

Inhalt	Seite
3	SCHUTZGUT WASSER, OBERIRDISCHE GEWÄSSER - WASSERBESCHAFFENHEIT / STOFFHAUSHALT..... 1
3.1	Beschreibung und Bewertung des Ist-Zustands 1
3.1.1	Art und Umfang der Erhebungen1
3.1.1	Bewertung der Datenbasis und Hinweise auf Kenntnislücken3
3.1.2	Beschreibung des Ist-Zustands4
3.1.2.1	Schwebstoffregime4
3.1.2.1.1	Charakteristika des Schwebstoffregimes im UG4
3.1.2.1.2	Schwebstoffregime in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe12
3.1.2.1.3	Schwebstoffregime in den Nebengewässern14
3.1.2.1.4	Schwebstoffregime in den Nebenflüssen der Tideelbe15
3.1.2.2	Salinität17
3.1.2.2.1	Charakteristika der Salinität im UG18
3.1.2.2.2	Salinität in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe19
3.1.2.2.3	Salinität in den Nebengewässern24
3.1.2.2.4	Salinität in den Nebenflüssen der Tideelbe24
3.1.2.3	Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt26
3.1.2.3.1	Charakteristika des Sauerstoff- und Nährstoffhaushaltes im UG27
3.1.2.3.2	Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe30
3.1.2.3.3	Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebengewässern40
3.1.2.3.4	Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebenflüssen der Tideelbe42
3.1.2.4	Schadstoffe45
3.1.3	Bewertung des Ist-Zustands48
3.2	Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen 52
3.2.1	Baubedingte Auswirkungen52
3.2.1.1	Schwebstoffregime52
3.2.1.1.1	Baubedingte Auswirkungen in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe54
3.2.1.1.2	Baubedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebeneiben57
3.2.1.1.3	Baubedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebenflüssen der Tideelbe57
3.2.1.2	Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt, Schadstoffgehalte58
3.2.1.2.1	Baubedingte Auswirkungen in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe58
3.2.1.2.2	Baubedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebeneiben.....60
3.2.1.2.3	Baubedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebenflüssen der Tideelbe61
3.2.2	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen61
3.2.2.1	Schwebstoffregime61

3.2.2.1.1	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe	63
3.2.2.1.2	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebnelben.....	66
3.2.2.1.3	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebenflüssen der Tideelbe	68
3.2.2.2	Salinität	69
3.2.2.2.1	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Salinität in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe.....	69
3.2.2.2.2	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Salinität in den Nebnelben	73
3.2.2.2.3	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Salinität in den Nebenflüssen der Tideelbe	74
3.2.2.3	Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt	75
3.2.2.3.1	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe.....	87
3.2.2.3.2	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebnelben	88
3.2.2.3.3	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebenflüssen.....	88
3.2.2.4	Schadstoffe	89
3.2.2.4.1	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe	90
3.2.2.4.2	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den Nebnelben.....	92
3.2.2.4.3	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den Nebenflüssen der Tideelbe	92
3.2.2.5	Übersicht über die vorhabensbedingten Umweltauswirkungen.....	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1-1:	Längseinteilung der Tideelbe in fünf Wasserkörper (ARGE ELBE 2004a).....	2
Tabelle 3.1-2:	Minimum und erstes Quartil des Sauerstoffgehaltes (mg/l O ₂) an fünf Messstellen der Tideelbe in den Jahren 1998 bis 2004	34
Tabelle 3.1-3:	Minima des Sauerstoffgehaltes in vier Nebengewässern der Tideelbe im Zeitraum 1998 bis 2005	42
Tabelle 3.1-4:	90%-Werte von Schwermetallen für die Jahre 1998 bis 2004 an der Messstation Seemannshöft (Strom-km 628,9)	46
Tabelle 3.1-5:	90%-Werte von Schwermetallen für die Jahre 1998 bis 2004 an der Messstation Cuxhaven (Strom-km 725,2)	47
Tabelle 3.1-6:	Bewertungsrahmen Sauerstoffhaushalt	50
Tabelle 3.1-7:	Bewertungsrahmen Nährstoffhaushalt	50
Tabelle 3.1-8:	Bewertungsrahmen Schadstoffe	51
Tabelle 3.1-9:	Bewertung Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt.....	51
Tabelle 3.2-1:	Ausbaubedingte Änderungen der mittleren Salzgehalte im Wasserkörper Übergangsgewässer (vgl. Unterlage H.1a)	73
Tabelle 3.2-2:	Ausbaubedingte Änderungen der Salzgehalte im Wasserkörper Küstengewässer (Unterlage H.1a)	73
Tabelle 3.2-3:	Ausbaubedingte Änderungen der Salzgehalte in der Mündung der Nebenflüsse (Unterlage H.1a)	75
Tabelle 3.2-4:	Vorhabensbedingte Veränderung des Verhältnisses von Wasseroberfläche und Wasservolumen im Bereich von Fahrrinnenkilometer 635 bis 639	80
Tabelle 3.2-5:	Prognose der zukünftigen Baggermengen in den zu unterhaltenden Abschnitten (Unterlage H.1c, s.a. Kapitel 2)	86
Tabelle 3.2-6:	Übersicht über die vorhabensbedingten Auswirkungen auf Wasserbeschaffenheit / den Stoffhaushalt	94

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1-1:	Längseinteilung der Tideelbe in fünf Wasserkörper (ARGE ELBE 2004a).....	2
Abbildung 3.1-2:	Alle Schwebstoff-Längsprofile der Tideelbe 1979-2003 (aus Bergemann 2004).....	6
Abbildung 3.1-3:	Abschätzung des Schwebstoffinventars der Tideelbe in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss auf der Basis der Längsprofilmessungen von 1979 bis 1994 (aus Bergemann 2004).....	10
Abbildung 3.1-4:	Verlagerung der oberen Brackwassergrenze in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss (gewichtetes 3-Wochen-Mittel; aus ARGE ELBE 2005c).....	22
Abbildung 3.1-5:	Verlagerung der oberen Brackwassergrenze (1h vor T _{nw}) bei niedrigen Oberwasserabflüssen 1953 - 2004 (aus ARGE ELBE 2005c).....	23
Abbildung 3.1-6:	Sauerstoffgehalte (Tagesminima) bei Seemannshöft (km 628,8) 1982 - 2003 (aus ARGE ELBE 2004c), hervorgehoben („Gefahr von Fischsterben“) ist die 3 mg/l-Linie	28
Abbildung 3.1-7:	Sauerstoff-Längsprofile der Tideelbe am 1. Juli 2003 und 18. Juli 1985 (aus ARGE ELBE 2004b)	29
Abbildung 3.1-8:	Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle Bunthaus (km 609,8) 1998 - 2004 (ARGE ELBE)	31
Abbildung 3.1-9:	Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle Seemannshöft (km 628,8) 1998 - 2004 (ARGE ELBE)	32

Abbildung 3.1-10: Sommerliche Längsprofile des Ammoniumgehalts in der Tideelbe aus der Zeit vor (1982, 1984, 1989) und nach (1998) der Wiedervereinigung (ARGE ELBE 2005c).....	33
Abbildung 3.1-11: Längsprofil der Tideelbe im Sommerhalbjahr (02.06.2004, aus Internetgalerie ARGE ELBE 2005c)	36
Abbildung 3.1-12: Längsprofil der Tideelbe im Winterhalbjahr (15.2.2005, aus Internetgalerie ARGE ELBE 2005c)	36
Abbildung 3.1-13: Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle Grauerort (km 660,5) 1998 - 2004 (ARGE ELBE).....	39
Abbildung 3.2-1: Abschätzung des Einflusses verschiedener Maßnahmen auf den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe im Sommer	78

3 SCHUTZGUT WASSER, OBERIRDISCHE GEWÄSSER - WASSERBESCHAFFENHEIT / STOFFHAUSHALT

3.1 Beschreibung und Bewertung des Ist-Zustands

3.1.1 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 zur Verfügung gestellt. Des Weiteren basieren die Ausführungen auf einschlägiger Literatur und sonstigen Daten, die im Text jeweils zitiert sind. Zurückgegriffen wird auch auf die Bearbeitung in der UVU zur vorangegangenen Fahrrinnenanpassung (PÖUN 1997).

Untersuchungsgebiet

Den Vorgaben des Untersuchungsrahmens (WSD Nord & BWA 2005) 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 Springtidehochwasserlinie, 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.

Bei der Bearbeitung des Teilschutzgutes Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt sind die aktuellen Entwicklungen im Gewässerschutz und hierbei insbesondere die Anforderungen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000) zu beachten. Es wird, den Festlegungen in den Berichten zur Umsetzung der WRRL (ARGE ELBE/WGE 2004a) folgend, eine Einteilung der Tideelbe nach sog. Wasserkörpern¹ verwendet. Diese Einteilung gliedert das UG in eine Abfolge von fünf Wasserkörpern: drei limnisch geprägte Abschnitte, einen Übergangsgewässer- und einen Küstengewässerabschnitt (Tabelle 3.1-1, Abbildung 3.1-1).

¹ 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.

Tabelle 3.1-1: Längseinteilung der Tideelbe in fünf Wasserkörper (ARGE ELBE 2004a)

Lage	Strom-km	Abschnitts-länge (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 bis Grauerort ¹⁾	635,0 - 654,9 635,0 - 660,5	19,9	Elbe (West)	Typ 22 - Marschgewässer (limnisch)
bis Kugelbake	654,9 - 727,0	72,1	Übergangsgewässer	Typ T1 - Übergangsgewässer (brackig)
bis Scharhörn	727,0 - 746,3	19,3	Küstengewässer ²⁾	Küstengewässer (marin)
Gesamt	586,0 - 746,3	ca. 160	Tideelbe	-

Erläuterungen:

¹⁾ Nicht mehr aktuelle Abgrenzung nach ARGE ELBE 2002.

²⁾ 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.

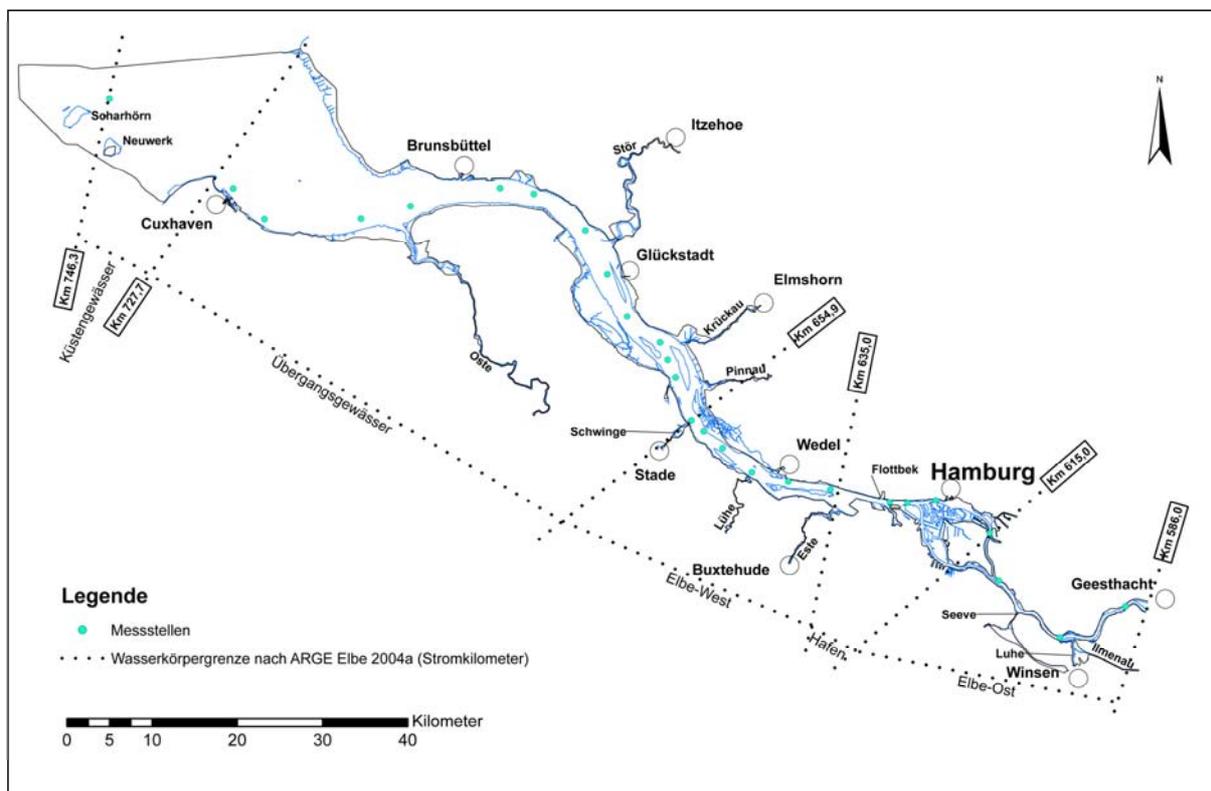


Abbildung 3.1-1: Längseinteilung der Tideelbe in fünf Wasserkörper (ARGE ELBE 2004a)

Gemäß Untersuchungsrahmen gehören auch die tidebeeinflussten Nebenflüsse und Nebengewässer zum Untersuchungsgebiet. Nebengewässern sind insbesondere die aus ehemaligen Seitenarmen der Elbe hervorgegangenen sogenannten Nebenelben sowie sonstige kleinere, tideoffene Gewässer. Nachfolgend werden die Nebenflüsse und Nebengewässer in Wasserkörper(gruppen) eingeteilt und den Fließgewässertypen gem. WRRL (Pottgiesser et al. 2004) zugeordnet (Tabelle 3.1-1). Die Gewässer sind nach ihrer Lage linksseitig bzw. rechtsseitig der Elbe und nachfolgend stromaufwärts gehend gelistet. Eingestellt sind nur die tidebeeinflussten Unterläufe.

Tabelle 3.1-3: Zuordnung der „Nebenflüsse und Nebengewässer“ gem. WRRL

Gewässer, Lage	Teileinzugsgebiet u. Wasserkörper(gruppe) ^{1), 2)}	Fließgewässertypisierung (Pottgiesser et al. 2004)
Rechtsseitig der Tideelbe		
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
Linksseitig der Tideelbe		
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 Schlu- senfleth/Krautsander Binne- elbe	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, Olderhau- sen - Mündung	Typ 22.2 - Flüsse der Marschen 1
Luhe	28016 Luhe (Unterlauf)	Typ 15 - sand- u. lehmgeprägte Tieflandflüsse

Erläuterungen:

¹⁾ soweit im UG befindlich²⁾ Die WRRL bezieht sich auf Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet > 10 km². 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>).

3.1.1 Bewertung der Datenbasis und Hinweise auf Kenntnislücken

Die Datenbasis zur Bewertung und Prognose dieses (Teil-)Schutzguts ist ausreichend. Kenntnislücken, die zu einer fehlerhaften Bewertung oder entscheidungserheblichen Prognoseungenauigkeit führen würden, bestehen nicht (s. Unterlage H.2a).

3.1.2 Beschreibung des Ist-Zustands

Eine grundlegende hydrologische Beschreibung des Untersuchungsgebiets findet sich in der Unterlage H.2a (Kapitel 2.3.1.1). Die im Folgenden zu bearbeitenden Leitparameter gem. WSD Nord & BWA (2005) sind „*Schwebstoffregime, Gehalt von Sauerstoff, Nährstoff, Salz und Schadstoffe*“.

3.1.2.1 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. 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 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 ELBE² (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, statistische Auswertungen der vorliegenden Daten sind nur eingeschränkt möglich.

3.1.2.1.1 Charakteristika des Schwebstoffregimes im UG

Allgemeines zum Schwebstoffregime

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 verstanden³.

² Die Probennahme für das Standard-Messprogramm erfolgt einmal monatlich im Abstand von ca. 5 km bei voll laufendem Ebbestrom ca. 1 h vor dem Tideniedrigwasser aus der Fahrwassermitte. Während dieser Tidephase ist der Wasserkörper vertikal am besten (homogen) durchmischt.

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

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 Umlagerungen 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 Nebeneiben oder den Hafenbecken.

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 Mittelbe 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 Mittelbe). 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.

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 diese werden sohnah weiter stromauf transportiert, als bei Ebbe wieder stromab.

Abbildung 3.1-2 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.

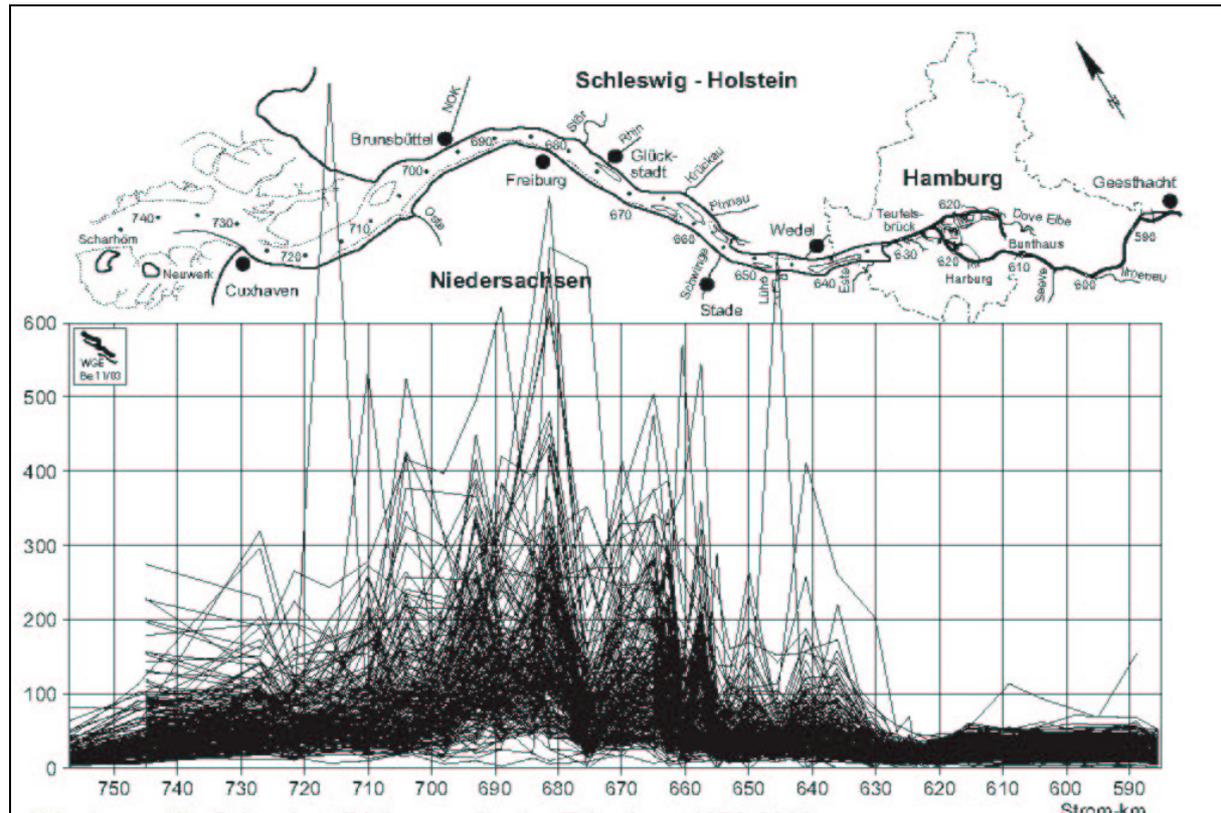


Abbildung 3.1-2: Alle Schwebstoff-Längsprofile der Tideelbe 1979-2003 (aus Bergemann 2004)

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 Tnw um km 680 (Störmündung) und sind bei Thw 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 hohem 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 „punktuell, 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 f. Strom- und Hafenbau 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 Tideströmung 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 Tideströmung Werte um 400 bis 500 mg/l , bei Tidestromkenterung 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 auch für die o.g. Angaben vom Amt f. Strom- u. Hafenbau).

BAW-DH (Unterlage H.1c) operiert mit deutlich geringeren Schwebstoffkonzentrationen und gibt in der Simulation für die Trübungszone zwischen Störmündung und Rhinplate „vertikal über die gesamte Wassertiefe gemittelte mittlere Suspensionskonzentrationen“ $> 200 \text{ mg/l}$ an, mit dem Hinweis, dass „maximal in der Simulation über 320 mg/l auftreten (die o.g. Ergebnisse aus ADCP-Messungen dagegen teilen zu der dort befindlichen QP 9 mittlere querschnittsgemittelte Konzentrationen um 400 mg/l (Kenterphasen) und 700 mg/l bei maximal entwickeltem 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 mg/l, im Winterhalbjahr im Mittel 100 - 150 mg/l. Die maximalen Schwebstoffkonzentrationen in der Tideelbe betragen sohnah einige 1.000 mg/l.⁴ 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 Mio. m³ gebaggert. Seit der vorangegangenen Fahrrinnenanpassung 1998/99 sind die Baggermengen in diesem Abschnitt der Tideelbe von 4 Mio. m³/a in den Jahren 2000 bis 2003 auf etwa 8 Mio. m³/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 Mio. m³/a und 5,5 Mio. m³/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).

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 schwankten die Baggermengen im Bereich des WSA Cuxhaven zwischen 4,8 Mio. m³/a und 8,5 Mio. m³/a (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

⁴ Zum Vergleich: In der Tideeems kann der Schwebstoffgehalt bei bestimmten Systemzuständen außerordentlich hoch sein. Es werden Konzentrationen von 4.000 - 6.000 mg/l erreicht. Die maximalen sohnahen Werte betragen bis zu 130.000 mg/l (BAW 1997).

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") unterschieden⁵. 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 3.1.2.2). 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.⁶

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 mitgeteilt.⁷ Danach transportiert die Mittelelbe im Mittel 600.000 bis 700.000 t/a Schwebstoffe in die Tideelbe, 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 (Frühjahrschhochwasser) 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

⁵ 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.

⁶ 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.

⁷ Vorgehensweise: das Wasservolumen von km 628 - 726 (Seemannshöft bis Cuxhaven) wurde für den Zeitpunkt T_{nw} -1h in 1-Kilometerabschnitten ermittelt und die enthaltenen Schwebstoffmengen aufsummiert. Die mittleren Gehalte der Oberflächenproben bei unterschiedlichen Abflüssen wurden auf einen Querschnittsmittelwert hochgerechnet.

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.

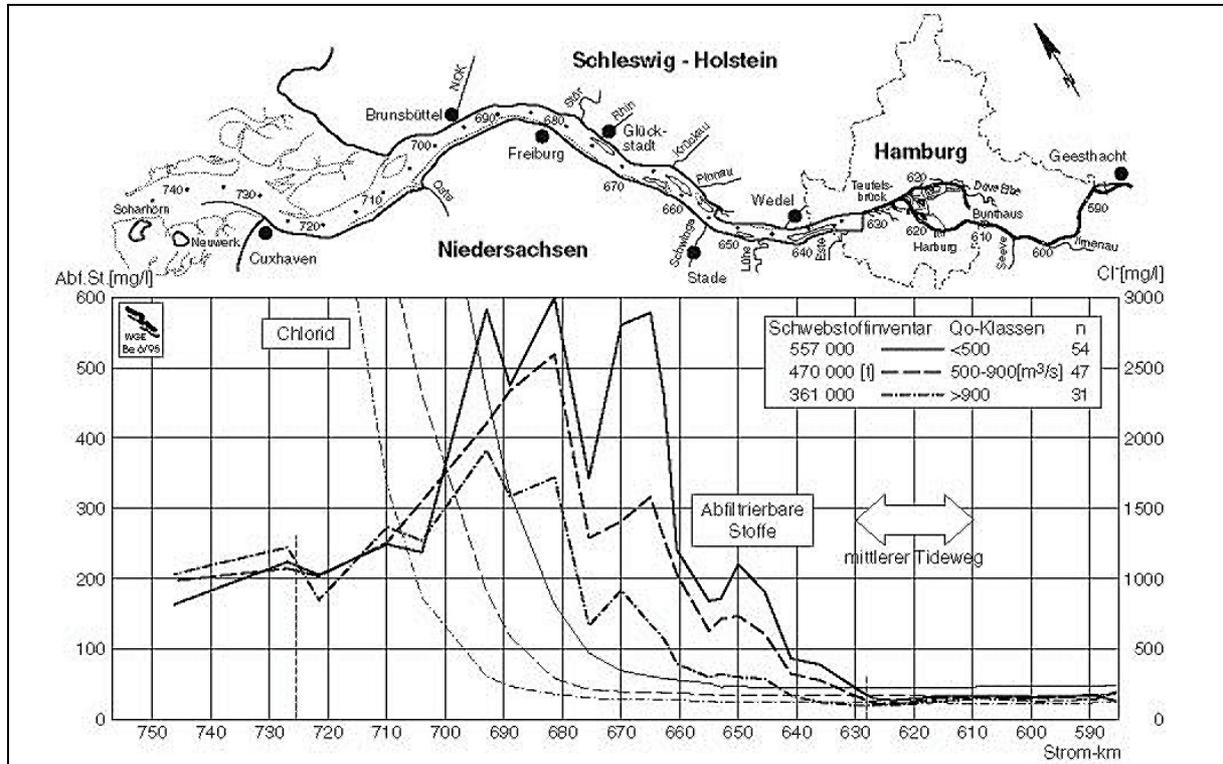


Abbildung 3.1-3: Abschätzung des Schwebstoffinventars der Tideelbe in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss auf der Basis der Längsprofilmessungen von 1979 bis 1994 (aus Bergemann 2004)

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 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 m³/s) weisen die Nettotransporte (Differenz aus Flut- und Ebbetransport) 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 werden 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 $3 - 17 \times 10^6 \text{ m}^3$ und Sedimentationsvolumina von $6 - 10 \times 10^6 \text{ m}^3$ ermittelt, insgesamt ca. $41 \times 10^6 \text{ m}^3$ und $40 \times 10^6 \text{ m}^3$, mithin eine (mit allen Einschränkungen) in diesem ausgewählten Bereich der Tideelbe eine 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.

3.1.2.1.2 Schwebstoffregime in den einzelnen Wasserkörpern der Tideelbe

Wie zuvor bereits erwähnt, transportiert die Tideelbe oberhalb des Hamburger Stromspaltungsgebiet ausschließlich Schwebstoffe fluviatil-limnischer Herkunft, die aus der 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 verteilt⁸.

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, remobilisiert 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.

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 Schwinde-Mündung, km 635,0 - 654,9)

In diesem Wasserkörper treten im unteren Abschnitt (etwa ab km 630) bereits ansteigende Schwebstoffgehalte auf (vgl. Abbildung 3.1-3). Da geringe Oberwasserzuflüsse vor allem im Sommer vorkommen, kann sich die Trübungszone im Sommerhalbjahr

⁸ In den übrigen Wasserkörpern können durch die erhöhte Turbulenz zu Beginn der Ebbe- und Flutphase sohinneh erhöhte Schwebstoffkonzentrationen auftreten, weil zusätzliches Feststoffmaterial mobilisiert wird.

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 mit 5 bis 770 mg/l an. Die Variabilität von C_S ist also sehr groß und 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. Ausführungen zur Lage und Variabilität der Trübungszone im UG auf S. 5).

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.

Sohnah 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 von Faktor 2 bis 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 des Übergangs zur Deutschen Bucht 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 die Erosion im Luechter Loch ist durch partielle Eintiefungen weiter voran geschritten. Diese erheblichen Sedimentverluste haben in der vergangenen Dekade zu einer schleichenden Verstärkung des Tidehubes in der Unterelbe beigetragen.

3.1.2.1.3 Schwebstoffregime in den Nebengewässern

Nachfolgend werden Nebengewässer behandelt, die den Wasserkörpern Elbe-West (Hahnöfer Nebenelbe) und Übergangsgewässer (Lühesander Süderelbe, Pagensander und Glückstädter Nebenelbe) 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.).

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

ders 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 3.1-2, S. 6) und weist u.a. deshalb sehr hohe Sedimentationsraten auf.

3.1.2.1.4 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 Daten sind ausführlich in der Unterlage H.2a dargestellt und werden im Folgenden zusammenfassend beschrieben.

Stör

Die in Unterlage 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 Kap. 3.1.2.2.4).

Krückau

Die in Unterlage H.2a 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 Brackwassereinflüsse der Elbe zurückzuführen (siehe Kap. 3.1.2.2.4).

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 Unterlage H.2a 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.

Pinnau

Die in Unterlage H.2a angegebenen 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 in Unterlage H.2a aufgeführten Minimum- und Maximumwerte deuten nicht auf Brackwassereinträge aus der Elbe im Zeitraum von 1998 - 2004 hin.

Wedeler Au, Hetlinger Binnenelbe und Flottbek

Aus diesen Gewässern liegen keine Schwebstoffmessungen vor.

Oste

Die in Unterlage H.2a dokumentierten C_S -Maximalwerte und die im Vergleich mit den übrigen Zuflüssen der Tideelbe hohen Medianwerte sind auf Brackwassereinträge aus der Elbe zurückzuführen (siehe Kap. 3.1.2.2.4).

Freiburger Hafenpriel

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

Zuflüsse/Nebengewässer im Bereich Krautsand und Asseler Sand

Die in dem Bereich von km 660 bis 676 befindlichen Nebengewässer (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 in Unterlage H.2a 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 Kap. 3.1.2.2.4).

Lühe/Aue

Die in Unterlage H.2a dokumentierten vereinzelt hohen C_S -Maxima (Jahr 2000) sind auf Einträge aus der Elbe zurückzuführen.

Este, Seeve, Ilmenau, Luhe

Wie der Unterlage H.2a zu entnehmen ist, sind im Unterlauf der Este phasenweise erhöhte C_S -Werte nachweisbar, die vermutlich auf Einträge aus der Elbe zurückzuführen sind. 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_S aufweist, die etwa dem Niveau von Ilmenau und Seeve entsprechen.

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 m³ (entspricht ungefähr 15% der gesamten Baggermenge) in die Untereelbe umgelagert und der Rest landseitig verbracht wurde. Daran hat sich größenordnungsmäßig nichts geändert.

3.1.2.2 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-Lorjé 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 (Unterlage H.1a) 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,⁹ 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).

⁹ Die Probenahme für das Standard-Messprogramm erfolgt mehrmals jährlich im Abstand von ca. 5 km bei voll laufendem Ebbestrom ca. 1 h vor dem Tideniedrigwasser aus der Fahrwassermitte. Während dieser Tidephase ist der Wasserkörper vertikal am besten (homogen) durchmischt.

3.1.2.2.1 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

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 Salzgehalt¹⁰ 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 3.1-4, S. 2), auch bei Tidehochwasser ist diese Korrelation noch signifikant.

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 3.1-1, S. 2).

Der Salzgehalt in Ästuarien weist infolge einer zeitweise unvollständigen Durchmischung des Wasserkörpers eine vertikale Differenzierung auf. Das dichtere Seewas-

¹⁰ Die Maßeinheit "Salzgehalt" ist historisch bedingt und wissenschaftlich nicht korrekt. Dies ist hier jedoch wenig belangvoll.

ser verbleibt sohin und wird vom Süßwasser überschichtet, wobei der Grad der Durchmischung je nach Gewässermorphologie und Strömungsbedingungen unterschiedlich ist. Generell gilt die Tideelbe als gut durchmischt. Lokal und saisonal können Faktoren auftreten, die eine Durchmischung reduzieren (Phase vor Thw). Zum Kenterzeitpunkt der Flut sind unterschiedliche Dichten/Salinitäten in Fahrrinne und Randbereichen möglich.¹¹

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)¹².

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‰¹³. 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 Chloridlängsprofil 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.¹⁴

3.1.2.2.2 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

¹¹ 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 Tideeems von der Überflutungszeit abhängige Zonierungen der Salinität im Porenwasser feststellten.

¹² 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.

¹³ 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.

¹⁴ 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.

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 gekennzeichnet¹⁵. 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:

Oberwasserzufluss (m ³ /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 Ästuarien unterschiedlich. Der Anstieg der Salzgehalte nach oberstrom (Abbildung 3.1-4, S. 22) 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)¹⁶ 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

¹⁵ Die Salzeinleitung im Raum Stade mit einer Jahresfracht von ca. 1,3 x 10⁶ t Chlorid ist in diesem Zusammenhang weitgehend irrelevant.

¹⁶ Bergemann vermutet einen Zusammenhang mit dem „in diesem Zeitraum erfolgten Ausbau der Unterelbe von 10 m auf 13,5 m unter MTnw“.

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) erweitert den Betrachtungszeitraum um Daten aus 2004 und bestätigt nochmals dieses Ergebnis (Abbildung 3.1-5).

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.

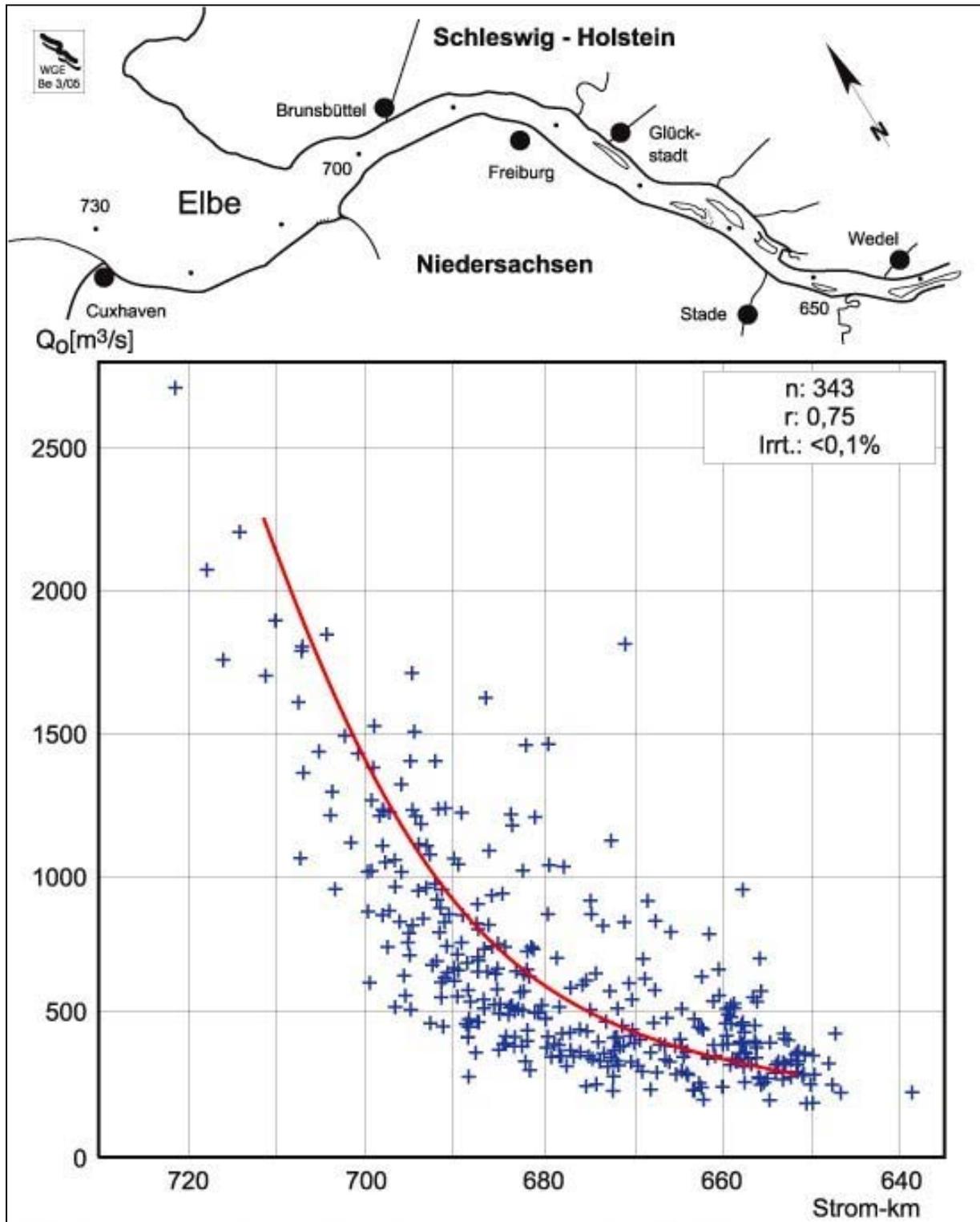


Abbildung 3.1-4: Verlagerung der oberen Brackwassergrenze in Abhängigkeit vom Oberwasserabfluss (gewichtetes 3-Wochen-Mittel; aus ARGE ELBE 2005c)

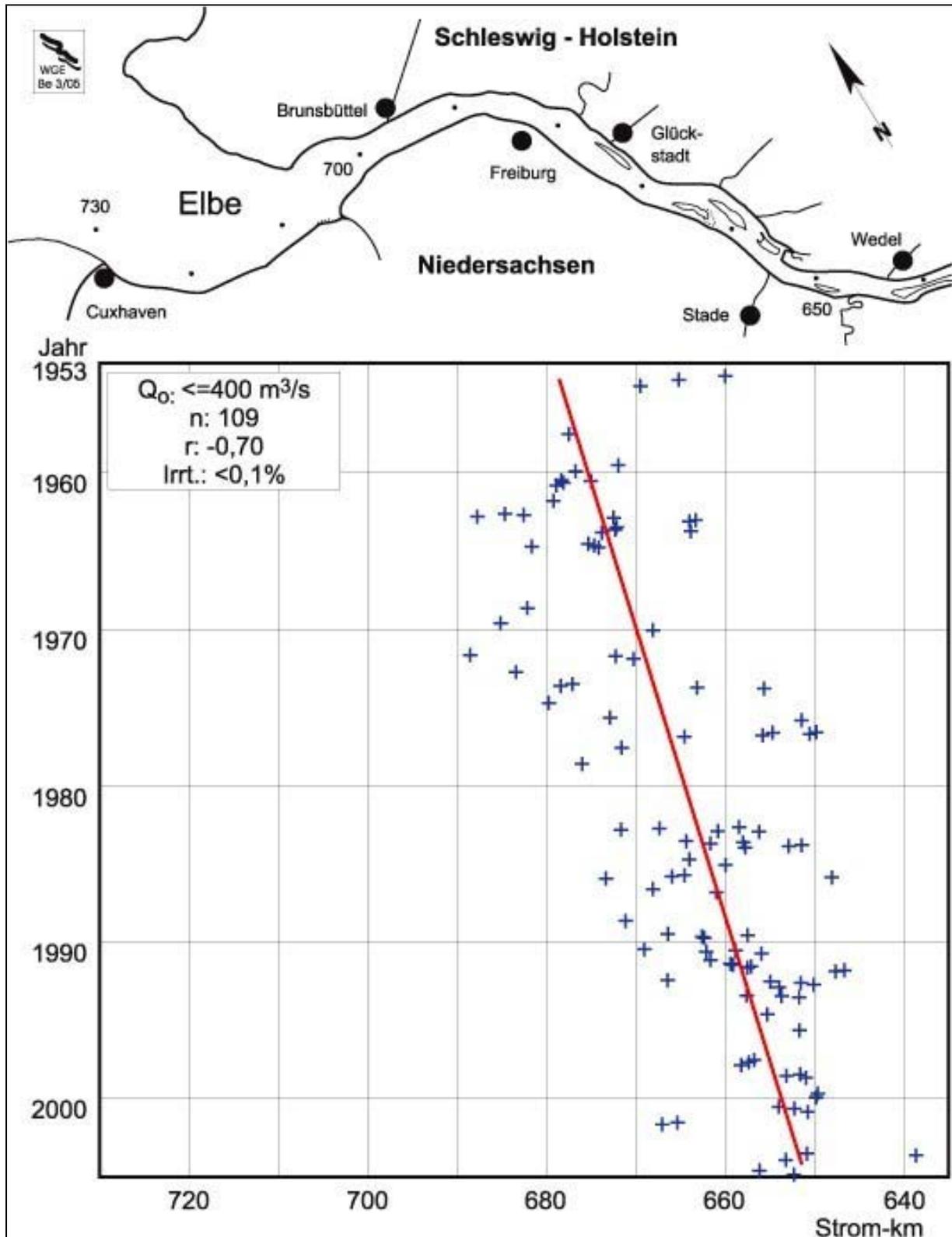


Abbildung 3.1-5: Verlagerung der oberen Brackwassergrenze (1h vor Tnw) bei niedrigen Oberwasserabflüssen 1953 - 2004 (aus ARGE ELBE 2005c)

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.

3.1.2.2.3 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 Salzgehalte in den Nebengewässern werden durch die im Hauptstrom herrschenden Verhältnisse geprägt. In Unterlage H.2a werden dazu Daten aus den Längsprofilmessungen der Wassergütestelle Elbe von 1998 bis 2004 (ARGE ELBE 2005b) aufgeführt.

3.1.2.2.4 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 eigene Brackwasserzonen 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.

Nachfolgend werden die Salinitätsverhältnisse in den Nebenflüsse zusammenfassend beschrieben. Dabei wird auf Wassergütedaten der ARGE ELBE Bezug genommen, die in der Unterlage H.2a dargestellt sind.

Stör

Die Brackwassereinträge aus der Elbe lassen sich anhand der erhöhten Chloridgehalte im Unterlauf der Stör 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 (s. Unterlage H.2a). Im Sinne der WRRL beachtenswerte anthropogene Salzeinleitungen in die Stör sind nicht bekannt.

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 zeit-

weise in diesem Bereich. An der oberhalb des Hafens Elmshorn liegenden Messstelle sind keine Brackwassereinträge mehr nachweisbar. Dies zeigen die niedrigen Maximalwerte und der geringe Schwankungsbereich der Chloridgehalte (s. Unterlage H.2a). Im Sinne der WRRL beachtenswerte anthropogene Salzeinleitungen in die Krückau sind nicht bekannt.

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 ein Brackwassereinfluss nicht mehr nachweisbar. Dies zeigen die niedrigen Maximalwerte und der geringe Schwankungsbereich der Chloridgehalte (s. Unterlage H.2a). Im Sinne der WRRL beachtenswerte anthropogene Salzeinleitungen in die Pinnau sind nicht bekannt.

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 diese Gewässer auszuschließen. 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.

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 befindlichen Nebengewässer (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 gem. WRRL. Der tidebeeinflusste Unterlauf der Schwinge weist auf niedrigem Niveau wechselnde Salzgehalte auf. Dies belegen die 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.

Lühe/Aue

Die Mündung der Lühe (Aue) befindet sich im limnisch geprägten Wasserkörper Elbe-West. Brackwassereinträge aus der Elbe bis zum Tidewehr in Horneburg sind vermutlich bei Sturmtiden möglich (dazu liegen keine Messdaten vor); die 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. Im Sinne der WRRL beachtenswerte anthropogene Salzeinleitungen in die Aue/Lühe sind nicht bekannt.

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 etwa die Abgrenzung der Wasserkörper Hafen und Elbe(West), die übrigen Nebenflüsse 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 Salzgehalte aufweist und die Verhältnisse mit denen in der Seeve vergleichbar sind.

3.1.2.3 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 durch¹⁷ (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 sein¹⁸. 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. Betrachtet werden die Parameter Sauerstoffkonzentration, Sauerstoffsättigung und Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB 5, Zehrung 7) sowie die Nährstoffe Nitrat, Ammonium und Phosphat.

3.1.2.3.1 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 3.1-6). Seit etwa Mitte der 1990er Jahre ist dies vor allem durch den Eintrag biologisch abbaubaren organischen Materials aus der Mittelelbe 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 3.1-6 dokumentiert die im Vergleich zur Mitte der 80er Jahre eingetretene Verbesserung der Sauerstoffgehalte im Hamburger Hafen.

¹⁷ Die Probenahme für das Standard-Messprogramm erfolgt einmal monatlich im Abstand von ca. 5 km bei voll laufendem Ebbestrom ca. 1 h vor dem Tideniedrigwasser aus der Fahrwassermitte. Während dieser Tidephase ist der Wasserkörper vertikal am besten (homogen) durchmischt.

¹⁸ Zur Mess- und Beobachtbarkeit von vorhabensbedingten Auswirkungen S. Kapitel 1.2

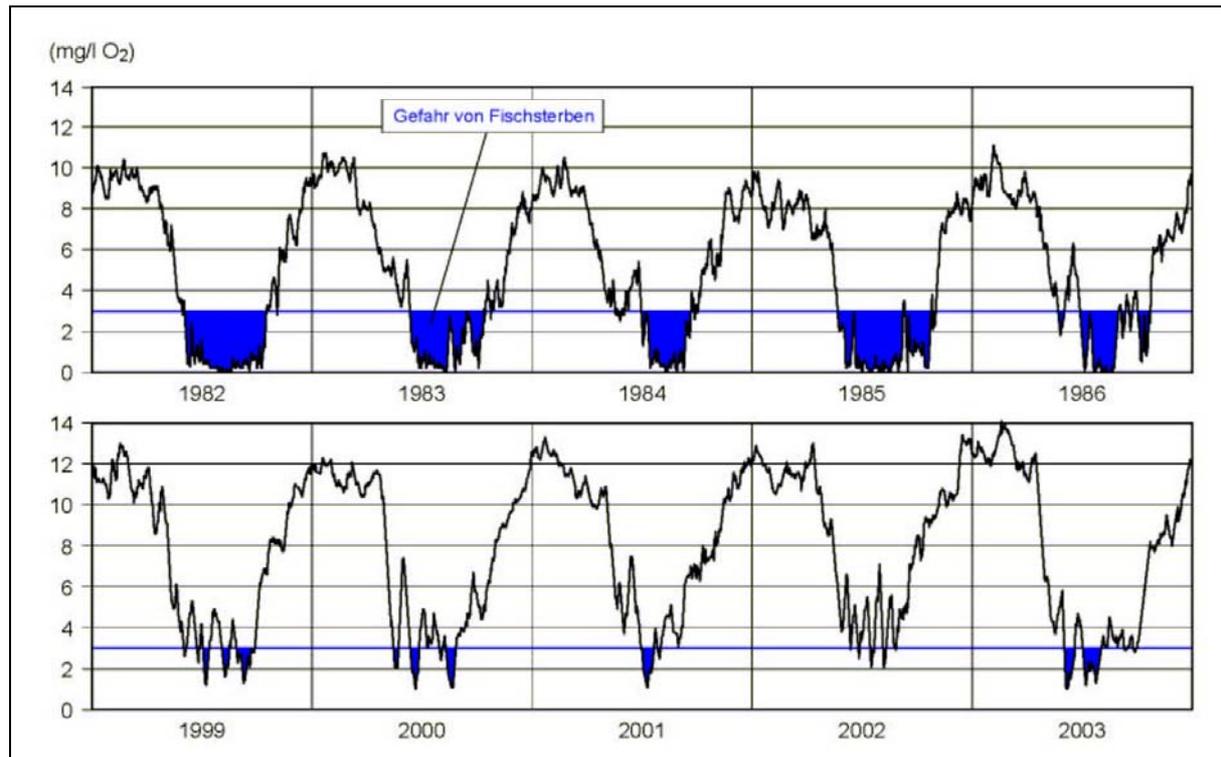


Abbildung 3.1-6: Sauerstoffgehalte (Tagesminima) bei Seemannshöft (km 628,8) 1982 - 2003 (aus ARGE ELBE 2004c), hervorgehoben („Gefahr von Fischsterben“) ist die 3 mg/l-Linie

Für den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe wichtige Faktoren sind der physikalische und biogene O_2 -Eintrag sowie der O_2 -Verbrauch durch Zehrungsprozesse. Die aus der Mittel- und Außenelbe eingetragenen Algen sterben in den Wasserkörpern Hafen und Elbe (West) aufgrund mangelnder Lichtversorgung ab¹⁹. 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 3.1-7). 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.

¹⁹ 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.

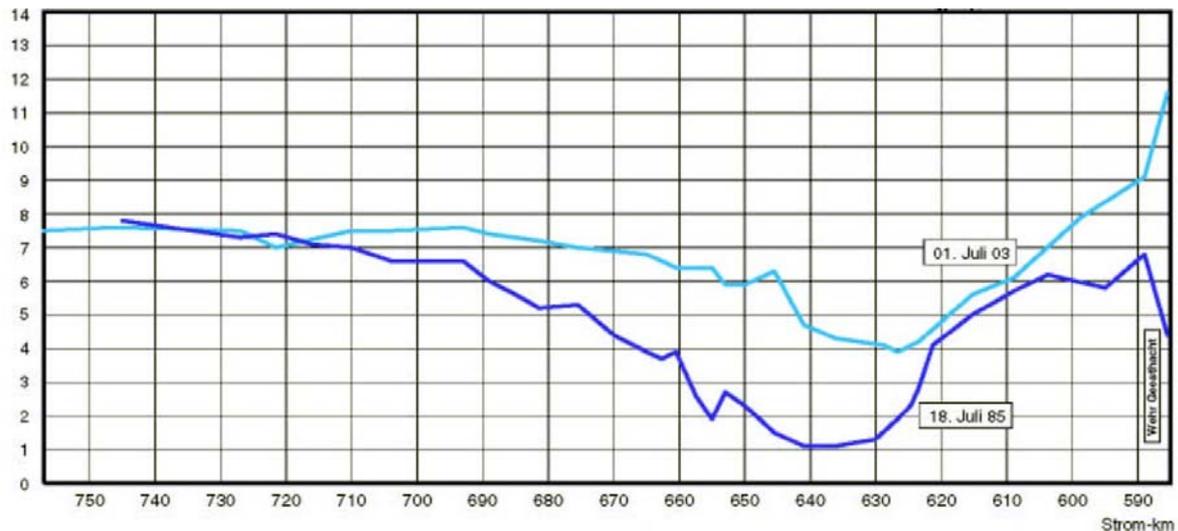


Abbildung 3.1-7: Sauerstoff-Längsprofile der Tideelbe am 1. Juli 2003 und 18. Juli 1985 (aus ARGE ELBE 2004b)

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 Tideelbe²⁰ sowie Abwassereinleitungen im Hamburger Bereich aus.

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 µg 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 Zone²¹ des Wasserkörpers ist in der Tideelbe, bedingt durch hohe Schwebstoffgehalte (siehe z. B. Fanger et al. 1996) und daraus resultierend starker Trübung, von geringer Mächtigkeit. 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.

²⁰ Flushing time im Wasserkörper Übergangsgewässer (ARGE ELBE 2002, 2004a) bei niedrigem Oberwasserzufluss (ca. 250 m³/s) ca. 72d, bei mittlerem Oberwasserz. (ca. 700 m³/s) ca. 24d, bei hohem Oberwasserz. (1.200 m³/s) ca. 15-16d.

²¹ Lichtdurchfluteter Bereich des Wasserkörpers mit positiver Nettophotosynthese, begrenzt durch ca. 1% des Oberflächenlichtes.

Von Belang für den biogenen Sauerstoffeintrag ist auch das Mikrophytobenthos²² der Flachwasser- und Wattengebiete, dessen Biomasse ebenfalls mit dem Übergang von der limnischen zur mesohalinen Zone deutlich abnimmt. Schlickige Sedimente weisen i.d.R. 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 mg Chl a/m² (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).

3.1.2.3.2 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den einzelnen Wasserkörpern 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 ausgewertet. Die Ergebnisse sind in der Unterlage H.2a dargestellt²³, nachfolgend erfolgt eine zusammenfassende Darlegung.

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

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 ≥ 7 bis 9 treten im Wasserkörper Elbe (Ost) regelmäßig im Sommer auf. Dies beruht auf der oberhalb im Verlauf der Mittelelbe beständig zunehmenden Algen- und damit Sauerstoffproduktion. Bei Schnackenburg werden sommerliche Gehalte um die 20 mg/l O₂ und Sauerstoffsättigungsindices > 200 % erreicht.

Die Sauerstoffgehalte bewegen sich im Wasserkörper Elbe (Ost) überwiegend in einem unkritischen Bereich. Abbildung 3.1-8 zeigt das prozentuale Auftreten (bezogen auf die Gesamtzahl aller Messwerte eines Monats) der gewählten vier Sauerstoffgehaltsklassen im Zeitraum 1998 - 2004 an der Messstelle Bunthaus (609,8). 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 Wasserkörper Hafen in den Wasserkörper Elbe (Ost) (S. u.). Wie

²² 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.

²³ Daten der ARGE ELBE (monatliche Längsprofile) liegen zu den Parametern Sauerstoffgehalt, Sauerstoffsättigung, BSB5/Zehrung⁷, Ammonium (als Ammonium-N), Nitrat (als Nitrat-N), Phosphat (als Phosphat-P), DOC (dissolved organic carbon) und abfiltrierbare Stoffe (Schwebstoffe) vor.

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.

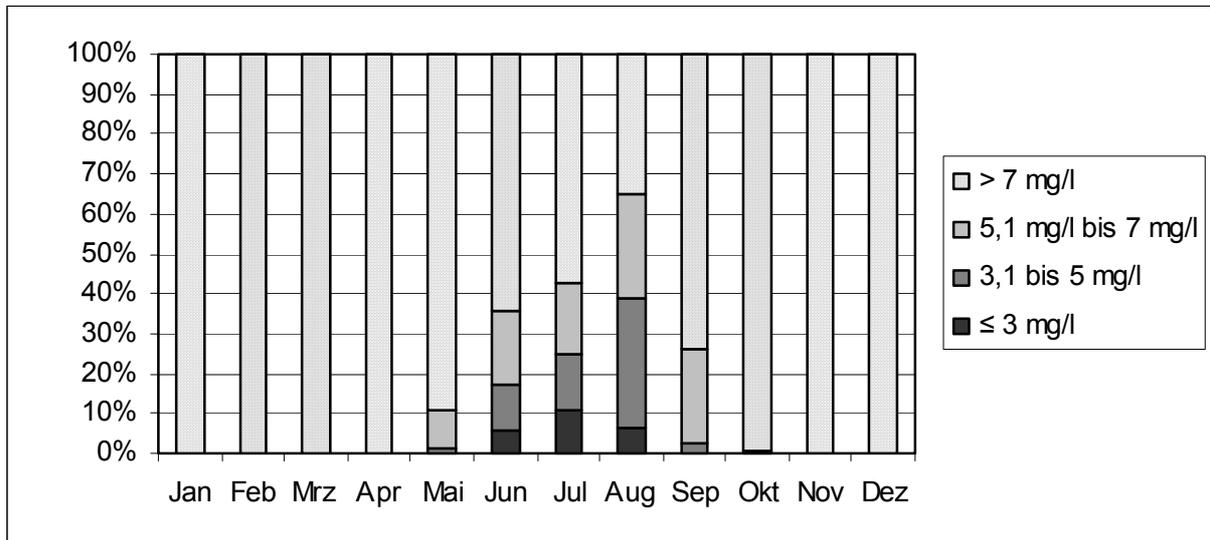


Abbildung 3.1-8: Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle Bunthaus (km 609,8) 1998 - 2004 (ARGE ELBE)

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 - 2004 im Winter etwa doppelt so hoch wie im Sommer. Dies dürfte eine 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 und somit auch von geringem Belang für Sauerstoffzehrungsprozesse sein (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) 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 Oberwasserzufluss ab, ggf. sind auch heterotrophe mikrobiellen Abbauprozesse involviert (vgl. Kerner et al. 1995).

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

Der Mittelwert der Sauerstoffsättigung erreicht in keinem Halbjahr 100%, die Werte in den Sommerhalbjahren sind niedriger 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 3.1-2). 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 3.1-9 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.

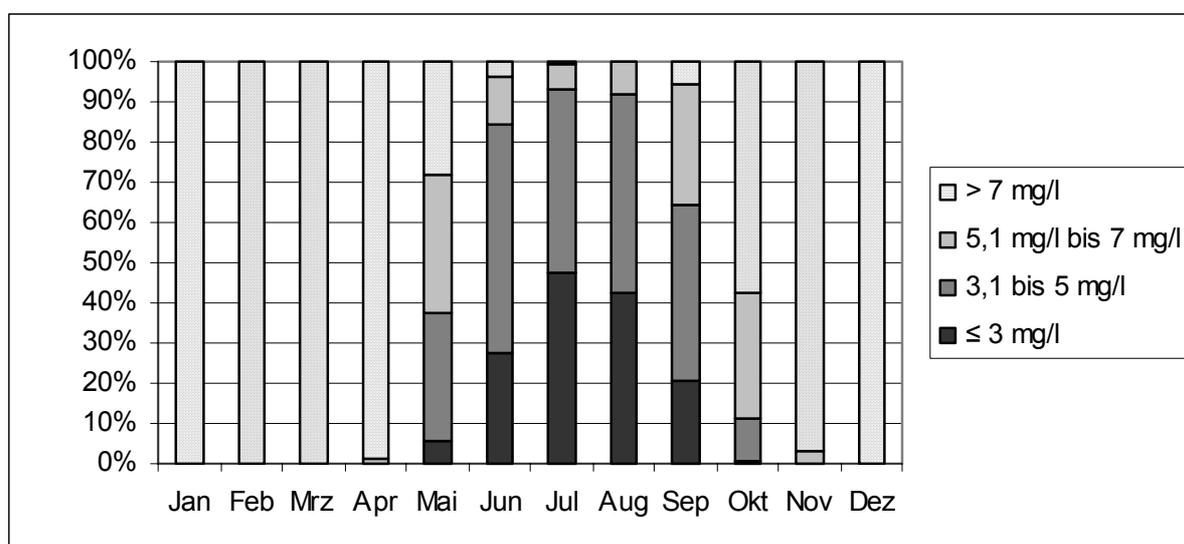


Abbildung 3.1-9: Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle Seemannshöft (km 628,8) 1998 - 2004 (ARGE ELBE)

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

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 3.1-6). 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 Mittelelbe weist im Sommerhalbjahr Phytoplankton-Massenentwicklungen 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)²⁴. Der Abbau

²⁴ Die Primärverschmutzung mit sauerstoffzehrenden Stoffen (direkte Einleitungen, sonstige Einträge) ist in der Tideelbe gering. Die Sekundärverschmutzung nimmt im Verlauf der Mittelelbe stetig zu und er-

dieser organischen Substanz findet unter Sauerstoffverbrauch statt. Nach ARGE ELBE (2004c) liegen die auftretenden Minimalwerte des aktuellen Sauerstoffgehaltes zwischen 1 und 5 mg/l O₂ (S. Abbildung 2.2-6 und Abbildung 2.2-7).

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 3.1-10 zeigt dies am Beispiel von vier sommerlichen Längsprofilen des Ammoniumgehalts in der Tideelbe. Die vor 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.

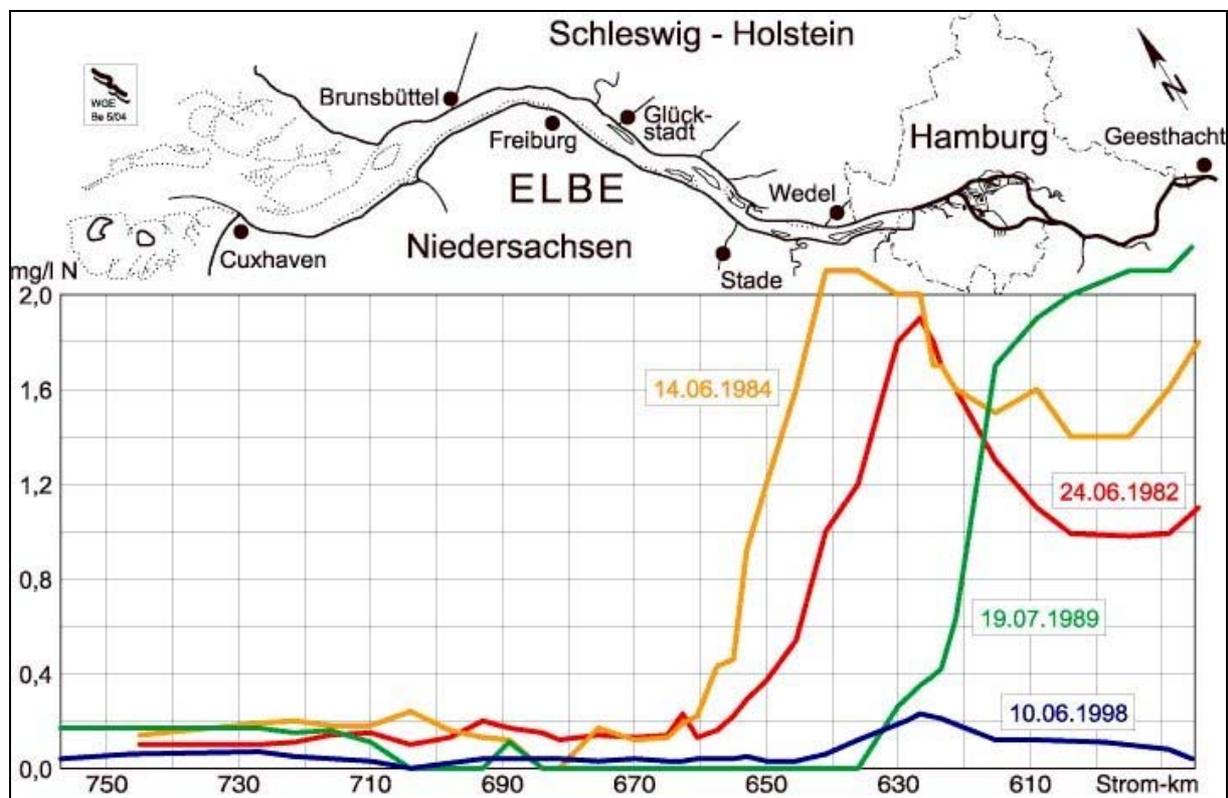


Abbildung 3.1-10: Sommerliche Längsprofile des Ammoniumgehalts in der Tideelbe aus der Zeit vor (1982, 1984, 1989) und nach (1998) der Wiedervereinigung (ARGE ELBE 2005c)

Beim Nitrat (Zeitraum 1998 - 2004) 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

reicht mit Übergang in den Wasserkörper Elbe (Ost) ihren Höhepunkt (S. z. B. ARGE Elbe 2004b, 2006; auch Rettet die Elbe 2006)

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 3.1-2: Minimum und erstes Quartil des Sauerstoffgehaltes (mg/l O₂) 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)	7,7	10,4	8,9	10,8	9,5	10,9	8,8	10,6	5,9	10,9	4,7	10,0	8,2	11,5
Seemannshöft (Hafen; km 628,8)	4,1	6,0	2,7	4,7	2,3	5,7	3,8	6,3	3,7	6,6	1,3	3,8	1,7	4,8
Grauerort (Übergangsgewässer, km 660,5)	5,0	5,8	4,1	5,0	4,4	5,9	4,3	5,6	4,9	6,0	4,5	5,8	4,9	6,4
Bütteler Außen-deich (Übergangsgewässer, km 691,0)	7,3	8,7	7,6	8,2	7,6	8,7	6,8	8,6	6,7	8,5	5,2	8,6	8,2	8,7
Cuxhaven (Übergangsgewässer, km 725,2)	7,8	9,4	6,5	8,1	8,1	9,5	8,3	9,4	7,3	8,9	7,8	9,0	8,4	9,1

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. Grazing²⁵) 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 Sauerstoffhaushaltes 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 Mittel-elbe 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 photoau-

²⁵ Elimination von Phytoplankton durch Filtration des Zooplanktons

totrophen 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).²⁶ 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 sind²⁷. PÖUN (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 $0,2 \text{ mg-N/l}$).

Die Abbildung 3.1-11 und Abbildung 3.1-12 zeigen noch einmal die deutlichen Unterschiede zwischen Winter- und Sommerhalbjahr anhand zweier Längsprofile vom 02.06.2004 und vom 15.02.2005. Dargestellt sind die Parameter Sauerstoffgehalt, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Temperatur. Im Juni 2004 hat sich, bei für Zehrungsvorgänge noch suboptimalen Wassertemperaturen von $< 20^\circ\text{C}$ (man beachte: oberhalb Geesthacht liegt die Wassertemperatur bei ca. 24°C), ein Bereich mit (noch nicht fischkritischen) Sauerstoffdefiziten im Elbabschnitt von etwa km 630 bis km 680 gebildet. Zusammenhänge mit der Brackwasserzone (S. Verlauf der elektrischen Leitfähigkeit) bestehen bei beiden Längsprofilen offensichtlich nicht.

Festzuhalten ist, dass trotz der bestehenden Kenntnislücken die grundlegenden Zusammenhänge 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 Sauer-

²⁶ 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-Wasserkörpern des Wasserkörpers Hafen (vergl. Wolfstein & Kies 1995, Kerner et al. 1995).

²⁷ 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 sohnahem Schwebstoffgehalt und Nitrifikationsaktivität.

stoffeintrag 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 Außenelbe) weitgehend abgebaut sind. Der dann die Zehrung überwindende physikalische Sauerstoffeintrag (ein beachtlicher biogener Eintrag wird hier mangels Phytoplankton nicht erreicht) reicht aus, um fischkritische Sauerstoffgehalte zu verhindern.

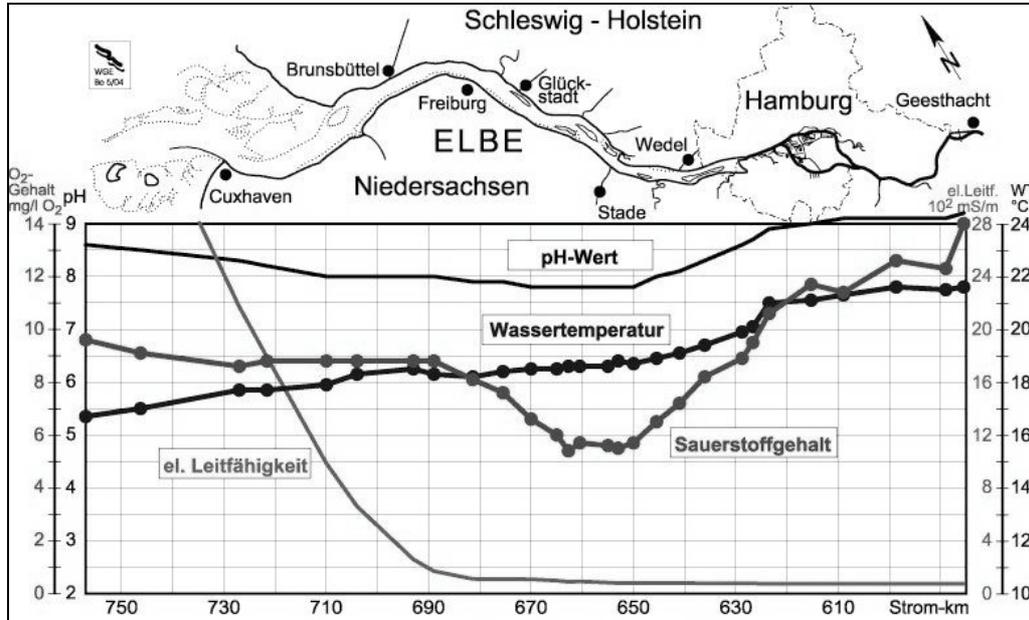


Abbildung 3.1-11: Längsprofil der Tideelbe im Sommerhalbjahr (02.06.2004, aus Internetgalerie ARGE ELBE 2005c)

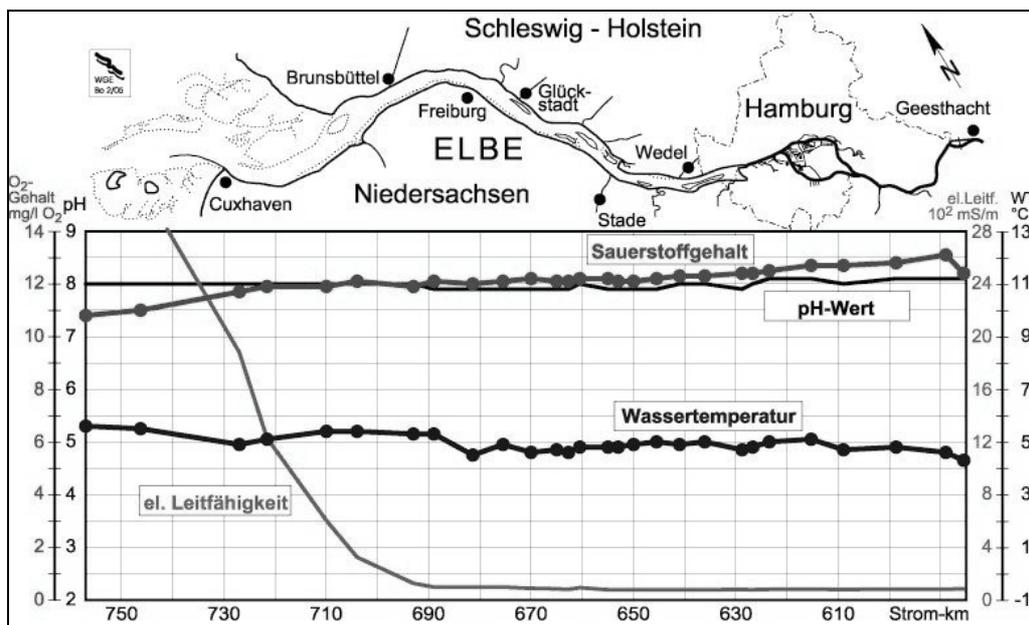


Abbildung 3.1-12: Längsprofil der Tideelbe im Winterhalbjahr (15.2.2005, aus Internetgalerie ARGE ELBE 2005c)

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

Der Mittelwert der Sauerstoffsättigung erreicht in keinem Zeitraum 100%, in den Sommerhalbjahren sind die Werte niedriger als im Winter. Im Zeitraum 1998 - 2004 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 3.1-2 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 3.1-2).

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 sauerstoffzehrenden 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 ist²⁸ (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 als noch von PÖUN (1997) beschrieben, auch im Wasserkörper Elbe (West) seit Mitte der 1990er Jahre in den Winterhalbjahren auf (so auch im Wasserkörper Übergangsgewässer).

Nachfolgend wird auf einige, für die Beschreibung des Übergangs vom Wasserkörper Hafen in das sich unterhalb zunehmend öffnende Ästuar mit den Wasserkörpern Elbe (West), Übergangsgewässer und Küstengewässer besonders geeignete Stoffgradienten eingegangen.

BSB5 bzw. Zehrung⁷ 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. Die noch von PÖUN (1997) für den Bereich unterhalb des Hamburger Hafens angegebene weitere Konzentrationsverringering 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

²⁸ Hinsichtlich des biogeochemischen Zehrungspotentials bei niedrigen Sauerstoffkonzentrationen, ggf. hervorgerufen durch bakterielle Reduktion von Seston-gebundenem Fe und Mn, vgl. Bergemann et al. (1996).

Wasserkörpern der Tideelbe bewegen sich im Bereich von 2 bis 4 mg/l. Lediglich im bereits marin geprägten Wasserkörper Küstengewässer treten deutlich geringere Werte auf.

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. Lediglich im bereits marin geprägten Wasserkörper Küstengewässer treten deutlich geringere Werte auf. Jahreszeitlich bedingt treten bei der Novemberbeprobung niedrigere Werte auf.

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

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 den Sommerhalbjahren sind die Werte ausgewählter Sauerstoff- und Nährstoffparameter 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 3.1-11). 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 3.1-2 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.

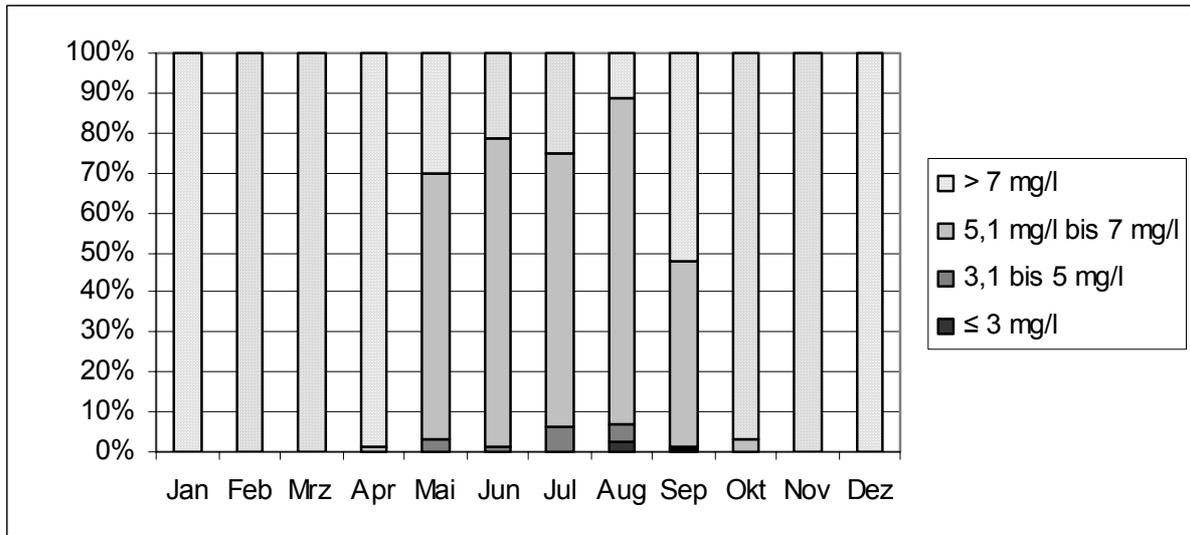


Abbildung 3.1-13: Prozentuale Anteile von Sauerstoffgehaltsklassen an der Messstelle Grauerort (km 660,5) 1998 - 2004 (ARGE ELBE)

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 Augusthochwasser 2002 auf.

Teilbereich km 677 - 704

In diesem Teilbereich ist die Trübungszone besonders deutlich ausgeprägt, es treten im Mittel die höchsten oberflächennahen Schwebstoffkonzentrationen. 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 3.1-2 (S. 34) angegebenen Minima und Q1-Werte an der Station Bütteler Außendeich (km 691,1), die über > 5 mg/l liegen.

In diesem zentralen Bereich der Trübungszone wird verstärkt Nordseewasser zugemischt. Die jahreszeitlichen Mittelwerte von BSB5/Zehrung7 liegen im Bereich von 1 - 3 mg/l O₂ 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, 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 3.1-2 (S. 34) 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.

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

Dieser Wasserkörper ist deutlich marin beeinflusst. Dies zeigen u.a. die geringen Schwebstoffkonzentrationen und die sehr geringen Nitratgehalte. 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 der Veränderungen im Zeitabschnitt 1998 - 2005 marginal.

Daten von Messstellen liegen aus Nebenrinnen in der Außenelbe (Vogelsander Norderelbe, nördlich des Großen Vogelsandes) und angrenzenden Wattbereichen (Nordertill, Teil eines Rinnensystems südwestlich Scharhörn) vor. 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.

3.1.2.3.3 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebengewässern

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

In Kapitel 3.1.2.1.3 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) stellte jedoch fest, dass die „auf die einzelnen Untersuchungsabschnitte bezogenen Ergebnisse der statischen Auswertungen aller betrachteten Parameter gleichermaßen auch für die in diesen Elbabschnitten gelegenen Nebanelben“ gelten. Begründet wird dies mit den bei den betrachteten Sauerstoff- und Nährstoffparametern auftretenden geringen Abweichungen vom Hauptstrom der Tideelbe, die die Variabilität der Naturmessdaten nicht übertreffen würden. Auf Ergebnisse von Golombek et al. (1996) zu nicht gegebenen Wirkungen der Nebanelben auf die Gewässergüte in der Elbe sei hier nur hingewiesen.

Längsprofilmessungen der ARGE ELBE im Hinblick auf ausgewählte Sauerstoff- und Nährstoffparameter in Nebanelben werden ausführlich in der Unterlage H.2a betrachtet. Das Augenmerk gilt dabei den ausgewählten Parametern des Sauerstoffgehaltes im Hinblick auf eine Funktion der Nebanelben 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 Nebanelbe, aber auch den Rückgang der zu beobachtenden Differenzen hin. Während im Winter kaum Unterschiede auftreten, gingen im Sommer die Differenzen von „oft mehr als 6 mg O₂/l in den 1980er Jahren auf maximal ca. 4 mg in den 1990er Jahren 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 Nebanelben sehr gering. BfG (2006) teilt zusammenfassend mit, dass die Hahnöfer Nebanelbe, ungeachtet regelmäßiger Sauerstoffdefizite im Sommer (BfG verweist auf verringerte Algengehalte und eine ggf. damit zusammenhängende mindere biogene O₂-Produktion), immer noch ein „sauerstoffreicheres“ Rückzugsgebiet für Tiere sei.

Festzustellen ist, dass die Differenzen der jahreszeitlichen Mittelwerte zwischen Hauptstrom und Nebanelben im Winterhalbjahr marginal sind. Im Sommerhalbjahr treten dagegen teils etwas größere Differenzen auf. Diese betreffen jedoch überwiegend nur die Hahnöfer Nebanelbe (s. Unterlage H.2a).

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 (Zehrung⁷). In der Lühesander Nebanelbe sind die jahreszeitlichen Mittelwerte gegenüber dem Hauptstrom leicht erhöht, in den übrigen Nebanelben leicht erniedrigt.

Zu klären bleiben die auftretenden Minima insbesondere des Sauerstoffgehaltes in den Nebengewässern (Fischsterben treten nicht bei Mittelwerten des Sauerstoffgehaltes auf). Tabelle 3.1-3 gibt, basierend auf den bei Längsprofilmessungen der ARGE 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 vernachlässigt werden.

Die Hahnöfer Nebanelbe und die Lühesander Süderelbe werden von den im Hauptstrom auftretenden Sauerstoffdefiziten deutlich erfasst. Auch in der Lühesander Süderelbe sind fischkritische Werte < 3 mg/l durch die (wenigen) Längsprofilmessungen

ermittelt worden. In der Pagensander und der Glückstädter Nebenelbe war dies nicht der Fall. Die absoluten Minima dürften deutlich niedriger sein, als die in der Tabelle 3.1-3 erfassten Werte.

Tabelle 3.1-3: Minima des Sauerstoffgehaltes in vier Nebengewässern der Tideelbe im Zeitraum 1998 bis 2005

	1998	1999	2000	2001	2002 ¹⁾	2003	2004	2005
	Sauerstoffminima (mg/l O₂)							
Hahnöfer Nebenelbe	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 Nebenelb.	5,7	5,6	6	5,4	3,7	5,8	5,8	6,2
Glückstädter Nebenelbe	7	6,4	6,1	6,6	3,9	6,3	6,6 ²⁾	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, 1) = 7 Beprobungen, 2) = 5 Beprobungen

3.1.2.3.4 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebenflüssen der Tideelbe

Nachfolgend werden, soweit Daten verfügbar sind, der Sauerstoffhaushalt in den Nebenflüssen behandelt. Auf den Nährstoffhaushalt (N und P) wird nicht eingegangen, da das zu beurteilende Vorhaben keinen Einfluss auf den Nährstoffhaushalt von Nebenflüssen 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 Unterlage H.2a sind die Sauerstoffgehalte in der Stör an der Messstelle Heiligenstedten angegeben. 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.

Krückau

In Unterlage H.2a sind die Sauerstoffgehalte in der Krückau an der Messstelle Elmsborn 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 Brackwas-

sereinträgen erhöhten Schwebstoffgehalte (s. Kap. 3.1.2.1.4) in den Jahren 2000 und 2004 lässt sich aus den gemessenen Sauerstoffgehalten nicht ableiten.

Pinnau

In Unterlage H.2a sind die Sauerstoffgehalte in der Pinnau an der Messstelle Pinneberg (Eisenbahnbrücke) angegeben. 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.

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 Unterlage H.2a sind die Sauerstoffgehalte in der Oste an der Messstelle Oberndorf angegeben. 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).

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 befindlichen Nebengewässer (Wischhäfener Süderelbe, Krautsander Binnenelbe, Ruthenstrom, Gauensieker Schleusenfleth, Gauensieker Süderelbe, Barnkruger Süderelbe, Barnkruger Loch, Bützflether Süderelbe) sind in Abhängigkeit von der Tide teils nur zeitweise an den Hauptstrom ange-

schlossen. Aus den Gewässern liegen keine Daten zum Stoffhaushalt vor (weder der Gütebericht von NLWK (2001) noch BR Lüneburg (2004a) behandeln diese Gewässer).

Schwinge

In Unterlage H.2a sind die Sauerstoffgehalte in der Schwinge an der Messstelle Symphonie angegeben. 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.

Lühe/Aue

In Unterlage H.2a sind die Sauerstoffgehalte in der Lühe an der Messstelle Mittelkirchen angegeben. Die Minima und Q1-Werte an der Messstelle Mittelkirchen 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 würden.

Este

In Unterlage H.2a sind die Sauerstoffgehalte in der Este an der Messstelle Hole angegeben. 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.

Seeve

In Unterlage H.2a sind die Sauerstoffgehalte in der Seeve an der Messstelle Hörsten angegeben. 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.

Luhe

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

Ilmenau

In Unterlage H.2a sind die Sauerstoffgehalte in der Ilmenau an der Messstelle Stöckte angegeben. Die Minima und Q1-Werte liegen zwischen 7,0 und 9,9 mg/l. Kritische Sauerstoffgehalte traten im Zeitraum 1998 - 2004 nicht auf. LWK (2001) stuft den tidebeeinflussten Abschnitt der Ilmenau mit GKL II - III ein.

3.1.2.4 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 überschlägig, 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. Bei dem überwiegenden Teil der Messgrößen wird „ein deutlicher Rückgang der Mengen“ festgestellt, insbesondere bei den leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen. Lediglich bei der α -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%-Wert²⁹ 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 neh-

²⁹ 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.“

men 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 3.1-4) 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 3.1-5) wird mit betrachtet, 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 3.1-4: 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)	43000	42000	37800	37900	44800	39000	34000
Mangan	(mg/kg)	2810	2790	2640	2830	2880	2400	2800
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 < 20µm bestimmt.

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

Tabelle 3.1-5: 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)	41500	40600	43400	44500	42320	43400	45600
Mangan	(mg/kg)	1370	1450	1450	1590	1540	1490	1420
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 Mittel-elbe 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)³⁰, 15 ausgewählte Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PBSM) sowie die 16 Polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) der EPA-Liste³¹.

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 eini-

³⁰ 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),

³¹ 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.

ge 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 Atrazin³². 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)pyren³³ und Atrazin auf Einträgen aus der Mittelelbe beruhen.

3.1.3 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 Bewertung entsprechend den allgemeinen Ausführungen in Kap. 1.2.2 wird beibehalten.³⁴

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.“

³² Fischgiftiges Herbizid (Photosynthesemmer), Anwendung seit 1991 in Deutschland verboten

³³ Polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoff, weit verbreitet, karzinogen, z. B. in Steinkohlenteer, Autoabgasen, Zigarettenrauch etc..

³⁴ Ungeachtet der weitgehenden Übereinstimmung der benutzten Parameter 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.

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.

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 drei Teilrahmen (Tabelle 3.1-6, Tabelle 3.1-7 und Tabelle 3.1-8) 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 Salzeinleitungen³⁵. 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-

³⁵ 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.

Weitergehende Ausführungen zum Bewertungsvorgang sowie den zugrundeliegenden Daten des Bewertungsvorgangs sind der Unterlage H.2a zu entnehmen.

Tabelle 3.1-6: 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 3.1-7: 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 (≤ 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 3.1-8: 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

In Tabelle 3.1-9 sind die Bewertungsergebnisse Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt aufgeführt.

Tabelle 3.1-9: Bewertung Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt

Teilbereich	Bestandsbewertung Sauerstoffhaushalt	Bestandsbewertung Nährstoffhaushalt
Elbe (Ost)	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
Hafen	Bedeutung gering (Wertstufe 2) ¹⁾	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
Elbe (West)	Bedeutung gering (Wertstufe 2) ¹⁾	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
Übergangsgewässer km 654,9 - 677	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
dito, km 677 - 704 (inkl. Freiburger Hafenspiel)	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)
Nebnelben		
Hahnöfer Nebnelbe (und Mühlenberger Loch)	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
Lühesander Süderelbe	Bedeutung mittel (Wertstufe 3) ¹⁾	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)
Pagensander Nebnelbe u. Haseldorfer Binnenelbe	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	Bedeutung mittel (Wertstufe 3)
Glückstädter Nebnelbe	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)	Bedeutung hoch (Wertstufe 4)
Zuflüsse rechtsseitig (Nord)		
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 Binnenelbe	keine Bewertung	- keine Bewertung
Flottbek	keine Bewertung	- keine Bewertung
Zuflüsse linksseitig (Süd)		
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: ¹⁾ Abwertung wg. des Auftretens fischkritischer Sauerstoffgehalte

3.2 Beschreibung und Bewertung der Umweltauswirkungen

Die Prognose von vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Teilschutzgut „Wasserbeschaffenheit/Stoffhaushalt“ erfolgt differenziert nach baubedingten und anlage- bzw. betriebsbedingten Auswirkungen.

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.

3.2.1 Baubedingte 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.

3.2.1.1 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, s.a. Kapitel 1.5) 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. m³ 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, s.a. Kapitel 2). 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.

3.2.1.1.1 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 3.1.3 (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 Fahrrinnenausbaus (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 mittlerräumig 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 3.1-3, S. 10) im Bereich des Wasserkörpers Elbe (West), keinen nennenswerten zusätzlichen Eintrag von Schwebstoffen bewirken. Die Auswirkungen sind neutral, kurzfristig und mittlerräumig 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 mittlerräumig 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 3.1-3, S. 10), die mittleren (nicht maximalen!) Werte bis 300 mg/l erreichen (s. Unterlage H.2a und Kapitel 3.1.2.1) 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, s. a. Kapitel 2) 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, s. a. Kapitel 2) in diesem Bereich entgegen). Die Auswirkungen sind neutral, mittelfristig und mittlräumig 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.

3.2.1.1.2 Baubedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebenelben

Baumaßnahmen sind in den Nebenelben nur eingeschränkt beabsichtigt: die Ufervorspülungen Lühe-Wisch und Glückstadt/Störmündung oberhalb können randlich der Lühesander Süderelbe und der Glückstädter Nebenelbe zugeordnet werden. Die Ausführungen zu den Spülfeldausläufen Pagensand und Schwarztonnensand gelten hier gleichermaßen für die genannten Ufervorspülungen. Die Auswirkungen sind neutral, kurzfristig und mittlräumig 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 Nebenelben und einige sonstige Gewässer, soweit Bestandteil des reduzierten Gewässernetzes gem. WRRL. Die Einschätzung wird baubedingt nicht beeinflusst.

3.2.1.1.3 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.

3.2.1.2 Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt, Schadstoffgehalte

3.2.1.2.1 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 3.2.1.1.1 dargestellt, ist durch die in diesem Wasserkörper geplanten Ausbaubaggerungen kein nennenswerter zusätzlicher Eintrag von Schwebstoffen zu erwarten. Gemäß Unterlage H.2b (s.a. Kapitel 4) 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, Miehlich et al. 1997b, Nöthlich 1989, Nöthlich & Reuter 1987) mit hohen organischen Anteilen (Bodenklassen A und B, vgl. Unterlagen H.3, H.2b, s.a. Kapitel 4 und 6) 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, s.a. Kapitel 4), 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.³⁶ 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, s.a. Kapitel 4 und 6).

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

³⁶ Zehrungsversuche mit Material aus der Tideelbe wurden u.a. von Miehlisch et al. (1997a) u. durchgeführt und einmal mehr festgestellt, dass der O₂-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, s.a. Kapitel 4). 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 3.2.1.1.1). 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.

3.2.1.2.2 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.

3.2.1.2.3 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.

3.2.2 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen

Für die Prognose der anlagebedingten Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit sind folgende Wirkfaktoren der Fahrrinnenanpassung von Belang (vgl. Kapitel 1.5).

- 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 Uferverspülungen sowie
- die Übertiefenverfüllung.

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

3.2.2.1 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, s.a. Kapitel 2), 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 Binneneelbe). 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.

3.2.2.1.1 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 3.1.3) die Schwebstoffaufladung wird jedoch über die Bewertung des Sauerstoffhaushaltes indirekt mit bewertet, jedoch nur soweit es sich um zehrfähiges 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, s.a. Kapitel 9 und 11) bewertet.

Wasserkörper Elbe (Ost) (Wehr Geesthacht bis Muggenberger 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 advektive Schwebstoffreststrom 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 advektive 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 advektiven Stromauftransportes zwischen Lühesand und Wedel ist mit um > 10 % verstärkten Unterhaltungsbaggerungen zu rechnen (bezogen auf eine Bezugsbaggermenge von 11,3 Mill. m³ in den Jahren 2003 bis 2005, vgl. Unterlage H.1c, s.a. Kapitel 2). 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. Wie bei den baube-

dingten Auswirkungen (durch Ausbaubaggerungen) beschrieben, werden die Unterhaltungsbaggerungen jedoch, vor dem Hintergrund der im Ist-Zustand auftretenden Schwebstoffgehalte (vgl. Abbildung 3.1-3, S. 10) 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 mittlerräumig 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 sohin 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, s.a. Kapitel 2). 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.³⁷

3.2.2.1.2 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf das Schwebstoffregime in den Nebanelben

Wie vorstehend beschrieben, erhöhen sich die mittleren Schwebstoffkonzentrationen im Abschnitt Rhinplate bis Lühesand. Davon sind auch die Nebanelben betroffen, die eine zur Haupttrinne synchrone Erhöhung erfahren.

³⁷ 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.

3.2.2.1.3 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.

3.2.2.2 Salinität

3.2.2.2.1 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.1,s.a. Kapitel 2) 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 m³/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 gestaut 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 3.1.3) 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, s.a. Kapitel 2) 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, s.a. Kapitel 2) 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, s.a. Kapitel 2) 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 m³/s) reicht in diesen Abbildungen bis ca km 668 nach oberstrom (Wasserkörper Übergangsgewässer) und erfasst zudem lediglich den Bereich der Strommitte³⁸.

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.

³⁸ 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.

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

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
mittlerer Salzgehalt	15,5 bis 21,7 PSU	0,0 bis +0,2 PSU
maximaler Salzgehalt	20,5 bis 25,8 PSU	0,0 bis +0,1 PSU
minimaler Salzgehalt	9,1 bis 16,5 PSU	-0,1 bis +0,1 PSU
Variation Salzgehalt	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.

3.2.2.2.2 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Salinität in den Nebnelben

Die Salzgehalte der Nebnelben durch die im Hauptstrom herrschenden Verhältnisse geprägt (Kapitel 3.1.2.2.3). Signifikante Salzgehaltsunterschiede zwischen Hauptstrom und Nebnelben treten im Ist-Zustand nicht auf. Die vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Salzgehalte in den Nebnelben können somit aus den in Kapi-

tel 3.2.2.2.1 beschriebenen Veränderungen der Salzgehalte in den Wasserkörpern der Tideelbe abgeleitet werden.

- In den Nebeneiben (sowie sonstigen Nebengewässern) der Wasserkörper Elbe (Ost), Hafen und Elbe (West) (Hahnöfer Nebeneibe/ Mühlenberger Loch, Lühesander Süderelbe) sind keine anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen auf die Salinität zu erwarten.
- In den Nebeneiben des oberen Wasserkörpers Übergangsgewässer (Haseldorfer Binnenelbe, Pagensander Nebeneibe, Nebeneibe 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 Nebeneibe 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.

3.2.2.2.3 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 Hafenpriel	0,6 PSU	0,5 PSU	0,3 PSU
Oste	0,4 PSU	0,1 PSU	0,2 PSU

Erläuterungen:

PSU = practical salinity unit

3.2.2.3 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 3.2.2.3.1 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 Begegnungstrecke und durch Herstellung des Warteplatzes Brunsbüttel

- Verringerung der Wassertiefe durch Anlage von UWA, Übertiefenverfüllungen und Umlagerungen
- Verlust von Flachwasser durch Ufervorspülungen

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)³⁹ gegenüber dem hinreichend durchlichteten Anteil (euphotische Zone)⁴⁰. 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 3.1.2.3.1).

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

³⁹ Disphotische Zone: es wird mehr Energie durch die Pflanzenatmung verbraucht, als durch die Photosynthese produziert werden kann

⁴⁰ Euphotische Zone: Wassertiefe, in die noch ein Prozent des an der Oberfläche gemessenen Lichtes vordringt und in der eine positive Primärproduktion möglich ist.

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 O₂, was durch den „Anstieg der Sekundärverschmutzung in den 1990er Jahren“ mit -2 mg/l O₂ jedoch fast wieder aufgewogen wird. Die „teilweise Zuschüttung des Mühlenberger Lochs (ohne Ausgleich)“ wird mit -0,1 bis -0,2 mg/l O₂ abgeschätzt. 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 3.1.2.3) 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 O₂ abgeschätzt, eine „Fahrrinnenanpassung 13,5 auf 15,3 m“ mit -0,2 bis 0,3 mg/l O₂. 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.

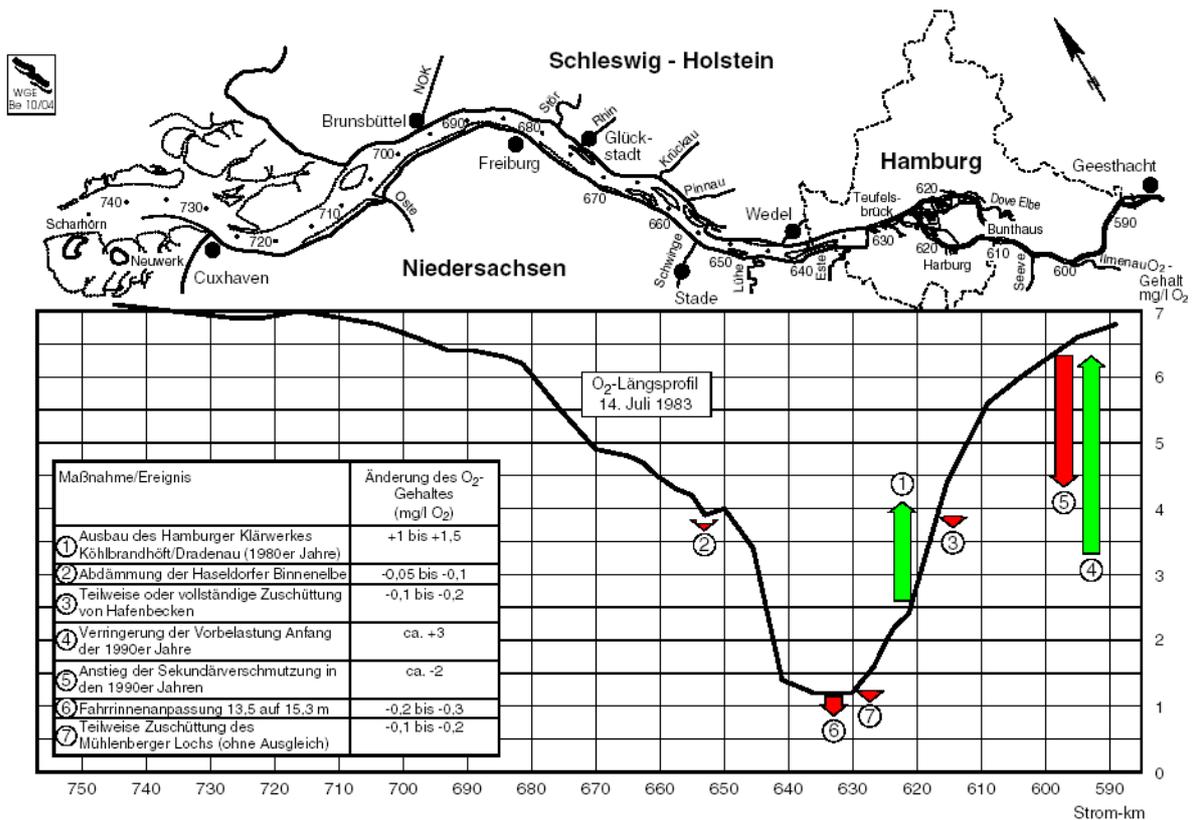


Abbildung 3.2-1: Abschätzung des Einflusses verschiedener Maßnahmen auf den Sauerstoffhaushalt der Tideelbe im Sommer

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 Containerschif-

fen 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 2004⁴¹) 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 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

⁴¹ Die Sohle 2004 wurde benutzt, da die Peildaten hier am weitesten in die Uferbereiche reichen.

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 Absenk 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 Absenk 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		Vorhabensbedingter Aushub ³⁾	Gesamtvolumen zu	
von	bis	Profilbreite (m) ²⁾	NN +1.90 m	NN -1.30 m		Tidevolumen	Vertiefung
Fahrrinnen-km	Fahrrinnen-km			m ³	m ³	m ³	Anteil (%) ¹⁾
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: ¹⁾ alle %-Angaben gerundet, ²⁾ ca.-Angaben, ³⁾ 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 ver-

größert. 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. 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 Flachwasserbereichen⁴² 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 angewandten Methodik (s. 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 Aus-

⁴² 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.

dehnung 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 Absunks 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. 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 Turbulenz⁴³ beeinflusst sowohl den Transport des atmosphärisch (physikalisch) eingetragenen Sauerstoffs (s. Kapitel 3.1.2.3.1) 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 bis 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 Ebbstromge-

⁴³ Räumlich und zeitlich ungeordnete Strömung eines Gases oder einer Flüssigkeit.

schwindigkeit (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 zehrunfähigigen 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. 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 Ebbedauern⁴⁴ betragen ± 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 m³/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 zehrunfähigigen 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. Kapitel 1), eine weitere Behandlung erfolgt nicht.

⁴⁴ Die Flutdauer ist der Zeitraum vom Eintrittszeitpunkt Tnw bis zum Eintrittszeitpunkt Thw, die Ebbedauer der Zeitraum von Thw bis Tnw.

Veränderungen der Morphodynamik und der Sedimenttransporte

Die vorhabensbedingten Veränderungen der Morphodynamik und Sedimenttransporte sind in Kapitel 3.2.2.1 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 derBAW 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 (s.a. Unterlage H.2a 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 Attenuationskoeffizienten⁴⁵, entsprechend eines Schwebstoffgehaltes von ca. 20 bis 160 mg/l, nur von minderem Effekt für das „Zustandekommen des O₂-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 (Flutstrom, Ebbestrom, residuell).

Es werden schwache Zunahmen der mittleren Schwebstoffkonzentrationen in der Nebenelbe am Schwarztonnensand, der Pagensander Nebenelbe angegeben (vgl. Ka-

⁴⁵ Lichtdämpfung im Wasserkörper

pitel 3.2.1.2.2). 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 Nebengelbe/Mühlenberger Loch (und den anderen Nebengelben) kommt bzw. eine nennenswerte Beschleunigung von Verwitterungs- und Verlandungsprozessen nicht stattfindet (s.a. Kapitel 3.2.2.1.2.).

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 m³/a an. In den Baggerabschnitten Wedel u. Wedeler Au (zukünftige Begegnungstrecke) wurden davon ca. 20 % (ca. 2,3 Mio m³/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 Begegnungsstrecke 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. m³ 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, s.a. Kapitel 2)

Abschnitt	Anteil der Baggerung an der Bezugsbaggermenge ¹⁾ (Ist-Zustand 2003-05: 11,3 Mio. m ³)	Anteil der Baggerung an der Bezugsbaggermenge ¹⁾ (Prognose-Zustand)
Begegnungsstrecke	20 % (2,3 Mio. m ³ /a)	30 % (3,4 Mio. m ³ /a)
Rhinplate	3 % (0,3 Mio. m ³ /a)	6 % (0,7 Mio. m ³ /a)
Altenbruch	3 % (0,3 Mio. m ³ /a)	6 % (0,7 Mio. m ³ /a)
alle Abschnitte mit Vertiefungen u. Strömungszunahmen	Keine Angabe in Unterlage H.1c zum Anteil an der Bezugsbaggermenge im Ist-Zustand	Zunahme um +3 % (0,3 Mio. m ³ /a)
Oberhalb Nienstedten	dito	tendenzielle Abnahme ²⁾
Osteriff/Neufeld Reede	dito	tendenzielle Abnahme

Erläuterungen: ¹⁾ alle absoluten und relativen Zahlenwerte sind Ca.-Angaben

²⁾ 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 Begegnungsstrecke. BAW (Unterlage H.1c, s.a. Kapitel 2) erwartet hier die „wesentlichen Zunahmen“, weist auf die vorhabensbedingt zu erwartende „Zunahme der Unterhaltung vornehmlich von Weichsedimenten in der Begegnungsstrecke“ 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 Stromauftransports 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 Begegnungsstrecke zu erwartenden Strömungsgeschwindigkeiten eine Ablagerung von organischem Material nicht zu erwarten ist. Unterlage H.1a gibt für den Bereich der Begegnungsstrecke 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, s.a. Kapitel 2) 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.

3.2.2.3.1 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 Mittelelbe dominiert und unterliegen vor allem jahreszeitlich bedingten Schwankungen (vgl. Kapitel 3.1.2.3 und Unterlage H.2a). 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 vorhabens-

bedingt 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.

3.2.2.3.2 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebnelben

In den Nebnelben 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 Nebnelben und einige sonstige Gewässer, soweit Bestandteil des reduzierten Gewässernetzes gem. WRRL. Diese Einschätzung wird anlagen- und betriebsbedingt nicht beeinflusst.

3.2.2.3.3 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf den Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt in den Nebenflüssen

Die Ausführungen zu den Nebnelben 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.

3.2.2.4 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 3.2.2.1) und die Sedimente (Unterlage H.2b, s.a. Kapitel 4) zugrunde.

In Bezug auf die Veränderungen der Unterhaltungsbaggerungen sind die in Kapitel 3.2.2.3 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, s.a. Kapitel 4). 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.

3.2.2.4.1 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 3.2.2.3.1 gelten hier gleichermaßen. Im 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 3.1.2.4). 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 3.2.2.1). Davon ausgehende 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, s.a. Kapitel 4) 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).⁴⁶ 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.

⁴⁶ 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.

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 3.2.2.1). 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.

3.2.2.4.2 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den Nebenelben

Insgesamt sind aufgrund der vorhabensbedingten Veränderungen der Schwebstoffgehalte keine anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den Nebenelben zu erwarten. Das Vorhaben wirkt nur eingeschränkt auf die Schadstoffgehalte im Wasserkörper. Die in einigen Nebenelben prognostizierte (modellierte), 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 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.

3.2.2.4.3 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die Schadstoffgehalte in den Nebenflüssen der Tideelbe

Die in Kapitel 3.2.2.3.3 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 tidebeein-

flussten 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.

3.2.2.5 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
Baubedingte Auswirkungen - Schwebstoffregime				
-	<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	-	-	-
Baubedingte Auswirkungen - Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt, Schadstoffgehalte				
-	- keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
Baubedingte Auswirkungen - Salinität				
-	- keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen			
Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen - Schwebstoffregime				
-	<u>Wasserkörper Elbe (Ost):</u> - keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
	<u>Wasserkörper Hafen:</u> - 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
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	-	-	-
Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen - Salinität				
-	- keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen - Sauerstoff- und Nährstoffhaushalt				
-	- keine mess- und beobachtbaren Auswirkungen	-	-	-
Anlage-/betriebsbedingte Auswirkungen - Schadstoffe				
-	- 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

Differenz Wertstufe Prognose minus Wertstufe Ist = Grad der Veränderung:	Bestandswertveränderung: -1, -2, -3, -4	= deutlich negativ
Dauer der Auswirkung:	Bestandswertveränderung: 0	= gering negativ, neutral oder gering positiv (Richtung der Veränderung ergibt sich aus dem Zielsystem)
	Bestandswertveränderung: +1, +2, +3, +4	= deutlich positiv
Räumliche Ausdehnung der Auswirkung:	kurzfristig	= Auswirkungsdauer: ≤ 3 Monate (ab Baubeginn)
	mittelfristig	= Auswirkungsdauer: > 3 Monate ≤ 3 Jahre (ab Baubeginn)
	langfristig	= Auswirkungsdauer: > 3 Jahre ≤ 10 Jahre (ab Baubeginn)
Räumliche Ausdehnung der Auswirkung:	lokal	= Direkter Vorhabensbereich
	mittelräumig	= direkter Vorhabensbereich + Teile des (schutzgutspezifischen) Untersuchungsgebiets
	großräumig WS = Wertstufe	= Gesamtes (schutzgutspezifisches) Untersuchungsgebiet WS 1 = sehr gering, WS 2 = gering, WS 3 = mittel, WS 4 = hoch, WS 5 = sehr hoch