchungsmethoden und erste Ergebnisse. Die Küste 42: 135-149.
- Greiser, N. 1988. Zur Dynamik von Schwebstoffen und ihren biologischen Komponenten in der Elbe bei Hamburg. Hamburger Küstenforschung 45: 1-144.
- Greiser, N. 1995. Oberwasserwirkung in Tideflüssen auf die Sedimentation. KFKI-Projekt, Hamburg.
- Greiser, N. & Christiansen, H. 1996. Oberwasserwirkung in Tideflüssen auf die Sedimentation. Abschlußbericht zum KFKI-Forschungsvorhaben 515-3892 MTK 0540, Mai 1996 - in Zusammenarbeit mit Amt f. u. Hafenausbau Hamburg u. WSA Hamburg. 71 S.
- Harms, S. & Nehls 1995. Bestimmung der Sedimentherkunft im Hamburger Hafen aus stromabliegenden Elbabschnitten. Forschungsvorhaben im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Wirtschaftsbehörde der Freien u. Hansestadt Hamburg, Amt f. u. Hafenausbau; Abschlußbericht Dezember 1995.
- Herrmann, C. & Krause, J.C. 2000. Ökologische Auswirkungen der marinen Sand- und Kiesgewinnung. In: v. Nordheim, H. & Boedeker, D. Umweltvorsorge bei der marinen Sand- und Kiesgewinnung: 20-33. BfN-Skripten 23. Bonn-Bad Godesberg.
- Humann, K. 1992. Stoffwechselaktivität verschiedener Bakteriengruppen in der Elbe bei Hamburg. Diplomarbeit Inst. F. Allg. Botanik der Universität Hamburg.
- Humann, K. 1996. Der Einfluß des Mikrophytobenthos auf die Sedimentstabilität und Schwebstoffbildung aus Sedimenten im Elbe-Ästuar.- Diss. Univ. Hamburg.
- IKSE (ed.).1995. Die Elbe und ihr Einzugsgebiet. Magdeburg.
- Jelinek, S. 1999. Wasser- und Stoffhaushalt im Einzugsgebiet der oberen Stör. Diss. Universität Kiel.
- Kafemann, Thiel, R., Sepulveda, A. 1996. Die fischereiökologische Bedeutung der Nebenstromgewässer der Unterelbe. Arch. Hydrobiol. Suppl. 110 (Unters. Elbe-Ästuar 7): 199-214.

- Kappenberg, J., Fanger, H.-U., Manning, V., Prange A. 1990. Suspended Matter and Heavy Metal Transport in the Lower Elbe River under different Flow Conditions. Estuarine Water Quality Management-Monitoring. Coastal and Estuarine Studies 36: 147-152. Berlin.
- Kappenberg, J., Schymura, G., Kuhn, H. & Fanger, H.-U. 1996. Spring/neap variations of suspended matter concentration and transport in the turbidity maximum of the Elbe Estuary. Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 47: 323-332.
- Kausch, H. 1996 a. Die Elbe - ein immer wieder veränderter Fluß.- In: Lozán, J. L. & H. Kausch (eds.). Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. S. 43 - 52. Berlin.
- Kausch, H. 1996 b. Fahrwasservertiefungen ohne Grenzen?- In: Lozán, J. L. & H. Kausch (eds.). Warnsignal aus Flüssen und Ästuaren. S. 162 - 168. Berlin.
- Kerner, M. & Gramm, H. 1995. Changes in the oxygen consumption at the sediment-water interface formed by settling seston from the Elbe estuary. Limnol. Oceanogr. 40: S. 544 - 555.
- Kerner, M., Kappenberg, J. Brockmann, U. & Edelkraut, F. 1995. A case study on the oxygen budget in the freshwater part of the Elbe estuary. 1. The effect of changes in physico-chemical conditions on the oxygen consumption.- Arch. Hydrobiol. Suppl. 110 (Unters. Elbe-Aestuar 7): 1-25.
- Kies, L. & L. Neugebohn, L. 1994. Primärproduktion von Algen und Makrophyten in der Tide-Elbe. SFB 327 Tätigkeitsber. 1992 - 1994: 329-411.
- Kies, L., Fast, T. Wolfstein, K. & Hoberg, M. 1996. On the role of algae and their exopolymers in the formation of suspended particulate matter in the Elbe estuary (Germany).- Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 47: 93-103.
- Kies, L., Neugebohn, L., Braker, M., Fas, T., Gätje, C. & Seelig, A. 1992. Primärproduzenten und Primärproduktion im Elbe-Ästuar. In: Kausch, H. (ed.). Die Unterelbe - Natürlicher Zustand und Veränderung durch den Menschen. Ber. ZMK Univ. Hamburg 19: 137-168.
- Klages, D. 1995. A case study on the oxygen budget in the freshwater part of the Elbe estuary. 6. Potentials of oxygen demand in the longitudinal profile of the Elbe river. Arch. Hydrobiol. Suppl. 110: 1-25.
- Lang, A.W. 1976. Untersuchungen zur historisch-morphologischen Entwicklung des Elbe-Ästuars. Hamb. Küstenforschung 36.
- Lang, G. 1990. Zur Schwebstoffdynamik von Trübungszonen in Ästuarien. Ber. Inst. Strömungsmech. u. Elektron. Rechnen Univ. Hannover 26.
- LANU Schlesw.-Holst. 2004. Länderübergreifender Bericht zur Bestandsaufnahme im Zuge der WRRRL für den Koordinierungsraum Tideelbe - C-Ebene - Kategorie Küstengewässer. 33pp + Anhang. Kiel.
- LANU Schlesw.-Holst. 2004. Gewässergütekarte im digitalen Umweltatlas Schleswig-Holstein.
- Lichtfuß, R. & Brümmer, G. 1977. Schwermetallbelastung von Elbe-Sedimenten. Naturwissenschaften 64: 122-125.
- Lucht, F. 1964. Hydrographie des Elbe-Aestuars. Arch. Hydrobiol. Suppl. 29 (Untersuch. Elbe-Aestuar 2): 1-96.
- Ferk, U. 1995a. - Fahrrinnenanpassung von Unter und Außenelbe - Konzeption eines Monitoringprogramms für den Bereich der Hamburger Delegationsstrecke, und Hafenanbau Hamburg, Studie Nr. 79. 23 S. Hamburg

- Ferk, U. 1995b. Fahrrinnenanpassung von Unter und Außenelbe - Übersicht über geplante Baumaßnahmen im Bereich des Hamburger Hafens als Grundlage für die Erstellung der "Null-Variante" der UVU. und Hafenbau Hamburg. Studie Nr. 75. S. 1-18.
- Mayer, B. 1995. Ein dreidimensionales, numerisches Schwebstoff-Transportmodell mit Anwendung auf die Deutsche Bucht. Diss. Univ. Hamburg.
- Meyer, C. 1994. Hydrographie und Morphodynamik in einem Wattgebiet des Elbe-Ästuars. Diss. Univ. Hamburg.
- Michaelis, W., Fanger, H.-U., Müller, A. 1988. Die Bilanzierungsexperimente 1984 und 1985 auf der oberen Tideelbe. GKSS 88/E/22.
- Michaelis, W. 1991. Transport von Schweb- und Spurenstoffen, SFB 327, Tätigkeitsbericht. 1989 - 1991, TP A1b, S. 57-116.
- Miehlich, G.; Kiene, A.; Gröngröft, A.; Neuschmidt, O.; Franke, S. & Graack, G. 1997a. Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Materialband V: Fachgutachten Schutzgut Boden. Unveröff. Gutachten an das WSA Hamburg und die Wirtschaftsbehörde Hamburg.
- Miehlich, G.; Gröngröft, A.; Jähnig, U.; Neuschmidt, O.; Walter, F.; Franke, S. & Schwartz, R. 1997b. Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Materialband III: Fachgutachten Sedimente. Unveröff. Gutachten an das WSA Hamburg und die Wirtschaftsbehörde Hamburg.
- MUNL - Ministerium f. Umwelt, Natur u. Landwirtschaft Schleswig-Holstein. 2004. Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie - Landesinterner Bericht zur Analyse der Merkmale der Flussgebietseinheit Elbe. Stand August 2004. Kiel.
- Nehls R., Greiser N., Harms H. 1993. Forschungsvorhaben Mühlenberger Loch. Feststofftransport und Hafenverschlickung - Einfluß des Feststofftransportes auf die Gewässergüte. Forschungsvorhaben im Auftrag und in Zusammenarbeit mit dem Amt und Hafenbau und der Umweltbehörde Hamburg, Amt für Umweltschutz, Gewässer- und Bodenschutz. Abschlußbericht September 1993.
- Nehls, R., Greiser, N. & Harms, H. 1996. Changes in amount and composition of suspended particulate matter in relation to river discharge in the River Elbe near Hamburg Harbour, indicating changing transport characteristics.- Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 47: 475-484.
- Netzband, A. 1996. Umlagerung von Baggeregut aus dem Hamburger Hafen in der Tideelbe - Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen in den Jahren 1994 bis 1996. Ergebnisse aus dem Baggeregutuntersuchungsprogramm Heft 7. und Hafenbau Hamburg (September 1996).
- Netzband, A., Reincke, H. & Bergemann, M. 2002. The River Elbe. A case study for the ecological and economical chain of Sediments. J. Soils & Sediments 2: 112 - 116.
- Niedergesäß, R., Eden, H. & Schnier, C. 1996. Trace element concentrations in suspended particulate matter fractionated according to settling velocity. Adv. Limnol. 47: 41-52.
- Niedergesäß, R., Prange, A., Schnier, C. 1996. Variations of trace element content in suspended particulate matter in the Elbe estuary. Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 47: 235-246.
- NLWK Betr.stellen Lüneburg & Stade (eds.). 2001. Gewässergütebericht ELBE 2000. Lüneburg, Stade. 144 S.

- NMU - Niedersächs. Umweltministerium 2006. EG-Wasserrahmenrichtlinie. Zustandseinschätzung der Übergangs- und Küstengewässer. [http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C11296055\\_N11174448\\_L20\\_D0\\_I598.html](http://www.umwelt.niedersachsen.de/master/C11296055_N11174448_L20_D0_I598.html).
- Nöthlich, I. 1972. Beziehungen zwischen Trübungsverteilung und hydrographischen Faktoren im Süß- und Brackwasser des Elbeaestuars. Arch. Hydrobiol. Suppl. 43: 1-32.
- Nöthlich, I. 1989. Sauerstoffzehrung von Sedimenten in der Unterelbe. In: Umweltbehörde Hamburg (Hrsg.): Der Hafen - eine ökologische Herausforderung. 174ff. Hamburg.
- Nöthlich, I. 1990. Hydrobiologische Untersuchungen zur Kennzeichnung der Salzgehaltsverhältnisse im Elbe-Ästuar. Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-0535.
- Nöthlich, I. & Reuter, W. 1987. Kartierung und Sauerstoffzehrung von Sedimenten der Unterelbe. DGM 31: 81-88.
- PÖUN - Planungsgruppe Ökologie + Umwelt Nord. 1997. UVU zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Textbände, Kartenbände, Ergänzungsband u. Materialienbände. I. A. der Wasser- u. Schifffahrtsverwaltung d. Bundes, WSA Hamburg u. der FH Hamburg, Wirtschaftsbeh., Amt u. Hafenbau. Hamburg.
- Puls, W. 1986. Settling Velocity of Mud Floccs. Results of Field Measurements in the Elbe and Weser Estuary. International Symposium Physical Processes in Estuaries. S. 1-22. Delft.
- Rettet die Elbe. 2006. Sauerstoffloch in der Elbe - eine Analyse. <http://www.rettet-die-elbe.de/>
- Riedel-Lorjé, J.C. 1981. Untersuchungen über den Indikationswert von Aufwuchs in Süß- und Brackwasserzonen des Elbe-Aestuars unter Berücksichtigung industrieller Einleitungen.- Arch. Hydrobiol. Suppl. 61 (Untersuch. Elbe-Ästuar 5): 153 - 226.
- Riedel-Lorjé, J.C., Möller-Lindenhof, Vaessen, B. (1992). Salzgehalts- und Trübungsverhältnisse in dem oberen Brackwassergebiet der Elbe. ARGE Elbe, Wassergütestelle Elbe. 145 S.
- Riedel-Lorje, J.-C., Kohla, U. & Vaessen, B. 1995. Das Vordringen ausgewählter Bodentiere im Elbe-Ästuar als Indikation für eine Verlagerung der oberen Brackwassergrenze. DGM 39: 145.137.
- Rohde, H. 1971. Eine Studie über die Entwicklung der Elbe als Schifffahrtsstraße. Mitt. Franzius-Institut 36: 216-220.
- Rohde, H. 1974. Strömungsgeschwindigkeit und Schwebstofftransport in einem Tidefluß. Die Küste, H. 25. 1974.
- Schäfer, B. & Harms, H. 1995. A case study on the oxygen budget in the freshwater part of the Elbe estuary. 5. Distribution of different ammonia-oxidizing bacteria in the river Elbe downstream of Hamburg at low and normal oxygen concentrations.- Arch. Hydrobiol./Suppl. 110 (Unters. Elbe-Aestuar 7). 77-82.
- Schäfer, B. & Harms, H. 1996. Occurrence of different ammonia-oxidizing bacteria in the river Elbe between Hamburg und Glückstadt.- Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 47. 141-148.
- Schulze, M. 1988. Über die Abhängigkeit zwischen elektrischer Leitfähigkeit und Salzgehalt am Beispiel von Untersuchungen im Ems-Ästuar. Mitt. Leichtweiß-Inst. f. Wasserbau TU Braunschweig 102: 233-252.
- Schulze, M., Fritzsche, W., Kvapil, R. & Schnatow, P. 1990. Zur kapazitiven und induktiven Leitfähigkeitsmessung am Beispiel von Meßreihen der Gewässergütestation Terborg/Ems. Mitt. Leichtweiss Inst. TU Braunschweig 108: 159-176.
- Seelig, A. 1993. Primärproduktionsmessungen an *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. im Elbe-Aestuar.- Arch. Hydrobiol./Suppl. 75 (Untersuch. Elbe-Aestuar 6): 325-340.

- Siefert, W., Nebe, K. 1983. Bibliographie Elbeästuar. Strom- und Hafengebäude Hamburg, Referat Hydrologie Unterelbe, Studie Nr. 55: 17-27.
- Siefert, W. 1984. Hydrologische und morphologische Untersuchungen für das Mühlenberger Loch, die Außenelbe und den Neßsand. *Hamburger Küstenforschung* 43.
- Spingiat, F.M. 1997. Analyse der Schwebstoffdynamik in der Trübungszone eines Tideflusses - mehrjährige Meßreihen aus dem Ems-Ästuar. Diss. TU Braunschweig.
- Steuer, J. & Köritz, M. 1990. Das Benthos der Unterelbe zwischen Oldersum und Emden. Gutachten im Auftrag der ARSU GmbH. Oldenburg. 100 S.
- Tent, L. 1984. Überlebenschancen gefährdeter Fischarten (Äsche, Meerforelle) in Nebenflüssen des Elbe-Aestuars. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 61 (Untersuch. Elbe-Aestuar 5): 604-620.
- Tent, L. 1994. Meerforellen in der Seeve - Indikatoren für veränderte Elbe-Wasserqualität. *Dtsch. Ges. Limnol., Erweiterte Zusammenfass. Jahrestagung Hamburg*: 794-798.
- Tent, L. Restoration of Lowland Rivers in North Germany - a few thoughts about habitats to be improved. <http://www.umwelt.schleswig-holstein.de/servlet/is/41043/2004Restoration-LT.pdf?command=downloadContent&filename=2004Restoration-LT.pdf>
- Tent, L. 2006. Die Elbe bei Hamburg - besser und schlechter zugleich. <http://www.umwelt.schleswig-holstein.de/servlet/is/41043/>
- Umweltbehörde der Freien u. Hansestadt Hamburg (ed.). 1994. Gewässergütebericht Hamburg 1994 - Beschaffenheit der Oberflächengewässer in Hamburg. *Hamburger Umweltberichte* 48/1994. Hamburg.
- Umweltbehörde der Freien u. Hansestadt Hamburg (ed.). 2000. Gewässergütebericht Hamburg 1999 - Beschaffenheit der Oberflächengewässer in Hamburg. *Hamburger Umweltberichte* 59/2000: 186pp + Anhang. Hamburg.
- WSD Nord & BWA - Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord & Beh. f. Wirtschaft u. Arbeit d. Freien u. Hansestadt Hamburg. 2005. Festlegung des Untersuchungsrahmens gem. § 5 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). 28 S. + Anlage. Kiel.
- Wolfstein K. & Kies L. 1995. A case study on the oxygen budget in the freshwater part of the Elbe estuary. Variation in phytoplankton pigments in the Elbe estuary before and during the oxygen minima in 1992 and 1993. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 110: 39-54.
- WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.
- WSA Hamburg & Amt Strom u. Hafengebäude. 2001. 1. Bericht zur Beweissicherung (Erste Untersuchungen und Ist-Zustandsmessungen). 178 S. Hamburg.
- WSA Hamburg 2005a. 4. Bericht zur Beweissicherung (Kurzfassung, Vers. 1.1). 34pp. Hamburg.
- WSA Hamburg 2005b. Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt - Bericht zur Beweissicherung 2004 - Teil A (Textband) Version 3.0. Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg, Stand: Oktober 2005.
- Yasseri, S. & Karbe, L. 1995. A case study on the oxygen budget in the freshwater part of the Elbe estuary. 2. Amino acid pools and microbial proteolytic activity during an oxygen deficit situation in the lower Elbe River. *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 110 (Unters. Elbe-Ästuar 7). 27-37.

## 5 ANHANG

### 5.1 Abkürzungen

Abkürzung	Erläuterung
ARGE Elbe	Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe
As	Arsen
BAW DH	Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BnatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BRT	Bruttoregistertonne
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf
Cd	Cadmium
CO	Kohlenmonoxid
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
C <sub>s</sub>	Schwebstoffgehalt
DDD, DDE	Dichlordiphenyldichlorethan, DDT-Derivate
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
DIN	Deutsche Industrie-Norm
DOC	gelöster organischer Kohlenstoff (dissolved organic carbon)
DThb	Differenz des Tidehubes
DThw	Differenz des Tidehochwassers
DTnw	Differenz des Tideniedrigwassers
DWD	Deutscher Wetterdienst
Fe	Eisen
(g/kg)	TS Gramm pro Kilogramm Trockensubstanz
GVOBl. Schl.-H.	Gesetz- und Verordnungsblatt für Schleswig-Holstein
Hamb. GVBl.	Hamburger Gesetz- und Verordnungsblatt
HCB	Hexachlorbenzol
HCH	Hexachlorcyclohexan
Hg	Quecksilber
HGU	Gesellschaft für angewandte Hydrographie, Geoökologie und Umwelttechnik mbH
HmbNatSchG	Hamburgisches Naturschutzgesetz
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
SKN	Seekartennull
KN	Kartennull
kn	Knoten
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LnatSchG	Landesnaturschutzgesetz von Schleswig-Holstein
LSG	Landschaftsschutzgebiet
Mn	Mangan
MThw	Mittleres Tidehochwasser
MThb	Mittlerer Tidehub
MTnw	Mittleres Tideniedrigwasser
MTmw	Mittleres Tidehalbwasser
mV	Millivolt
Nds. GVBl.	Niedersächsisches Gesetz- und Verordnungsblatt
NH <sub>4</sub>	Ammonium
Ni	Nickel
nm	Nanometer / 10 <sup>-9</sup> m

NN	Normalnull
NNatG	Niedersächsisches Naturschutzgesetz
NO <sub>x</sub>	Stickoxide
NO <sub>2</sub>	Nitrit
NO <sub>3</sub>	Nitrat
NSG	Naturschutzgebiet
Pb	Blei
PCB	polychlorierte Biphenyle
psu	Salzgehaltsmaß "practical salinity unit" (1‰ Salzgehalt 1 psu)
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
SO <sub>x</sub>	Schwefeloxide
TdV	Träger des Vorhabens
Thb	Tidenhub
Thw	Tidehochwasser
Tnw	Tideniedrigwasser
TM	Trockenmasse
TOC	Gesamtkohlenstoffgehalt (total organic carbon)
TWVO	Trinkwasserverordnung
UG	Untersuchungsgebiet
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPVwV	Verwaltungsvorschrift zum UVP-Gesetz
VV-WSV	Verwaltungsvorschrift der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
WEG	Wassergütestelle Elbe
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt
WSD	Wasser- und Schifffahrtsdirektion
Zn	Zink
μ	Mikro

## GUTACHTERGEMEINSCHAFT



IBL UmweltPLANUNG GBR



IMS INGENIEURGESELLSCHAFT MBH

Geprüft: 07. Februar 2007

Geprüft: 07. Februar 2007

gez. W. Herr

gez. Dr. P. Ruland