

Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt

Planfeststellungsunterlage nach Bundeswasserstraßengesetz

Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU)

Teilgutachten zum Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente (Schadstoffgehalte und -freisetzung)

Unterlage H.2b



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

Auftraggeber:

Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg

Freie und Hansestadt Hamburg
Hamburg Port Authority



Universität Hamburg



DEPARTMENT GEOWISSENSCHAFTEN
Institut für Bodenkunde
Allende-Platz 2
D - 20146 Hamburg

Verfasser: INSTITUT F. BODENKUNDE, UNIVERSITÄT HAMBURG

Projektleitung: Dr. Alexander Gröngröft

Bearbeitung: Dipl. Geogr. Kerstin Grabowsky
Dipl. Biol. Stephan Schwank

Hamburg, den 27. November 2006

Inhaltsverzeichnis

1	AUFGABENSTELLUNG	1
2	ABGRENZUNG UND RÄUMLICHE UNTERGLIEDERUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	1
3	DATENGRUNDLAGE	5
3.1	Charakterisierung der Datengrundlage	5
3.2	Datenverarbeitung	10
3.3	Bewertung der Datengrundlage	10
4	BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDS	15
4.1	Planerischer Ist-Zustand	15
4.2	Beschreibung der physikochemischen Sedimenteigenschaften	16
4.2.1	Allgemeine Charakterisierung der Sedimente.....	17
4.2.1.1	Korngrößenverteilung und Sedimenttypologie	17
4.2.1.2	Organische Substanz	24
4.2.1.3	Kalkgehalt, pH-Wert, Pufferkapazität	25
4.2.1.4	Redoxspannung	27
4.2.1.5	Sauerstoffzehrung	27
4.2.1.6	Nährstoffgehalte	29
4.2.2	Belastung mit Schadstoffen.....	32
4.2.2.1	Belastung mit Spurenmetallen.....	32
4.2.2.1.1	Datenauswahl und –verarbeitung.....	32
4.2.2.1.2	Herkunft und Verteilung der Belastungen	33
4.2.2.2	Belastung mit organischen Schadstoffen	52
4.2.2.3	Mobilität und Freisetzungspotential von Nähr- und Schadstoffen.....	62
4.3	Bewertung der Sedimente	64
4.3.1	Verfahren	64
4.3.2	Anorganische Schadstoffe.....	66
4.3.3	Organische Schadstoffe	69
4.3.4	Zusammenfassung	75
4.4	Beschreibung der Sedimentverteilung	75
4.4.1	Geologischer Aufbau der Unterelbeniederung	76
4.4.2	Verteilung von natürlichen und anthropogen belasteten Sedimente im Gewässerbett.....	77
4.4.3	Charakterisierung der Abtragsflächen.....	80
4.4.3.1	Verfahren	80
4.4.3.1.1	Verfahrensbeschreibung	81
4.4.3.1.2	Verfahrensbegründung.....	84
4.4.3.2	Charakterisierung der Baggerabschnitte und des Baggerguts hinsichtlich der Belastung mit Schadstoffen.....	85
4.4.4	Charakterisierung der Baggergutablagerungsflächen.....	88

5	PROGNOSE OHNE DURCHFÜHRUNG DER MAßNAHME.....	89
5.1	Bei der Nullprognose zu berücksichtigende Maßnahmen und Veränderungen anderer Kompartimente.....	89
5.2	Entwicklung der Schad- und Nährstoffbelastung	91
5.3	Bedeutung der Nullprognose für die Auswirkungsprognose	92
6	PROGNOSE DER AUSWIRKUNGEN BEI DURCHFÜHRUNG DES VORHABENS	93
6.1	Übersicht über die vorhabensbedingten Maßnahmen.....	93
6.2	Methodische Vorgehensweise	97
6.2.1	Bewertungsverfahren	97
6.3	Beschreibung und Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen.....	100
6.3.1	Baubedingte Auswirkungen.....	101
6.3.1.1	Beschreibung und Bewertung der vorhabensbedingten Veränderungen im Bereich der Abtragsflächen	101
6.3.1.2	Beschreibung und Bewertung der vorhabensbedingten Veränderungen der Sedimentbelastung im Bereich der Verbringungsflächen	105
6.3.1.2.1	Veränderungen durch die Baggergutverbringung gemäß Verbringungskonzept.....	105
6.3.1.2.2	Veränderungen durch zusätzliches Baggergutaufkommen	122
6.3.1.3	Beschreibung und Bewertung des Freisetzungspotentials von Schad- und Nährstoffen bei der Um- und Ablagerung.....	122
6.3.2	Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen.....	124
6.3.2.1	Änderung der Sedimentzusammensetzung und -verteilung	124
6.3.2.1.1	Wirkfaktorenkomplex	124
6.3.2.1.2	Vorhabensbedingte Auswirkungen.....	126
6.3.2.2	Änderung des physikochemischen Milieus der Sedimente	128
6.3.2.2.1	Wirkfaktorenkomplex	128
6.3.2.2.2	Vorhabensbedingte Auswirkungen.....	130
6.4	Zusammenfassende Bewertung der Auswirkungen auf das Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente	132
7	QUELLEN	137
8	ANHANG	140
9	ANLAGEN.....	147

Tabellenübersicht

Tabelle 2-1:	Ökologische Zonierung des Gewässerbetts der Tideelbe [MIEHLICH et al. 1997 b].....	2
Tabelle 2-2:	Bearbeitungsbereich der Nebenflüsse	3
Tabelle 2-3:	Charakterisierung der Untersuchungsabschnitte	3
Tabelle 3-1:	Beschreibungs- und bewertungsrelevante Sedimentdaten	5
Tabelle 3-2:	Übersicht über die Datenlage (Beprobungszeitraum 1994 –2005).....	6
Tabelle 3-3:	Dauermessstellen im Untersuchungsgebiet.....	8
Tabelle 3-4:	Räumlich-zeitliche Verteilung der Daten zu den Sedimenteigenschaften (Anzahl Datensätze)	11
Tabelle 4-1:	Projektliste Planerischer Ist-Zustand [PROJEKTBÜRO FAHRRINNENANPASSUNG 2006d]	15
Tabelle 4-2:	Kornfraktionen und Korndurchmesser.....	18
Tabelle 4-3:	Gliederung der Sedimenttypen.....	18
Tabelle 4-4:	Verteilung der Sedimenttypen im Untersuchungsgebiet 1994 [MIEHLICH et al. 1997a]	20
Tabelle 4-5:	Verteilung der Sedimenttypen im Untersuchungsgebiet 2005 [BAW 2006].....	21
Tabelle 4-6:	Verhältnis der Gehalte an organischer Substanz zum Anteil der Kornfraktion < 20 µm	25
Tabelle 4-7:	Gehalte an organischer Substanz in den Sedimenttypen (Daten 1994)	25
Tabelle 4-8:	Schwefelgesamtgehalte und C/S-Verhältnisse der Untersuchungsabschnitte (jeweils nur oberste Sedimentschicht, Proben 1994).....	29
Tabelle 4-9:	C/N-Verhältnisse der Untersuchungsabschnitte (jeweils nur oberste Sedimentschicht, Daten 2005)	31
Tabelle 4-10:	Phosphorgesamtgehalte und C/P-Verhältnisse der Untersuchungsabschnitte (oberste Sedimentschicht, Daten 1994)	32
Tabelle 4-11:	Limnische und marine Sedimentanteile in den Abschnitten [MIEHLICH et al. 1997b]	34
Tabelle 4-12:	Zinkgehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren.....	35
Tabelle 4-13:	Cadmiumgehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren	38
Tabelle 4-14:	Quecksilbergehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren	40
Tabelle 4-15:	Kupfergehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren	43
Tabelle 4-16:	Bleigehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren.....	46
Tabelle 4-17:	Chromgehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren.....	48

Tabelle 4-18:	Nickelgehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren.....	50
Tabelle 4-19:	Arsengehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren	52
Tabelle 4-20:	Gehalte an Kohlenwasserstoffen (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005.....	54
Tabelle 4-21:	Gehalte an Polychlorierten Biphenylen (Summe 7 PCB) (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005	55
Tabelle 4-22:	Gehalte an Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK, Summe 6 nach HABAK) (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005.....	56
Tabelle 4-23:	Gehalte an Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK, Summe 16 nach BBodSchV) (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005.....	56
Tabelle 4-24:	Gehalte an Pentachlorbenzol (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005.....	57
Tabelle 4-25:	Gehalte an Hexachlorbenzol (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in 2001 – 2005.....	57
Tabelle 4-26:	Gehalte an α-HCH (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005	58
Tabelle 4-27:	Gehalte an γ-HCH (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005	58
Tabelle 4-28:	Gehalte an pp-DDT (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in 2001 – 2005.....	59
Tabelle 4-29:	Gehalte an pp-DDD (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in 2001 – 2005.....	60
Tabelle 4-30:	Gehalte an pp-DDE (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in 2001 – 2005.....	60
Tabelle 4-31:	Gehalte an Tributylzinn (TBT) (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005.....	62
Tabelle 4-32:	Gehalte an Tributylzinn (TBT) (Gesamtgehalte) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005 und in 1994 im Vergleich.....	62
Tabelle 4-33:	Wertstufen für die Schadstoffgehalte (bezogen auf die Fraktion < 20 µm)	65
Tabelle 4-34:	Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Außenelbe.....	67
Tabelle 4-35:	Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Cuxhaven	67
Tabelle 4-36:	Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Brunsbüttel.....	67

Tabelle 4-37:	Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Glückstadt	68
Tabelle 4-38:	Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Wedel	68
Tabelle 4-39:	Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Hamburg	68
Tabelle 4-40:	Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Vierlande	69
Tabelle 4-41:	Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Außenelbe"	71
Tabelle 4-42:	Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Cuxhaven"	72
Tabelle 4-43:	Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Brunsbüttel"	72
Tabelle 4-44:	Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Glückstadt"	73
Tabelle 4-45:	Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Wedel"	73
Tabelle 4-46:	Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Hamburg"	74
Tabelle 4-47:	Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Vier- und Marschlande"	74
Tabelle 4-48:	Zusammenfassung der Bewertung des Faktors "Schadstoffbelastung der Gewässersedimente"	75
Tabelle 4-49:	Charakterisierung der Abtragsflächen hinsichtlich Abtragstiefe sowie Art und Menge des abgegrabenen Baggerguts	87
Tabelle 5-1:	Übersicht von in der Null-Prognose zu berücksichtigenden Baumaßnahmen mit potentieller Bedeutung für die Vordeichsböden [PROJEKTBÜRO FAHRRINNENANPASSUNG 2006d]	89
Tabelle 6-1:	Regelbreiten der Fahrrinne im Ist- und Soll-Zustand [PROJEKTBÜRO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c]	94
Tabelle 6-2:	Übersicht über die Verbringungsflächen [PROJEKTBÜRO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c]	94
Tabelle 6-3:	Bewertungsmaßstab zur Ermittlung der Erheblichkeit von negativen Auswirkungen auf die spez. Schadstoffgehalte	100
Tabelle 6-4:	Charakterisierung der Baggergutzusammensetzung in den Verbringungsflächen hinsichtlich Herkunft, Bodenklasse und Belastung.....	106
Tabelle 6-5:	Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Verbringungsflächen im Abschnitt "Wedel"	109

Tabelle 6-6:	Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Verbringungsflächen im Abschnitt "Glückstadt"	111
Tabelle 6-7:	Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Verbringungsflächen im Abschnitt "Brunsbüttel" (1)	113
Tabelle 6-8:	Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Verbringungsflächen im Abschnitt "Brunsbüttel" (2)	115
Tabelle 6-9:	Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Verbringungsflächen im Abschnitt "Cuxhaven"	119
Tabelle 6-10:	Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Umlagerungsstellen (Abschnitte "Cuxhaven" und "Außenelbe")	121
Tabelle 6-11:	Übersicht über die vorhabensbedingten Auswirkungen auf die spezifischen Schadstoffgehalte der Sedimente	133
Tabelle 6-12:	Übersicht über die vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen.....	134
Tabelle 8-1:	Elemente, Verbindungen: Abkürzungen u. verwendete Einheiten.....	140
Tabelle 8-2:	Datengrundlage [1]: Bodenklassen und Baggervolumina [Projektbüro Fahrrinnenanpassung 2006a].....	143
Tabelle 8-3:	Datengrundlage [2]: Abgeleitete Daten für die Fahrrinne in den Baggerabschnitten.....	144
Tabelle 8-4:	Datengrundlage [3]: Abgeleitete Daten für die Seitenräume in den Baggerabschnitten.....	145
Tabelle 8-5:	Datengrundlage [4]: Abgeleitete Daten für die gesamten Baggerabschnitte (Fahrrinne + Seitenräume).....	146

Abbildungsübersicht

Abbildung 2-1: Abschnitte und Abschnittsnummern des Untersuchungsgebietes.....	4
Abbildung 2-2: Einteilung des Elbequerschnitts in Tiefenzonen	4
Abbildung 3-1: Vergleich der mittleren Korngröße (d50) von Proben gleicher Positionen 1994 und 2005 (n=42)	12
Abbildung 4-1 Sedimenttypenverteilung in der Fahrrinne 1994 zu 2005	22
Abbildung 4-2 Sedimenttypenverteilung außerhalb der Fahrrinne (ohne Watten) 1994 zu 2005.....	23
Abbildung 4-3 Sedimenttypenverteilung in den Watten 1994 zu 2005.....	23
Abbildung 4-4: Beziehung Sauerstoffzehrung zum Gehalt organischer Substanz	28
Abbildung 4-5: Zink in der Fraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil.....	36
Abbildung 4-6: Veränderung der Zinkgehalte in der Fraktion < 20 µm von 1994 - 2004 an den Dauermessstellen.....	36
Abbildung 4-7 Verhältnis von Cadmium- zu Zinkgehalten	38
Abbildung 4-8: Cadmium in der Fraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil	39
Abbildung 4-9: Veränderung der Cadmiumgehalte in der Fraktion < 20 µm über die Zeit.....	39
Abbildung 4-10: Quecksilber in der Fraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil	41
Abbildung 4-11: Veränderung der Quecksilbergehalte in der Fraktion < 20 µm über die Zeit.....	41
Abbildung 4-12: Kupfer in der Kornfraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil.....	43
Abbildung 4-13: Veränderung der Kupfergehalte in der Kornfraktion < 20 µm über die Zeit.....	44
Abbildung 4-14: Blei in der Kornfraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil	45
Abbildung 4-15: Veränderung der Bleigehalte in der Kornfraktion < 20 µm über die Zeit.....	45
Abbildung 4-16: Chrom in der Kornfraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil	47
Abbildung 4-17: Veränderung der Chromgehalte in der Kornfraktion < 20 µm über die Zeit.....	47
Abbildung 4-18: Nickel in der Kornfraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil	49
Abbildung 4-19: Veränderung der Nickelgehalte in der Kornfraktion < 20 µm über die Zeit.....	49
Abbildung 4-20: Arsen in der Kornfraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil.....	51
Abbildung 4-21: Veränderung der Arsengehalte in der Kornfraktion < 20 µm über die Zeit.....	51
Abbildung 6-1: Solltiefen der Ausbauvariante im Längsprofil (PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006c)	93

Abkürzungsverzeichnis

Allgemeine Abkürzungen

_20	Gehalt berechnet auf Fraktion < 20µm
_K	Gehalt berechnet auf Kation
2S	Doppelte Standardabweichung
ABS	Absetzprobe
AAS	Atomadsorptionsspektroskopie
ABS	Absetzprobe
AUS	UG-Abschnitt Außenelbe
BRU	UG-Abschnitt Brunsbüttel
CUX	UG-Abschnitt Cuxhaven
d50	Korndurchmesser 50%-Percentil
ffS	feiner Feinsand, Fraktion 63 - 125µm
fS	Feinsand, Fraktion 63 - 200µm
fU	Feinschluff, Fraktion 2 - 6,3µm
gfS	grober Feinsand, Fraktion 125 - 200µm
GLU	UG-Abschnitt Glückstadt
gS	Grobsand, Fraktion 630 - 2000µm
gU	Feinschluff, Fraktion 20 - 63µm
HH	UG-Abschnitt Hamburg
mS	Mittelsand, Fraktion 200 - 630µm
mU	Feinschluff, Fraktion 6,3 - 20µm
MW	Mittelwert
NF	Nebenflüsse
pH (CaCl ₂)	-log der H ⁺ -Konzentration in CaCl ₂ - Lösung
pH (H ₂ O)	-log der H ⁺ -Konzentration in Wasser
RFA	Röntgenfluoreszenzanalyse
Schluff	Schluff, Fraktion 2 - 63µm
SCHW	Schwebstoffprobe
SED	Sedimentprobe
T	Ton, Fraktion <2 µm
TIC	Total Inorganic Carbon, Anorganischer Kohlenstoff
TM	Trockenmasse
TOC	Total Organic Carbon, Organischer Kohlenstoff
TRFA	Totalreflektierende Röntgenfluoreszenzanalyse
US	Umlagerungsstelle
UVSP	Ufervorspülung
UWA	Unterwasserablagerung
VML	UG-Abschnitt Vier- und Marschlande
WED	UG-Abschnitt Wedel

Abkürzungen von Elementen und Verbindungen: s. Anhang, Tabelle 8-1

1 AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen der UVU zur Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt sollen die Auswirkungen der Maßnahme auf das Schutzgut Wasser - Teilbereich Eigenschaften der Sedimente - dargestellt und bewertet werden. Hierzu ist anhand von bereits vorliegenden sowie von neu erhobenen Daten der gegenwärtige Zustand der Sedimente ("Ist-Zustand") zu beschreiben und anhand der Schadstoffgehalte zu beurteilen. Hieran anschließend ist eine Prognose zur Entwicklung der Sedimentqualität ohne Durchführung ("Null-Variante") sowie nach Realisierung der Maßnahme ("Prognose") durchzuführen.

Im Einzelnen werden in dem Gutachten entsprechend der Festlegungen in dem Untersuchungsrahmen [WSD NORD & BWA 2005] die im Bereich der Baggereingriffsflächen, der Baggergutablagerungsflächen sowie der Seitenbereiche anstehenden Sedimente beschrieben und bewertet. Dabei werden folgende schutzgutspezifische Inhalte erfasst:

- Allgemeine physikalische und chemische Sedimentkennwerte
- Nährstoffgehalte
- Gehalte an organischen und anorganischen Schadstoffen

Im Rahmen der Prognose werden die erheblich wirkenden negativen Auswirkungen der Maßnahme auf das Schutzgut abgeschätzt und bewertet. Hierbei werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Änderung der Nähr- und Schadstoffmobilität bei der Umlagerung von Sedimenten
- Freisetzungspotential von Nähr- und Schadstoffen nach Ablagerung von Sedimenten
- Änderungen der Gehalte an organischen und anorganischen Schadstoffen in Baggereingriffsflächen, Baggergutablagerungsflächen und Seitenbereichen

2 ABGRENZUNG UND RÄUMLICHE UNTERGLIEDERUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Bereich, in dem die geplanten Ausbaumaßnahmen potentiell zu mess- und beobachtbaren Auswirkungen führen können. Als maximales Auswirkungsgebiet gilt dabei die gesamte vor den Landesschutzdeichen gelegene Tideelbe zwischen Stromkilometer 586 (Geesthacht) und 755,3 (Außenelbe), ihre Nebengewässer (Freiburger Hafenpriel, Barnkruger Loch, Wischafener Südelbe mit Ruthenstrom, Gauensieker Schleusenfleth und Krautsander Binnenelbe) sowie die tidebeeinflussten Flussabschnitte der in die Tideelbe mündenden Nebenflüsse entsprechend der in Tabelle 2-2 dargestellten Bearbeitungsbereiche.

Hinsichtlich des Schutzgutes Wasser, Teilbereich Sedimente, beschränkt sich der zu bearbeitende Bereich auf die Gewässersohle, soweit diese nicht durch höhere Vegetation bestanden ist. Die Abgrenzung zum Schutzgut Boden (Unterlage H.3) erfolgt damit überlappungsfrei. Aus rechtlicher Sicht umfasst das Schutzgut Wasser nach §1 Abs.1 WHG (2002) den Gewässergrund bis an die Linie des "mittleren Hochwassers".

Da jedoch auch unterhalb der MThw-Linie noch Röhrichte oder andere Bestände höherer Vegetation vorkommen können und damit die davon betroffenen Flächen zu den Böden gerechnet werden und da aus diesen Gebieten üblicherweise auch keine Sedimentdaten vorliegen, wurde als Grenzlinie zwischen dem Schutzgut Wasser und den landseitig zu bewertenden Schutzgütern die untere Linie des Röhrichts und vergleichbarer Vegetationseinheiten betrachtet. Dies bedeutet örtlich je nach Exposition und Vegetationseinheit eine Höhenlage von MThw bis zu maximal ca. 2 m unter MThw (geschützte Röhrichte) [RAABE 1986]. Damit wurde der Bewertungsraum für das Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente, im Bereich des "Gewässerbettes" nach WHG um die unterhalb MThw gelegenen, vegetationsbestandenen Flächen reduziert. Konkretisiert wurde die Grenzziehung anhand der Verteilung der Biotoptypen [Unterlage H.4a].

Das Untersuchungsgebiet wird in sieben Abschnitte unterteilt, die sich aus der unterschiedlichen hydrographischen und ökologischen Ausprägung der Tideelbe ergeben (Tabelle 2-3). Die Nebenflüsse werden als eine eigene Kategorie zusammengefasst. Eine Übersicht über die Lage der Abschnitte gibt Abbildung 2-1.

Innerhalb der Abschnitte erfolgt nach ökologischen Gesichtspunkten und nach Tiefenlage eine Differenzierung des Gewässerbetts in folgende fünf Zonen (s. Tabelle 2-1, Abbildung 2-2).

- Sedimente der Watten (oberste Lage)
- Sedimente des Flach- und Tiefwassers neben der Fahrrinne und in Hafengebieten (oberste Lage)
- Sedimente der Fahrrinne (oberste Lage)
- Sedimente des Ausbauprofils (gesamte Mächtigkeit des Ausbaus)

Tabelle 2-1: Ökologische Zonierung des Gewässerbetts der Tideelbe [MIEHLICH et al. 1997 b]

Zone		Kennzeichnung	Unterhaltung
Watt		Tiefe MThw bis MTnw also oberhalb ca. -1,5 m NN	keine Unterhaltungsmaßnahmen
Flachwasser		Tiefe MTnw bis -2 m MTnw, also ca. -1,5 bis -3,5 m NN	keine Unterhaltungsmaßnahmen
Tiefwasser	photische Zone	Tiefe -2 bis -4 m unter MTnw, also ca. -3,5 bis -5,5 m NN	keine Unterhaltungsmaßnahmen bis auf örtliche Verklappungen
	aphotische Zone	Tiefe unter -4 m MTnw, also unter ca. -5,5 m NN	keine Unterhaltungsmaßnahmen bis auf örtliche Verklappungen
Fahrrinne		Mindesttiefe -14,4 m MTnw also mind. -15,8 m NN	regelmäßige Baggerungen und Verklappungen in Übertiefen

Tabelle 2-2: Bearbeitungsbereich der Nebenflüsse

Oste	Mündung bis Hechthausen Straßenbrücke
Stör	Mündung bis Itzehoe Straßenbrücke
Krückau	Mündung bis Elmshorn Straßenbrücke
Bützflether Süderelbe	Mündung bis Bützfleth
Schwinge	Mündung bis Salztorschleuse Stade
Pinnau	Mündung bis Uetersen Straßenbrücke
Lühe	Mündung bis Horneburg Mühle
Wedeler Au / Hetlinger Binnelbe	Mündung bis Straßenbrücke
Este	Mündung bis Buxtehude Mühle
Flottbek	Mündung bis Elbchaussee
Seeve	Mündung bis Geestrand
Ilmenau	Mündung bis Fahrenholz Schleuse
Luhe	Mündung bis Winsen

Tabelle 2-3: Charakterisierung der Untersuchungsabschnitte

Bezeichnung	Lage	km	Oberflächen- wasserkörper n. WRRL ¹	Kennzeichnung	Salinität (S)	Fläche (ha)		
						Schutz- gut	UG gesamt	
Außenelbe (AUS)	Scharhörn	755,3	Küsten- gewässer	Übergang Ästuar / Nordsee	euhalin bis meso- mixohalin S = 10 - 30 g/l	32.546	33.268	
	Cuxhaven Kugelbake	727						
Cuxhaven (CUX)	Cuxhaven Kugelbake	727	Übergangs- gewässer	Seeschiffahrtsstraße, weiter Ästuartrichter mit Sanden u. Watten	meso- mixohalin S = 5 - 18 g/l	25.851	28.828	
	Ostemündung	704						
Brunsbüttel (BRU)	Ostemündung	704		Störmündung	Seeschiffahrtsstraße, keine Nebenelben, breite Watten	Flusswasser bis meso- mixohalin S = 0,5 - 10 g/l	8.562	10.629
	Störmündung	677						
Glückstadt (GLU)	Störmündung	677	Twiefelfleth	Seeschiffahrtsstraße, mehrere Nebenelben und Inseln	Flusswasser bis mixo- oligohalin S = 0,5 - 3 g/l	6.859	9.760	
	Twiefelfleth	650						
Wedel (WED)	Twiefelfleth	650	Elbe-West	Seeschiffahrtsstraße, wenige Nebenelben und Inseln	Flusswasser S = <0,5 g/l	3.365	4.214	
	Teufelsbrück	632						
Hamburg (HH)	Teufelsbrück	632	Hafen	Stromspaltungsgebiet mit intensiver Hafen- nutzung	Flusswasser S = <0,5 g/l	2.576	3.979	
	Bunthäuser Spitze	610						
Vier- und Marschlande (VML)	Bunthäuser Spitze	610	Elbe-Ost	eingengter Strom- schlauch, Binnen- schiffahrt	Flusswasser S = <0,5 g/l	882	1.487	
	Geesthacht Wehr	586						
Nebenflüsse (NF)	s. Tabelle 2-2	-	Neben- gewässer	eingengter Strom- schlauch, teilweise intensive und exten- sive Landnutzung	Flusswasser S = <0,5 g/l	667	7.704	
Summe						81.308	99.869	

¹ WRRL = Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2001. RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (2000/60/EG) vom 23. Oktober 2000, ABl. EG L 327 vom 22.12.2000, S. 1, geändert am 20. November 2001, ABl. EG L 331 vom 15.12.2001, S. 1.

Abbildung 2-1: Abschnitte und Abschnittsnummern des Untersuchungsgebietes

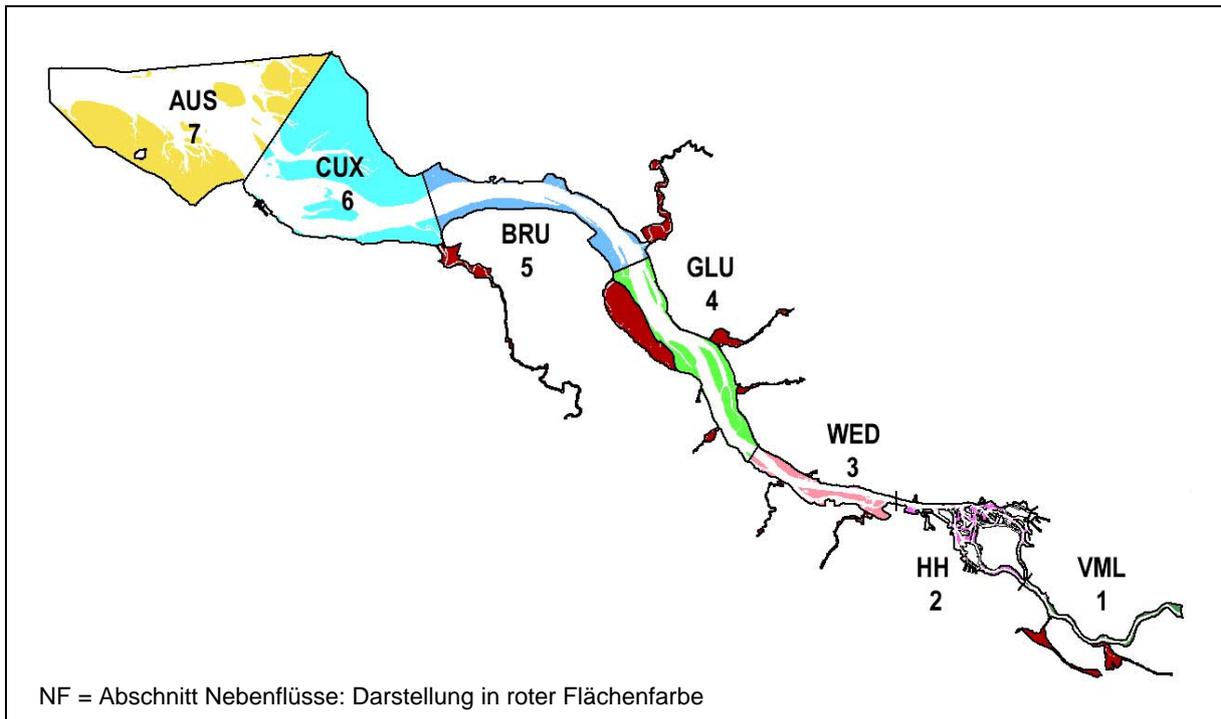
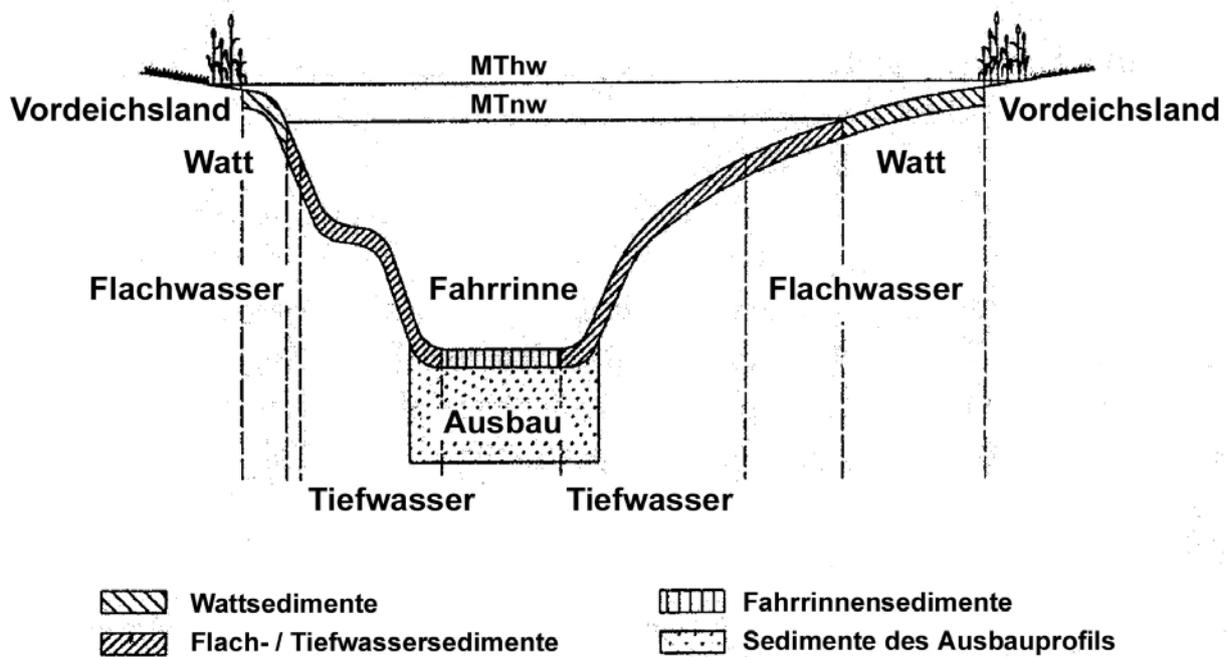


Abbildung 2-2: Einteilung des Elbequerschnitts in Tiefenzonen



3 DATENGRUNDLAGE

3.1 Charakterisierung der Datengrundlage

Für die sachgerechte Beschreibung und Bewertung der Eigenschaften der Sedimente sind die in Tabelle 3-1 aufgeführten Daten erforderlich. Diese beziehen sich auf den rezenten Bereich des Sedimentkörpers und ggf. auf die Bereiche, in die die Maßnahme in den bisher nicht betroffenen Gewässergrund eingreift. Die Sammlung von Daten wurde auf die oberste Sedimentlage konzentriert (i. d. R. bis 15 cm Tiefe). Als zeitlicher Betrachtungsrahmen wurden 11 Jahre angesetzt. Das für die Umweltverträglichkeitsuntersuchung erstellte Sedimentkataster enthält somit Daten aus den Jahren 1994 – 2005. Aufbauend auf den bereits für die UVU zur vorherigen Fahrrinnenanpassung 1997 durch das IfB erhobenen Daten wurde das Sedimentkataster durch Daten folgender Institutionen ergänzt:

- Wasser- und Schifffahrtsämter Cuxhaven und Hamburg (WSA-CUX, WSA-HH)
- Hamburg Port Authority (HPA, ehem. Amt Strom u. Hafenbau)
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
- Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe (ARGE Elbe)

Keine Daten konnten vom Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein (LANU) und dem Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB) zur Verfügung gestellt werden. Zur Ergänzung der Datenlage wurden im Mai/Juni 2005 weitere 49 Proben im Untersuchungsgebiet entnommen und gemäß Schadstoffliste HABAK [BFG 1999] analysiert.

Für eine Beschreibung der Sedimenteigenschaften an den Eingriffsflächen standen weitere Informationen zur Verfügung. Diese entstammen einem Sedimentkataster der BAW [2005], bei dem 2005 in einem dichten Raster insgesamt 906 Proben an der Sedimentoberfläche entnommen wurden und daran die Korngrößenverteilung und der Glühverlust (n=161) bestimmt wurde.

Tabelle 3-1: Beschreibungs- und bewertungsrelevante Sedimentdaten

<p>Sedimentkenndaten Ort, Entnahmedatum, Lage, Wassertiefe, Gauss-Krüger-Koordinaten, Sedimenttyp, Tiefenlage/Mächtigkeit, Körnung, Farbe, Anteil und Art Beimengungen, Wassergehalt, Glühverlust, Sauerstoffzehrung, TOC, TIC, pH (CaCl₂/H₂O)</p>
<p>Elementgesamtgehalte N, S, P sowie die Spurenelemente Cd, Pb, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn, As (getrennt nach Gehalten in < 2mm und < 20µm Fraktion)</p>
<p>Gehalte organischer Schadstoffe Insbesondere: Kohlenwasserstoffe, adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX), polychlorierte Biphenyle (PCB), polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Chlorbenzole, Hexachlorcyclohexane (HCH), DDT, DDD, DDE, Hexachlorbutadien, Octachlorstyrol, Endrin und Dieldrin, Butylzinnverbindungen, Dioxine und Furane sowie weitere, nicht in gängigen Schadstofflisten enthaltene Stoffe</p>

Abkürzungen: s. Anhang

Tabelle 3-2: Übersicht über die Datenlage (Beprobungszeitraum 1994 – 2005)

Datensatz	IFB-A	HPA-K	IFB-N	BFG-H	BFG-O	BFG-T	BFG-SM	ARGE-A	ARGE-S	Summe
Datensätze gesamt	351	153	49	15	104	46	41(391)	504	79	1342
Allgemeine Sedimentkennwerte (Auswahl)										
Jahre	1994	1994 - 2004	2005	2002	1998 - 2003	1999 - 2002	1995 - 2004	1994 - 2004	1994 - 2003	
Bereich (Stromkilometer)	585 - 746	607 - 634	598 - 744	652 - 704	586 - 725	586 - 725	654 - 727	609 - 725	676 - 743	
Probentyp	Sed	Sed	Sed	Sed	Sed / Sch	Sch / Sed	Sed	Abs	Sed	
Tiefe	351	95	49					-		495
Sedimentstruktur	351	-	49	-	-	-	-	-	-	400
Fraktion <20µm	351	153	49	15	104	46	33	502	79	1332
Kornverteilung	351	153	49	15	78	31	28	454	79	1238
TOC	302	153	49	12	53	-	-	382	79	1030
TOC <20µm	-	95	-	-	-	-	-	-	-	95
Elementgesamtgehalte (Auswahl)										
N / P	309/169	153	49	-	-	-	0/28	-	-	511/399
S	169	12	49	-	-	-	-	-	-	230
Fe / Mn	147	-	49	-	-	-	41/0	504	78	819/778
Cu, Cr, Ni, Pb, Zn, Hg, Cd, As	164-208	153	49	12	-	-	41(391)	504	-	923
Al / Li	163/0	57/0	49/0	-	-	-	-	0	66	225/66
Ba / Sn	147/0	-	49/0	-	-	-	-	8/7	-	204/7
V	-	-	-	-	-	-	-	83	-	83
Ag, U	-	12	-	-	-	-	-	-	-	12
Sb / Bi	-	9	-	-	-	-	-	-	-	9
Se	-	11	-	-	-	-	-	-	-	11
Nuklide ⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	70-420	-	70
Organische Schadstoffe										
KW	-	116	49	-	95	-	-	-	-	260
AOX	172	142	-	-	-	-	-	323	-	637
a -, b -, g - HCH	-	152	49/-/49	15	95	-	-	472	79	862
d - HCH / e - HCH	-	152	-	-	-	-	-	182/0	79	413
(o,p; p,p) DDT, DDD, (p,p) DDE	103	152	49	15	95	-	-	472	79	965
(o,p) DDE	103	152	49	15	95	-	-	182	8	604
PCB-28, -53, -101, -138, -153, -180	103	142	49	15	95	-	-	472	79	955
PCB-118 / PCB-194	-	-	49/-	15/0	95/0	-	-	127 /45	7/0	293
Mono-, Di-Chlorbenzen -12, -13, -14	-	-	-	-	-	-	-	~280	7	287
Tri-Chlorbenzen -123, -124, -135,	103	-	-	-	-	-	-	12	79	194
Tetra-Chlorbenzen 1234, -1235,	103/79	-	-	-	-	-	-	331	-	434
Tetra-Chlorbenzen -1245	-	-	-	15	86	-	-	307	79	487
Penta-Chlorbenzen	103	81	49	15	93	-	-	331	79	751
Hexa-Chlorbenzen	103	142	49	15	93	-	-	472	79	953
Mono-, Di-Chlorphenole ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	22	-	22
Tri-, Tetra-Chlorphenole ²⁾	-	-	-	-	-	-	-	212	7	219
Pentachlorphenol	-	-	-	-	-	-	-	452	7	459
PAK ³⁾	172	153	49	15	98	-	-	349	47	883
Acenaphthylen, Acenaphthen	172	153	49	-	-	-	-	349	47	750
Benzo(b)-, Benzo(k)fluoranthen	172	101	49	-	98	-	-	349	47	816
Benzo(b,k)fluoranthen	-	52	-/49	15	-	-	-	-	-	116
Benzo(j)fluoranthen	-	-	-	-	-	-	-	116	-	116
Methylnaphthaline, BBNTH-23, -21, -12	-	-	-	-	-	-	-	128 /94	-	128

Datensatz	IFB-A	HPA-K	IFB-N	BFG-H	BFG-O	BFG-T	BFG-SM	ARGE-A	ARGE-S	Summe
Perylen, Benzo(e)pyren	-	-	-	-	-	-	-	128	-	128
Octachlorstyrol	82	-	-	15	91	-	-	210	79	477
Octachloronaphthalin / Hexachlorbutadien	-	-	-	12	24/57	-	-	-	-	36
Aldrin / Endrin / Dieldrin	43	-	-	-	-	-	-	~270	21/8/8	342
Isodrin	-	-	-	-	-	-	-	44	8	52
PCCD, PCDF	20	-	-	1	-	-	-	-	-	21
MB-Sn, DB-Sn, TB-Sn, TEB-Sn	64	142	49	15	41	46	-	198	25	580
MOC-Sn, DOC-Sn	-	111	-	-	-	-	-	198	25	334
TPH-Sn / TCH-Sn	-	52	-	12/0	41/30	46/7	-	198	25	374
Flammschutzmittel und Duftstoffe ⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	~52	-	~52

1) ⁷Be, ⁴⁰K, ⁵⁴Mn, ⁵⁸Co, ⁶⁰Co, ⁶⁵Zn, ¹⁰⁶Ru, ¹²⁵Sb, ¹³¹J, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ¹⁴⁴Ce, ²⁰⁸Te, ²¹⁴Pb, ²²⁶Ra, ²²⁸Ac

2) P-2, P-3, P-4, P-23, P-24, P-25, P-26, P-234, P-235, P-236, P-245, P-246, P-2345, P-2356

3) Naphthalin, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren, Benzo(a)anthracen, Chrysen, Benzo(a)pyren, Pyren, Indeno(1,2,3cd)pyren, Dibenz(ah)anthracen, Benzo(ghi)perylene

4) Flammschutzmittel: TCPP, TCEP, TCPP1, TCPP2, TDCP, TBP, PBB2255, PBB22455, PBB224455, BDE47, BDE99, BDE119, BDE153, BDE190, TBA, BCY, TBUPH, HBB, HBRDEC, TEBRPHA
Duftstoffe: MAmbrett, MXylol, MMosken, MTibeten, MKeton, DPML, ADBI, AHMI, ATII, HHCB, AHTN, DEET

Nachfolgend werden die für eine Beschreibung und Bewertung des Schutzgutes Wasser, Teilbereich Sedimente zugrunde liegenden Datenauszüge charakterisiert. Eine Übersicht über die enthaltenen Parameter gibt Tabelle 3-2. Die Lage der Messstellen und Probenahmepunkte ist in der Übersichtskarte (Anlage 1) dargestellt.

Die Analytik wurde hinsichtlich der organischen Schadstoffe an der Gesamtprobe durchgeführt, die Bestimmung der Schwermetalle erfolgte in der 20µm-Fraktion bzw. in den Datenauszügen von HPA sowohl in der 20µm-Fraktion wie auch in der Gesamtprobe.

Datenkollektiv IFB

Datenauszug IFB-A: Aus dem Datenbestand des IfB Hamburg konnten 351 Datensätze bereitgestellt werden. Diese sind weitgehend identisch mit dem Datenvolumen, das der UVU zur vorherigen Fahrrinnenanpassung zugrunde lag [MIEHLICH et al. 1997b]. Der Datenauszug enthält umfangreiche Daten zu allgemeinen Parametern, zu Gehalten an Schwermetallen, Nährstoffgehalten und organischen Schadstoffen sowie auch Angaben zum Sedimenttyp. Bei allen Proben handelt es sich um Sedimentproben, die im Jahre 1994 gewonnen und analysiert wurden.

Der Datenauszug enthält neben 287 Datensätzen des IfB auch Analysenergebnisse zu 38 Proben der ARGE Elbe sowie zu 26 Proben des ehemaligen Amtes für Strom- und Hafenanbau, die nur zum Teil am IfB analysiert worden sind. Hieraus ergibt sich insgesamt ein etwas uneinheitlicher Bearbeitungsstand der einzelnen Datensätze.

Datenkollektiv IFB-N: Die vorhandenen Daten werden durch eine aktuelle Datenerhebung "IFB-Neu" ergänzt. Hierzu wurden im Mai und Juni 2005 im gesamten Bereich der Tideelbe 49 Sedimentproben entnommen und nach der Schadstoffliste HABAK-WSV [BFG 1999] analysiert. Die Probenahme erfolgte bevorzugt an Positionen (n = 42), die bereits 1994 beprobt worden waren.

Tabelle 3-3: Dauermessstellen im Untersuchungsgebiet

Messstelle	km	Abschnitt	Datenauszug	Probentyp	Beprobungsmodus
S1 (Neuwerk)	743	AUS	ARGE-S	Sediment	jährlich seit 1994
S8 (Trischendamms)	731		ARGE-S	Sediment	jährlich seit 1994
S3 (Sahlenburg)	730		ARGE-S	Sediment	jährlich seit 1994
S4 (Duhnen)	729		ARGE-S	Sediment	jährlich seit 1994
Cuxhaven	725,2	CUX	ARGE-A	Absetzbecken	monatl. seit 1994
Cuxhaven	726		BFG-T/-SM/-O	Sediment	vierteljahrl.
S9 (K.-Wilh.-Koog)	713		ARGE-S	Sediment	jährlich seit 1994
S7 (Müggendf. Watt)	715		ARGE-S	Sediment	jährlich seit 1994
Osteriff	704		BFG-T/-SM/-O	Sediment	vierteljahrl.
Brunsbüttel	696,3	BRU	BFG-T/-SM/-O	Sediment	vierteljahrl.
S11 (Brunsbüttel)	695		ARGE-S	Sediment	jährlich seit 1994
S13 (Glückstadt NE)	676	GLU	ARGE-S	Sediment	jährlich seit 1994
Rhinplate	673,5		BFG-T/-SM/-O	Sediment	vierteljahrl.
Grauerort	660,5		ARGE-A	Absetzbecken	monatl. seit 1994
Bützfleth	657,5		BFG-T/-SM/-O	Sediment	vierteljahrl.
Juelssand	653,5		BFG-T/-SM/-O	Sediment	vierteljahrl.
Wedel	642		WED	BFG-T/-SM/-O	Schwebstoff
2 Messtellen im Abschnitt	646 - 632	HPA-K		Sediment	jährlich
13 Messtellen im Abschnitt	633	HH	HPA-K	Sediment	jährlich
Seemannshöft	628,9		ARGE-A	Absetzbecken	monatl. seit 1994
Bunthaus	609,8	VML	ARGE-A	Absetzbecken	monatl. seit 1994
3 Messtellen im Abschnitt	610 - 588		HPA-K	Sediment	jährlich
Geesthacht	583		BFG-T/-SM/-O	Schwebstoff	vierteljahrl.

Datenauszüge ARGE Elbe

Datenauszug ARGE-A: Der Datenauszug "ARGE-Absetzbecken" (n=504) enthält umfangreiche Analysendaten zu Schwermetallen und einer Vielzahl von organischen Schadstoffen, die an Proben aus in Absetzbecken gesammelten frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten bestimmt wurden [ARGE ELBE 2005]. Die Beprobung erfolgte seit 1994 monatlich an vier (2004: drei) Dauermessstellen (s. Tabelle 3-3). Das Spektrum der analysierten Schadstoffe umfasst neben gängigen Parametern auch zahlreiche selten betrachtete chlorierte Kohlenwasserstoffe, Radionuklide sowie Duft- und Flammenschutzstoffe.

Datenauszug ARGE-S: Bei dem Datenauszug "ARGE-Sedimente" handelt es sich um Analysendaten aus Sedimentproben (n=79), die von 1994 bis 2004 jährlich an acht Dauermessstellen entnommen wurden (s. Tabelle 3-3). Analysiert wurden die Standardparameter bei den Schwermetallen und organischen Schadstoffen.

Datenauszug HPA

Datenauszug HPA-K: Der Datenauszug "HPA-Kataster" (n=153) stammt aus dem Schadstoffkataster von Hamburg Port Authority und enthält Analysenwerte von Proben aus den Jahren 1994 bis 2004 [AMT STROM- U. HAFENBAU 2004]. Bei den Proben handelt es sich um oberflächennahe Sedimente, die im gesamten Bereich der Delegationsstrecke und des Hafengebiets an weiteren Referenzpunkten monatlich, jährlich oder unregelmäßig gewonnen wurden. Die im Hafengebiet liegenden Probenahmepositionen sind überwiegend im stromnahen Ausgangsbereich der Hafengebiete.

cken lokalisiert. Es wurden von Strom- und Hafengebäude lediglich solche Daten übergeben, bei denen sichergestellt werden kann, dass keine Kontamination durch lokale Quellen (Altlasten / Hafengebäude) vorlag.

Datenauszüge BfG

Von der BfG konnten vier Datenauszüge bereitgestellt werden [BfG 2005]:

Datenauszug BFG-H: Der Datenauszug "BFG-HABAK" (n=15) enthält Messwerte für Schwermetallgehalte sowie organische Schadstoffe. Es handelt sich um im Jahre 2002 im Rahmen von HABAK/HABAB - Untersuchungen für Unterhaltungsbaggerungen in der Tideelbe gewonnene Proben. Die Bestimmung der organischen Schadstoffe erfolgte an Gesamtproben, übergeben wurden die Werte korngößenkorrigiert auf die Fraktion <20 µm berechnet.

Datenauszug BFG-SM: Bei den Proben des Datenauszugs "BFG-Schwermetalle" handelt es sich um Sedimentproben aus bis max. 20 cm Sedimenttiefe und um Schwebstoffproben. Die Schwermetalle wurden in der 20µm-Fraktion gemessen. In dem Datenauszug (n = 41) wurden die Jahresmittelwerte von Schwermetallgehalten von 1995 bis 2004 bereitgestellt, denen 391 Proben von sieben Dauerbeobachtungsstellen (s. Tabelle 3-3) zugrunde liegen. Zusätzlich ist bei den jeweiligen Datensätzen die Angabe der Standardabweichung und der zugrunde liegenden Probenzahl angegeben. Die Angaben zur Kornverteilung stellen ebenfalls Mittelwerte dar, sind jedoch lediglich für 80 % der Datensätze angegeben. Angaben zum TOC-Gehalt sind nicht vorhanden. Für Chrom sind die an den Dauermessstellen ermittelten Gehalte ab 2003 aufgrund der Umstellung der Messmethode (von Neutronenaktivierungsanalyse auf ICP) signifikant niedriger als früher und können nicht mit den früheren Werten verglichen werden (mdl. Mitteilung d. BfG).

Datenauszug BFG-O: Die im Datenauszug "BFG-Organik" enthaltenen Daten zu organischen Schadstoffen liegen als Einzelproben vor (n=104). Die Proben wurden zwischen 1998 und 2003 an den oben genannten Dauermessstellen als Sediment- bzw. Schwebstoffproben gewonnen (s. Tabelle 3-3). Die Bestimmung der Schadstoffe erfolgte an Gesamtproben. Die Lieferung der Daten erfolgte korngößenkorrigiert auf die Fraktion <20 µm berechnet. Angaben zum TOC liegen für etwa 50% der Proben vor. Bei unterhalb der Bestimmungsgrenze liegenden Messwerten wurden die Berechnungen (Korngößenkorrektur, Mittelwertbildung) mit dem Wert der halben Bestimmungsgrenze durchgeführt.

Datenauszug BFG-T: Die Datensätze des Datenauszugs "BFG-Tributylzinn-Kataster" (n=87) enthalten ausschließlich Messwerte zum Gehalt an zinnorganischen Verbindungen. Die Proben wurden zwischen 1999 und 2002 an den sieben Dauermessstellen als Sediment- bzw. Schwebstoffproben gewonnen (s. Tabelle 3-3). Die Bestimmung erfolgte an Gesamtproben, die Übergabe der Daten erfolgte korngößenkorrigiert auf die Fraktion <20 µm berechnet. Die gelieferten Daten enthalten keine Angaben zum TOC-Gehalt. Die Messwerte wurden, soweit Identität mit Proben aus BFG-O besteht, dort integriert. Somit verblieben im Datenauszug BFG-T 46 zusätzliche Datensätze.

3.2 Datenverarbeitung

Die weitere Aufbereitung erfolgte durch Konvertierung der verschiedenen Datenauszüge in ein einheitliches Format und ihre Zusammenführung in einer gemeinsamen Datenbank im dBase(IV)-Format (nachfolgend "Sedimentkataster"). In diesem Zusammenhang waren eine Vereinheitlichung von Feldnamen und Einheiten und ggf. Kurzzeichen notwendig.

Das Sedimentkataster besteht aus folgenden zwei Dateien:

SEDI_SMET.DBF: Datenblatt enthält alle Sedimentdaten mit Daten zur Belastung durch Schwermetalle und Nährstoffe, jedoch ohne organische Schadstoffe.

SEDI_ORGA.DBF: Datenblatt enthält alle Sedimentdaten mit Daten zur Belastung durch organische Schadstoffe, jedoch ohne Schwermetalle und Nährstoffe.

In den beiden Dateien sind jeweils alle 1342 Datensätze mit den zugeordneten allgemeinen Stammdaten ("Kopfdaten") aufgeführt. Die Datensammlung "SED_SMET" enthält zusätzlich die berechneten Standardabweichungen der Mittelwerte des Datenauszugs BFG-SM sowie das der Mittelwertberechnung zugrunde liegende n .

Zahlenwerte unterhalb der Nachweisgrenze wurden als negativer Wert bzw. als "-9" (Datenauszug lfB) aufgeführt, Felder ohne Zahlenwerte wurden mit "-1" belegt. Textfelder ohne Eintrag verblieben als Leerfeld.

Die Datensammlung enthält ausschließlich die gelieferten Messwerte, Berechnungen fehlender Werte aus vorhandenen Daten wurden nicht durchgeführt. Vorgenommen wurden lediglich Anpassungen der Einheiten sowie Umrechnungen von Koordinaten in das Gauss-Krüger-Koordinatensystem. Außerdem wurden als weitere Kategorien eine eindeutige Datensatz-ID, Stromkilometerangaben, Jahr und Monat der Probenahme sowie Herkunft der Daten ergänzt.

Die enthaltenen Parameter werden geordnet nach "Stammdaten" (allgemeine Kopfdaten), "Daten aus Laboranalyse" und "sonstige Kopfdaten" aufgeführt.

Ein Verzeichnis aller enthaltenen Parameter und Einheiten nebst Abkürzungen ist im Anhang enthalten.

3.3 Bewertung der Datengrundlage

Die Datengrundlage zur Beschreibung und Bewertung der Eigenschaften der Sedimente umfasst Daten, die den Zeitraum zwischen 1994 und 2005 abdecken. Die vorliegenden Daten sind bezüglich Entnahmekzeitpunkt, Entnahmeort, Art der Probengewinnung sowie hinsichtlich der analysierten Parameter als heterogen anzusehen. Während einige Datenkollektive an natürlichen Sedimenten erhoben wurden, stammen andere aus in Sedimentfallen gewonnenen Proben. Große Unterschiede bestehen auch in der Repräsentativität und Aktualität der unterschiedlichen Datenauszüge. Eine Übersicht über die zeitlich-räumliche Datenlage gibt Tabelle 3-4.

Tabelle 3-4: Räumlich-zeitliche Verteilung der Daten zu den Sedimenteigenschaften (Anzahl Datensätze)

Jahr	Abschnitt							Nebenflüsse	Summe
	AUS	CUX	BRU	GLU	WED	HH	VML		
2005	6	7	7	7	7	7	8	-	49
2004	0	12	1	14	3	11	13	-	54
2003	4	15	4	19	7	30	17	-	96
2002	4	19	21	43	15	30	17	-	149
2001	4	14	10	23	8	23	13	-	95
2000	4	17	5	25	7	22	19	-	99
1999	4	17	9	22	10	25	23	-	110
1998	5	14	2	14	0	12	12	-	59
1997	5	14	2	13	1	29	11	-	75
1996	5	13	2	13	2	20	12	-	67
1995	6	15	4	17	4	22	13	-	81
1994	50	56	50	83	50	55	33	31	408
Summe	97	213	117	293	114	286	191	31	1342

Aktualität von Daten zur Schadstoffbelastung der Sedimente

Ein großer Teil der Daten (ARGE-A, ARGE-S, BFG-O, BFG-SM, BFG-T, HPA-K) wurde an regelmäßig beprobten Dauermessstellen erhoben, wobei die Beprobungsintervalle zum Teil monatlich, vierteljährlich oder jährlich liegen (Tabelle 3-3). Die jüngsten in oben aufgeführten Datenauszügen vorliegenden Daten stammen aus den Jahren 2003 bis 2004. Zur Erweiterung der Datenlage wurden 2005 zusätzliche aktuelle Proben (IFB-N) erhoben. Von dem Gesamtdatenbestand (n=1342) stammen 33 % (n=443) aus den jüngsten 5 Jahren.

Zeitreihen zur Sedimentbelastung

Die Datensätze ARGE-A, ARGE-S, BFG-O, BFG-T sowie BFG-T, BFG-SM, BFG-H, HPA-K, IFB-A enthalten eine Vielzahl von älteren Schadstoffdaten, anhand der die zeitliche Entwicklung der Sedimentbelastung seit 1994 gut charakterisiert werden kann.

Art der Probengewinnung

Bei den Datensätzen ARGE-A und Teilen der Datenauszüge BFG-O, BFG-T handelt es sich um Proben aus Sedimentfallen, die vor allem gut zur Charakterisierung der Belastung frischer schwebstoffbürtiger Sedimente geeignet sind. Die Datensätze ARGE-S, BFG-SM, IFB-N und Teile der Datenauszüge BFG-O, BFG-T wurden an natürlichen Sedimenten der Seitenräume (Watt, Flach- und obere Tiefwasserzone) erhoben. Weitere, lokal an natürlichen Sedimenten erhobene Daten stellen die Datensätze HPA-K und BFG-H dar. Grundsätzlich besteht bei der Probenahme aus den Seitenräumen die Möglichkeit, dass bereits vor längerer Zeit abgelagerte Sedimente

erfasst werden, deren Belastungssituation sich von derjenigen frischer Sedimente deutlich unterscheidet.

Allgemeine Kennwerte natürlicher Sedimente

Zu den allgemeinen Kennwerten sind neben dem Sedimenttyp vor allem die Gehalte an organischer Substanz und Kalkt, die pH-Werte, Pufferkapazität, Redoxspannung, das Sauerstoffzehrungspotential sowie die Gehalte an den Nährstoffen Schwefel, Phosphor und Stickstoff zu rechnen. Der überwiegende Teil der Datenauszüge, die an natürlichen Sedimenten erhoben wurden, enthält nur wenige Informationen, anhand deren die Sedimente in ihren allgemeinen chemischen, physikalischen und strukturellen Eigenschaften charakterisiert werden können. Lediglich die Datenkollektive IFB-A und IFB-N enthalten in größerem Umfang Analysewerte zu o. g. Parametern.

Die in IFB-A enthaltenen und in MIEHLICH et al. [1997b] dargestellten Daten zu allgemeinen Sedimentkennwerten können auch aktuell als gültig angesehen werden, was durch einen Vergleich von 42 Proben aus IFB-N und IFB-A überprüft wurde, die 1994 und 2005 an jeweils gleicher Positionen entnommen wurden. Im Vergleich zeigt sich, dass die Abweichung der mittleren Korngrößendurchmesser (d_{50}) in 50 % der Fälle weniger als 25 μm betragen. 70 % der Fälle weisen noch eine Differenz kleiner 50 μm auf (Abbildung 3-1).

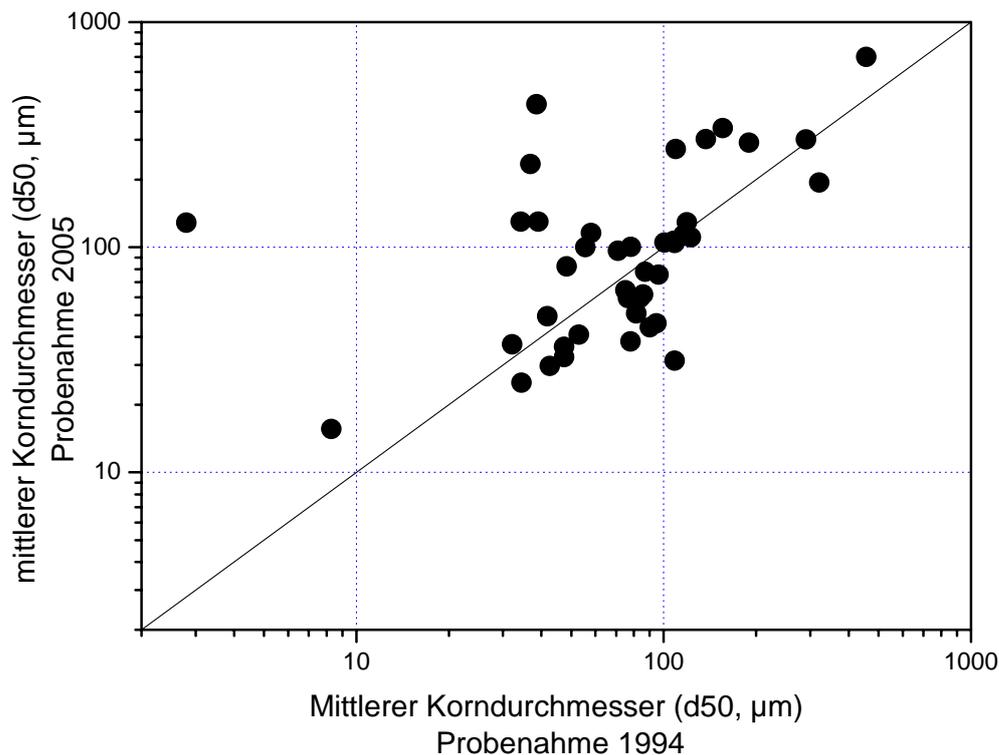


Abbildung 3-1: Vergleich der mittleren Korngröße (d_{50}) von Proben gleicher Positionen 1994 und 2005 (n=42)

Repräsentativität

Alle an Dauermessstellen erhobenen Proben aus Sedimentfallen (ARGE-A, Teile der Datenauszüge BFG-O, BFG-T) sind lediglich hinsichtlich der Schadstoffgehalte im Schwebstoff für den betreffenden Flussabschnitt repräsentativ. Die an Dauermessstellen beprobten Sedimente (ARGE-S, BFG-SM, Teile der Datenauszüge BFG-O, BFG-T) charakterisieren die Belastung von Watt- oder Flachwassersedimenten, welche in der Regel der mittleren Belastung des Flussabschnittes entspricht. Lediglich die Datensätze IFB-A und IFB-N wurden an natürlichen Sedimenten erhoben, die repräsentativ im gesamten Untersuchungsgebiet und gleichverteilt aus unterschiedlichen Tiefenzonen gewonnen wurden. Aufgrund des Erhebungszeitraums 1994/95 sind die Daten IFB-A jedoch nur zur Beschreibung und nicht zur Bewertung der Schadstoffbelastung der Sedimente geeignet.

Enthaltener Analysenumfang und Datendichte

Große Heterogenität besteht in den vorhandenen Datenauszügen hinsichtlich des Umfangs der durchgeführten Analysen und der Aufbereitung der Werte. Insbesondere die Datenauszüge der ARGE-S und ARGE-A weisen eine Reihe selten bestimmter Parameter auf (Tabelle 3-2). Insgesamt liegt der Schwerpunkt der Analysen aber auf in gebräuchlichen Schadstofflisten wie HABAK-WSV [BFG 1999] aufgeführten Stoffen. Analysenwerte zu allgemeinen Sedimentkennwerten sind in unterschiedlicher Dichte vorhanden. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung erfolgte in unterschiedlicher Form, vielfach fehlen Angaben zu den Ton- und Schlufffraktionen und der Gehalte der Fraktion < 20 µm wird undifferenziert angegeben.

Abschließende Bewertung

Die Beschreibung und Bewertung der Sedimente soll gemäß der Festlegung des Untersuchungsrahmens [WSD NORD & BWA 2005] anhand allgemeiner Sedimentkennwerte, Nährstoff- und Schadstoffgehalte sowie deren Freisetzungspotential im Bereich von Baggereingriffsflächen und Baggergutablagerungsflächen erfolgen.

Die Charakterisierung allgemeiner Sedimentkennwerte wird insbesondere unter Verwendung des Datenauszug IFB-A sowie des Sedimentkatasters der BAW [2006] durchgeführt. Für die Bewertung der aktuellen Sedimentbelastung wird auf verschiedene aktuelle Datensätze zurückgegriffen (IFB-N sowie Teile der Datenauszüge HPA-K, BFG-O, BFG-SM, ARGE-A und ARGE-S). Als aktuell werden dabei Daten aus den Jahren 2001 – 2005 angesehen, ältere Daten können zur Charakterisierung der Entwicklung der Sedimentbelastung seit 1994 herangezogen werden.

Die vorhandenen Daten sind zur Beschreibung und Bewertung der Sedimente im Ist-Zustand sowie für eine Maßnahmen-Prognose insgesamt von der Qualität als geeignet und vom Umfang als ausreichend anzusehen. Diese Aussage gilt auch in Bezug auf die Beurteilung der Veränderungen im Bereich der Verbringungsflächen, da die intensiven strömungsbedingten Sedimentumlagerungen innerhalb größerer Gebiete zu ähnlichen spezifischen Belastungen² führen. Je nach Zielstellung sind aus dem

² Korngrößenbereinigte, relative Belastung durch Umrechnung auf Gehalte in der Fraktion <20 µm

Sedimentkataster geeignete Datenauszüge heranzuziehen. Soweit vorhabensbedingte Auswirkungen auf die Sedimente der Nebenflüsse auftreten, kann für den Mündungsbereich (Bereich vor den Sperrwerken) auf oben genannte Datensätze zurückgegriffen werden. Stromauf gelegene Flussabschnitte werden durch die Tidedynamik (Eintrieb von Sedimenten aus der Elbe) nur im Unterlauf und hier bereits mit abnehmender Tendenz beeinflusst. Im Mittel- und Oberlauf wird die Belastung ganz überwiegend durch stromauf eingebrachte Stoffe bestimmt. Da von keiner grundsätzlich veränderten Einleitungssituation ausgegangen wird, stellen auch die Daten von 1994 für die Nebenflüsse eine belastbare Datengrundlage dar.

4 BESCHREIBUNG UND BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDS

4.1 Planerischer Ist-Zustand

Die Beschreibung des Ist-Zustands bezieht sich auf den Zustand des UG zum Zeitpunkt des geplanten Baubeginns 2008. Maßnahmen, die im Zeitraum der Bestandsaufnahme realisiert wurden, werden daher im planerischen Ist-Zustand (PIZ) berücksichtigt (Tabelle 4-1).

Die genannten Vorhaben wirken sich vor allem direkt durch Flächengewinn oder Flächenverlust auf den Ist-Zustand des Schutzgutes aus. So kommt es bezüglich der Erweiterung des Europakais Cuxhaven und der Verfüllung des Kohlenschiffhafens zur Überbauung von Flächen, die vorher im Bereich der Gewässersohle lagen. Demgegenüber werden bei Rückdeichung Hähnhöfersand neue Überflutungsflächen sowie bei der Anpassung Einfahrt Vorhafen und dem Bau des Tiefwasserliegeplatzes Finkenwerder neue Gewässersohlfächen geschaffen. Die Herstellung der Solltiefe bei der Zufahrt CT Altenwerder führt dazu, dass im Bereich der Baggerungen rezente Sedimente entnommen werden. Nach Fertigstellung wird sich auf der Gewässersohle jedoch kurzfristig erneut rezentes Sediment ablagern, so dass die Maßnahme keine Auswirkungen auf das Schutzgut Sedimente hat. Auch die Deichverstärkungen in St. Margarethen und Neufeld wirken sich nicht auf das Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente, aus.

Tabelle 4-1: Projektliste Planerischer Ist-Zustand [PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006d]

Projekt / Plan	Planungsstand / (voraussichtliche) Fertigstellung	Land
Hähnhöfersand: Rückdeichung und Schaffung von Wattflächen	Fertigstellung 2005	Freie u. Hansestadt Hamburg
Zufahrt Altenwerder: Herstellung der Solltiefe	Fertigstellung 2005	Freie u. Hansestadt Hamburg
Hafen Hamburg: Tiefwasserliegeplatz Finkenwerder	Fertigstellung 2006	Freie u. Hansestadt Hamburg
Sankt-Margarethen: Deichverstärkung	Fertigstellung 2006	Schleswig-Holstein
Neufeld: Deichverstärkung	Fertigstellung 2007	Schleswig-Holstein
Cuxhaven: Verlängerung des Europakais (Liegeplatz 4)	beantragt	Niedersachsen
Hafen Hamburg: Anpassung Einfahrt Vorhafen (inkl. Verfüllung Kohlenschiffhafens)	Fertigstellung 2011	Freie u. Hansestadt Hamburg

4.2 Beschreibung der physikochemischen Sedimenteigenschaften

Im Folgenden werden die oberen im Gewässerbett der Tideelbe auftretenden Sedimente charakterisiert. Dabei werden zunächst die allgemeinen Sedimentkennwerte vorgestellt und anschließend die Schadstoffgehalte in den Sedimenten beschrieben. Abschließend erfolgt eine Beschreibung der im Ausbauprofil und im Bereich der Ablagerungsbereiche vorliegenden Sedimente.

Hinsichtlich der Charakterisierung der allgemeinen Sedimentkennwerte wird dabei überwiegend auf das Datenkollektiv "IFB-A" zurückgegriffen. Zur Beschreibung der Schadstoffgehalte werden aktuelle Daten herangezogen, die durch IFB, BFG, ARGE Elbe und HPA von 2001 bis 2005 erhoben worden sind. Die Beschreibung der Sedimente im Ausbauprofil und im Bereich der Ablagerungsflächen erfolgt zusätzlich unter Einbeziehung der durch die BAW 2005 erhobenen Daten des Sedimentkatasters [BAW 2006]. Einleitend wird in den jeweiligen Abschnitten herangezogene Datengrundlage erläutert und begründet.

Der Sedimentkörper kann nach dem Faktor 'Ablagerungsalter' in zwei Teile untergliedert werden: Die oberste Sedimentschicht ist in der Tideelbe fast überall jung, d.h., dass ihre Eigenschaften sich aus Ablagerungs- und Umlagerungsvorgängen erklären lassen, die aktuell oder vor kurzer Zeit abgelaufen sind. Diese Sedimentschicht wird im folgenden als rezentes Sediment bezeichnet. Nur an wenigen Stellen wird die Flusssohle aus alten Sedimenten gebildet, die insbesondere im späten Quartär (saalezeitlicher Geschiebemergel, weichselzeitliche fluviatile Kiese und Sande) und im Holozän (z. B. Klei) zur Ablagerung gekommen sind und die durch natürliche Erosionsvorgänge oder auch durch Baggermaßnahmen freigelegt worden sind. Diese Sedimente bilden den tieferen Untergrund des Elbtals und werden daher als Untergrundsedimente bezeichnet. Da sich diese Sedimente in vielen Merkmalen deutlich von den rezenten Sedimenten unterscheiden, werden sie in den folgenden Ausführungen getrennt behandelt.

Infolge der besonderen hydrographischen Situation der Tideelbe finden massive interne Stofftransporte statt. Dabei werden die Sedimente sowohl in Längs- wie auch in Querrichtung des Flusses verlagert. Aus physikalischen Gesetzmäßigkeiten ergibt sich, dass an den Stellen, an denen die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers eine kritische Scherfestigkeit des Sedimentes überschritten hat, Resuspension mit anschließendem Abtransport mit dem Wasserstrom stattfindet. Die Sedimentation erfolgt wiederum dort, wo die Strömung langsam genug ist, so dass die im Wasserkörper enthaltenen Partikel absinken können. Da die Strömungsgeschwindigkeit im Tiderhythmus steigt und fällt und sich dabei die Richtung regelmäßig umkehrt, finden Sedimentumlagerungen flussaufwärts und -abwärts gerichtet statt. Wie in den folgenden Kapiteln gezeigt werden kann, findet bei diesem Vorgang eine intensive Mischung limnischer und mariner Sedimentpartikel statt. Das schon natürlicherweise komplizierte Sedimentationsgeschehen wird durch anthropogene Maßnahmen erheblich beeinflusst. So müssen die Schifffahrtsstraßen und Hafenbecken ständig von störenden Sedimenten durch Baggerungen befreit werden, was zu einem großen Anteil durch interne Sedimentumlagerungen (Verklappung) geschieht. Auch die Schifffahrt selbst führt durch schiffsbedingte Resuspension der Sedimente zu weiteren Sedimentumla-

gerungen. Einer Stabilisierung des Systems stehen aber auch natürliche Vorgänge entgegen. So wird das durch Normaltiden bedingte Muster der Sedimentverteilung durch Sturmfluten stark überprägt.

4.2.1 Allgemeine Charakterisierung der Sedimente

Die Darstellung der flächenhaften Verteilung der Sedimente, der allgemeinen Sedimentkenndaten und Nährstoffgehalte im Untersuchungsgebiet erfolgt auf Grundlage des 1994 an natürlichen Sedimenten erhobenen Datenkollektivs "IFB-A", durch das das Untersuchungsgebiet mit 351 gleichverteilten Probenahmepunkten charakterisiert wird. Die Einbeziehung von weiteren, an Dauermessstellen und Sedimentfallen erhobenen Daten ist in diesem Zusammenhang nicht zweckmäßig, da bei diesen eine räumliche Gleichverteilung bzw. zum Teil die Natürlichkeit des Sediments nicht gegeben ist.

Die Darstellung bezieht sich ausschließlich auf die jüngsten, oberflächennah an der Gewässersohle anstehenden Sedimente (Beprobungstiefe bis etwa 3 dm).

4.2.1.1 Korngrößenverteilung und Sedimenttypologie

Die Korngrößenverteilung ist die entscheidende Kenngröße zur Einordnung von Sedimenten, da die meisten Sedimenteigenschaften, z.B. Wassergehalte, Anteile organischer Substanz und Schadstoffgehalte, direkt oder indirekt von diesem Merkmal abhängen. Innerhalb des Gewässers hängt die Körnung u. a. von der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers ab, es bilden sich daher am Gewässergrund charakteristische Muster unterschiedlicher Körnungen aus. Da mit der räumlichen Verteilung der Korngrößen bei Sedimenten gleichen Alters auch die räumliche Verteilung der Schadstoffgehalte einhergeht, ist die Kenntnis der Körnung ein wichtiges Kriterium für die Abschätzung der Stoffzusammensetzung von Proben, von denen zwar die Körnung, nicht jedoch die übrigen Parameter bekannt sind. Zur Klassifizierung der Korngrößenverteilung werden die in Tabelle 4-2 aufgeführten Kornfraktionen verwendet.

Auf Grundlage der Kornzusammensetzung sowie den bei der Probennahme festgestellten morphologischen Merkmale (Schichtungen, Beimengungen) kann eine Klassifizierung der Sedimente in die in Tabelle 4-3 genannten Einheiten erfolgen. Auf dem obersten Niveau wurden die vier Hauptgruppen "Schlicke", "Sande", "Sande mit Schlickschichten" sowie "Untergrundsedimente" gebildet, die nach den in Tabelle 4-3 aufgeführten Kriterien in 11 Sedimenttypen untergliedert werden. Kennzeichnende Merkmale für die Schlicke sind Anteile an Feinkorn (Ton und Schluff) von über 50 %, bei den homogenen Sanden beträgt der Anteil < 5 %. Übergangssedimente mit 5 bis 50 % Feinkorn treten in Form von homogenen Mischungen oder Wechsellagerungen auf. Die Untergrundsedimente unterscheiden sich durch höhere Lagerungsdichte (bei Sanden) bzw. die abweichende Zusammensetzung (Mergel, Klei, Torf) von den übrigen Sedimenten deutlich.

Tabelle 4-2: Kornfraktionen und Korndurchmesser

Kornfraktion	Korndurchmesser (µm)
Skelett	> 2000
Grobsand	630 - 2000
Mittelsand	200 - 630
grober Feinsand	125 - 200
feiner Feinsand	63 - 125
Grobschluff	20 - 63
Mittelschluff	6,3 - 20
Feinschluff	2 - 6,3
Ton	< 2

Tabelle 4-3: Gliederung der Sedimenttypen

GLIEDERUNG AUS MIEHLICH et al. [1997a]		ZUGEORDNETER TYP DES KATASTERS BAW [2005]
SCHLICKE		SCHLICKE
	Sedimenttypen, in denen Schlicke überwiegen, Summe Ton und Schluff > 50 %	
1	Typischer Schlick	typischer Schlick
2	Schlick, sandig	Sandiger Schlick
3	Schlick mit Sandbändern	Sandiger Schlick
SANDE		SANDE
	weitgehend homogene Sedimente, in denen Sande überwiegen, Summe Ton und Schluff < 50 %	
4	Feinsand	Feinsand
5	Mittel- und Grobsand	Mittelsand Grobsand
6	Sand, schluffig oder Sand, schluffig-tonig	Mischsediment
7	Sand mit viel Muschelschill	-
SANDE MIT SCHLICKSCHICHTEN		MISCHSEDIMENT
	Schichtungen aus Sand und Schlick, in denen Sande überwiegen, Summe aus Ton und Schluff > 5 % und < 50%	
8	Feinsand mit Schlickschichten	Feinsandiges Mischsediment
9	Mittel- und Grobsand mit Schlickschichten	Mittelsandiges Mischsediment Grobsandiges Mischsediment
UNTERGRUNDSSEDIMENTE		UNTERGRUNDSSEDIMENTE
	Mergel: bindige Sedimente mit Steinen und Kalk Klei: feste, bindige Sedimente, z.T. mit Gefüge, sonst wie Schlick Torf: viel, nicht vollständig zersetzte organische Substanz	
10	Weitgehend homogen	-
11	Geschichtet	-

Für die Darstellung der Sedimentverteilung wurde auf die Daten von 1994 (Tabelle 4-4) und die Daten des aktuellen Katasters [BAW 2005] (siehe Tabelle 4-5) zurückgegriffen. Die Sedimente des Untersuchungsgebietes bestehen demnach überwiegend aus Sanden, wobei die Feinsande einen insgesamt größeren Anteil haben als die Mittelsande. Grobsande nehmen nur einen sehr geringen Anteil ein (< 1 %). Innerhalb der Tideelbe treten höhere Anteile an feinkörnigen Sedimenten in Seitenräumen

(Flach- und Tiefwasserzone sowie Watt) auf als in der Fahrrinne. In der Fahrrinne kommen fast nur Sedimente im Sandbereich vor, wobei hier die Mittelsande und Feinsande dominieren.

Im Hinblick auf die Verteilung der Sedimente entlang der Elbe kann folgendes gesagt werden: Das Längsprofil der Elbe lässt sich unterteilen in v. a. grobkörnige Sedimente oberhalb Hamburgs, in überwiegend feinkörnige Sedimente im Hamburger Hafen und in Sedimente unterhalb Hamburgs, die eine weite Streuung aufweisen. Die Streuung nimmt zur Außenelbe hin ab. Bezogen auf die unterschiedlichen Sedimenttypen lassen sich die Gewässerabschnitte folgendermaßen charakterisieren (Tabelle 4-4 und Tabelle 4-5):

In dem Abschnitt "Außenelbe" treten überwiegend nur Sande auf. Es handelt sich hierbei v. a. um Feinsande und schluffige Feinsande, örtlich auch Mittelsande. Vereinzelt treten auch Sande mit viel Muschelschill auf. Schlickige Sedimente wurden nur in sandiger Form im unteren Tiefwasserbereich gefunden.

Im daran anschließenden Abschnitt "Cuxhaven" ist der Anteil von Sedimenttypen, die Schlicke (sandige Schlicke und Sande mit Schlick geschichtet, Sedimenttyp 1-3 und 8+9) enthalten, schon deutlich höher, allerdings tritt in dem Sedimentkataster nur an einer Stelle reiner Schlick im Watt auf. Mit Schlick geschichtete Sedimenttypen treten v. a. südlich der Fahrrinne und dort insbesondere im Watt und Flachwasser auf. Unter den Sanden dominieren Feinsande in den Seitenräumen und Mittelsande in der Fahrrinne. Die hohen Strömungsgeschwindigkeiten führen dazu, dass ausnahmsweise in der Fahrrinne auch Grobsande, z. T. mit feinkörnigen Beimengungen, auftreten.

Im Abschnitt "Brunsbüttel" ist in dem aktuellen Kataster der Anteil von schlickigen Sedimenten (43 %) größer als der Anteil von reinen Sanden (33 %), während die Erfassung 1994 ein deutliches Übergewicht des Anteils der Sande ergeben hatte. Auch im Bereich der Fahrrinne (zum Beispiel Nähe Osteriff) können schlickhaltige Sedimenttypen (Sedimenttyp 1-3 und 8+9) auftreten. Auffällig ist in dem aktuellen Kataster der hohe Anteil reiner Schlick in den unteren Tiefwasserbereichen. Im Gegensatz zu den Watt, bei denen die feinkörnigen Sedimente absolut dominieren, ist in dem Tiefenwasserbereich die Sedimentverteilung sehr heterogen, neben den genannten Schlick kommen auch reine Mittelsande vor. Sande mit viel Muschelschill kommen in diesem Abschnitt nicht mehr vor.

Im Abschnitt "Glückstadt" steigt gemäß der aktuellen Erfassung der Anteil an schlickigen Sedimente gegenüber Abschnitt "Brunsbüttel" nicht weiter an (rund 40 %), die Fahrrinne ist aber praktisch frei von diesen feinkörnigen Sedimenten. Vor allem in den Bereichen der Nebelbe (Glückstädter Nebelbe, Pagensander Nebelbe, Schwarztonnenensander Nebelbe) treten häufig Schlicke auf. Innerhalb der Sande greift die Verschiebung von Feinsanden zu Mittelsanden, die im Abschnitt "Brunsbüttel" nur in der Fahrrinne erkennbar war, in diesem Abschnitt auch auf die Seitenräume über. Diese Körnungsverschiebung betrifft sowohl die reinen Sande wie diejenigen mit Feinkornanteilen (Mischsedimente). Nur die Watt im Abschnitt "Glückstadt" sind von Feinsanden dominiert.

**Tabelle 4-4: Verteilung der Sedimenttypen im Untersuchungsgebiet 1994
[MIEHLICH et al. 1997a]**

Abschnitt	Zone	Sedimenttyp										
		Schlicke			Sande ungeschichtet				Sande geschichtet		Andere	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Außenelbe	Ausbauprofil	-	-	-	2	4	-	2	-	2	-	-
	Fahrrinne	-	-	-	13	8	-	4	-	-	-	-
	Flach-/Tiefw.	2	-	-	17	13	2	1	-	-	-	-
	Watt	-	-	-	13	4	4	-	-	-	-	-
	$\Sigma (n)$	2	-	-	45	29	6	7	-	2	-	-
	$\Sigma (\%)$	2	-	-	49	32	7	8	-	2	-	-
Cuxhaven	Ausbauprofil	-	-	-	-	2	-	2	-	-	2	-
	Fahrrinne	-	-	-	2	17	2	7	2	-	-	-
	Flach-/Tiefw.	-	5	-	17	2	2	5	5	-	-	-
	Watt	-	-	-	1	-	5	-	12	-	-	-
	$\Sigma (n)$	-	5	-	2-	21	9	14	19	-	2	-
	$\Sigma (\%)$	-	6	-	22	23	1-	16	21	-	2	-
Brunsbüttel	Ausbauprofil	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-
	Fahrrinne	-	-	-	6	13	-	-	8	2	-	-
	Flach-/Tiefw.	-	2	2	8	8	6	-	13	-	-	6
	Watt	-	4	4	6	-	-	-	1	-	-	-
	$\Sigma (n)$	-	6	6	2-	21	6	-	26	2	-	6
	$\Sigma (\%)$	-	6	6	22	23	6	-	28	2	-	6
Glückstadt	Ausbauprofil	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
	Fahrrinne	-	1	1	1	8	7	-	4	5	-	-
	Flach-/Tiefw.	-	4	4	1	5	5	-	5	4	1	5
	Watt	-	1	15	1	1	3	-	5	1	-	-
	$\Sigma (n)$	-	6	2-	3	19	15	-	14	1-	1	5
	$\Sigma (\%)$	-	6	22	3	2-	16	-	15	11	1	5
Wedel	Ausbauprofil	-	-	-	-	18	-	-	-	-	4	-
	Fahrrinne	-	-	-	2	12	2	-	4	4	4	2
	Flach-/Tiefw.	-	2	-	-	12	4	-	4	2	4	2
	Watt	2	-	4	-	2	6	-	4	-	-	-
	$\Sigma (n)$	2	2	4	2	44	12	-	12	6	12	4
	$\Sigma (\%)$	2	2	4	2	44	12	-	12	6	12	4
Hamburg	Ausbauprofil	-	-	-	-	3	6	-	6	-	6	-
	Fahrrinne	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	-
	Flach-/Tiefw.	12	26	-	-	-	21	-	-	-	-	-
	Watt	6	3	-	-	3	3	-	-	-	-	-
	$\Sigma (n)$	18	29	-	3	3	24	-	-	-	3	-
	$\Sigma (\%)$	23	36	-	4	4	3-	-	-	-	4	-
Vierlande	Fahrrinne	-	-	-	-	52	-	-	-	-	-	-
	Watt	-	5	-	-	29	-	-	-	14	-	-
	$\Sigma (n)$	-	5	-	-	81	-	-	-	14	-	-
	$\Sigma (\%)$	-	5	-	-	81	-	-	-	14	-	-
Nebenflüsse	alle	29	26	6	3	6	1	-	16	3	-	-
	$\Sigma (\%)$	32	29	7	3	7	1	-	18	3	-	-
Summe (n)	$\Sigma (n)$	51	79	36	96	172	73	-	87	37	18	15
Summe (%)	$\Sigma (\%)$	8	12	5	14	26	11	-	13	6	3	2

**Tabelle 4-5 Verteilung der Sedimenttypen im Untersuchungsgebiet 2005
[BAW 2006]**

Abschnitt	Zone	Sedimenttyp								
		Schlicker		Mischsedimente			Sande			
		rein	sandig	fS	mS	gS	fS	mS	gS	
Außenelbe	Fahrrinne	-	-	1	-	-	2	5	-	
	Tiefw., tief	-	3	18	-	-	14	9	1	
	Tiefw., flach	-	-	9	1	-	9	3	-	
	Flachwasser	-	-	2	-	-	9	1	-	
	Watt	-	-	3	-	-	5	2	-	
	Σ (n)	0	3	33	1	0	39	20	1	
	Σ (%)	0,0	3,1	34,0	1,0	0,0	40,2	20,6	1,0	
Cuxhaven	Fahrrinne	-	-	-	5	4	4	13	1	
	Tiefw., tief	-	5	38	-	-	45	6	-	
	Tiefw., flach	-	5	12	-	-	21	-	-	
	Flachwasser	-	7	23	-	-	33	1	-	
	Watt	1	1	20	-	-	30	1	-	
	Σ (n)	1	18	93	5	4	133	21	1	
	Σ (%)	0,4	6,5	33,7	1,8	1,5	48,2	7,6	0,4	
Brunsbüttel	Fahrrinne	1	2	1	2	-	5	14	-	
	Tiefw., tief	15	17	17	3	-	20	11	-	
	Tiefw., flach	-	14	3	1	-	6	-	-	
	Flachwasser	6	23	13	-	-	9	1	-	
	Watt	5	5	7	1	-	2	-	-	
	Σ (n)	27	61	41	7	0	42	26	0	
	Σ (%)	13,2	29,9	20,1	3,4	0,0	20,6	12,8	0,0	
Glückstadt	Fahrrinne	-	1	1	10	-	1	12	1	
	Tiefw., tief	15	29	5	20	-	7	20	-	
	Tiefw., flach	2	12	8	4	-	3	7	-	
	Flachwasser	3	12	1	5	-	4	8	-	
	Watt	4	12	11	2	-	9	5	-	
	Σ (n)	24	66	26	41	0	24	52	1	
	Σ (%)	10,3	28,2	11,1	17,5	0,0	10,3	22,2	0,4	
Wedel	Fahrrinne	1	2	1	5	-	-	2	-	
	Tiefw., tief	6	7	7	11	-	-	7	-	
	Tiefw., flach	1	4	4	3	-	-	4	-	
	Flachwasser	-	10	11	2	-	-	1	-	
	Watt	6	8	5	4	1	-	1	-	
	<i>Summe</i> (n)	14	31	28	25	1	0	15	0	
	Summe (%)	12,3	27,2	24,6	21,9	0,9	0,0	13,2	0,0	
Summe (n)		66	179	221	79	5	238	134	3	
Summe (%)		7,1	19,4	23,9	8,5	0,5	25,7	14,5	0,3	

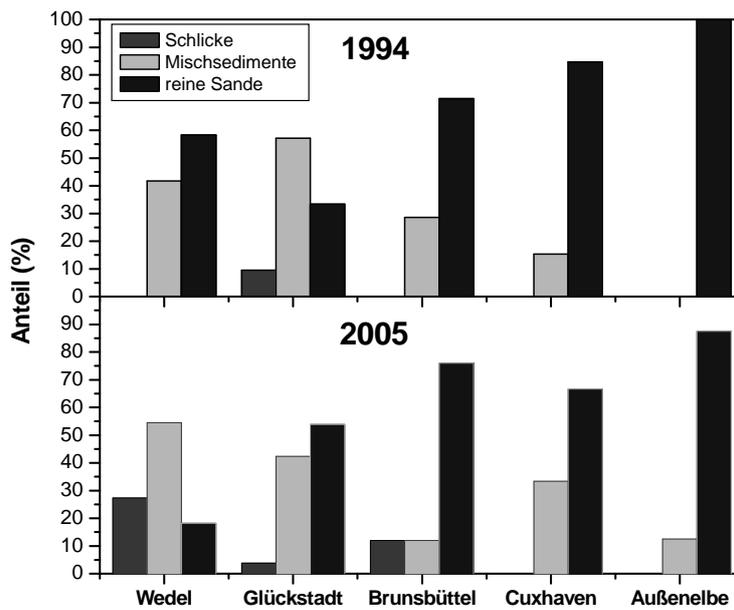


Abbildung 4-1 Sedimenttypenverteilung in der Fahrrinne 1994 zu 2005

Im Abschnitt "Wedel" hat sich im Bereich der Fahrrinne eine Veränderung der Sedimenttypen gegenüber dem Zustand 1994 ergeben (Abbildung 4-1). Während 1994 der Anteil reiner Sande (insbesondere Mittelsande) bei rund 60 % lag, beträgt dieser Anteil aktuell nur noch knapp 20 %. Dafür haben insbesondere die sandigen Schlicke stark zugenommen, sie machen 2005 fast 30 % der Sedimente aus. Die Verschiebungen zu feinkörnigeren Sedimenten zeigen sich auch in den Seitenräumen, in denen reine Sande selten sind und reine Schlicke sowohl im unteren Tiefwasserbereich wie auch den Watten einen erheblichen Flächenanteil einnehmen.

Im Abschnitt "Hamburg" treten überwiegend Schlicke (Sedimenttyp 1-2) und schluffige Sande auf. Die Sande sind vor allem im Bereich der Hauptelben zu finden, Schlicke kommen in Hafenbecken und anderen strömungsberuhigten Bereichen vor.

Oberhalb Hamburgs im Abschnitt "Vier- und Marschlande" dominieren die Sande, wobei hier nur Mittelsande vorkommen. Im Watt können auch mit Schlick geschichtete Sande und sandige Schlicke auftreten.

In den Nebenflüssen wurden 1994 zumeist Schlicke angetroffen. Eine Ausnahme stellte die Illmenau dar, deren Bett vor allem Mittelsande aufwies. Auch in der Este traten v. a. (schluffige) Sande auf (bei Buxtehude und am Este Sperrwerk) und nur bei Estebrücke Schlick. In der Lühe kamen im unteren Bereich ausschließlich mit Schlick geschichtete Sande vor, im oberen Bereich sandige Schlicke. In der Oste traten im Mündungsbereich Sande, weiter oberhalb mit Schlick geschichtete Sande und ab Großenwörden nur noch Schlicke auf. In den übrigen Nebenflüssen wurden nur Schlicke angetroffen.

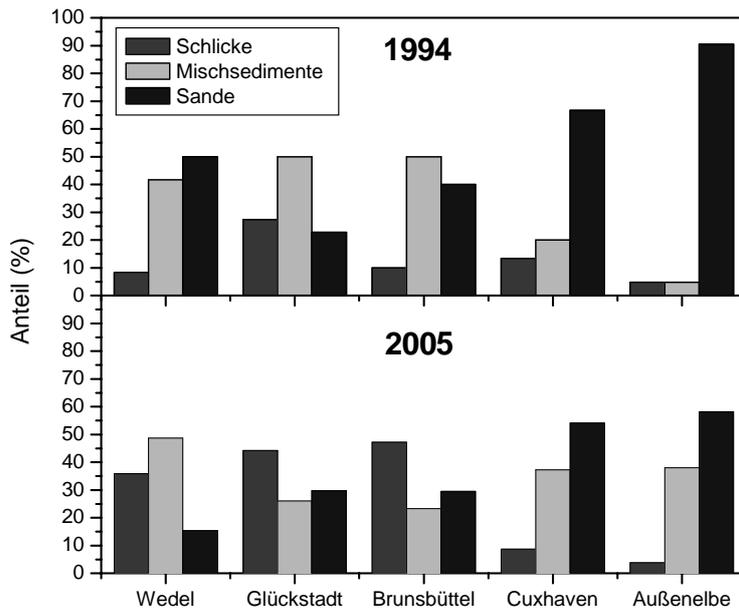


Abbildung 4-2 Sedimenttypenverteilung außerhalb der Fahrrinne (ohne Watten) 1994 zu 2005

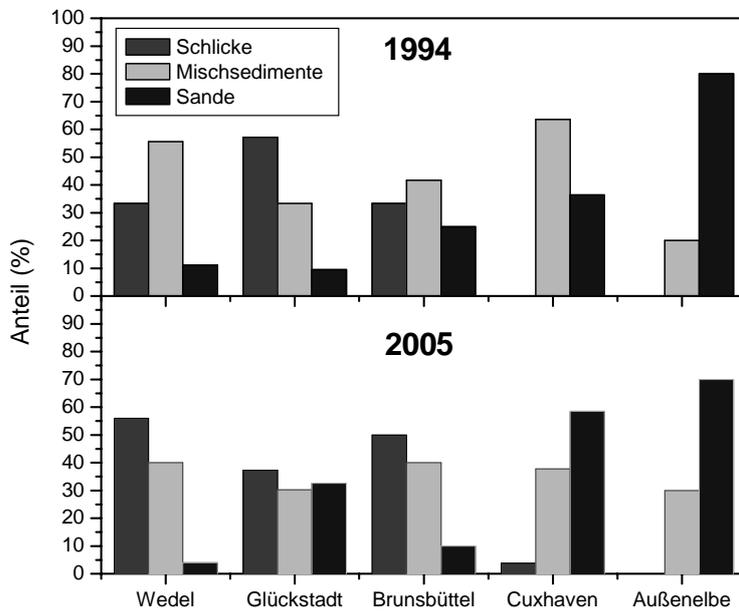


Abbildung 4-3 Sedimenttypenverteilung in den Watten 1994 zu 2005

Insgesamt ergibt sich, dass die Verteilung der Gewässersedimente innerhalb des Untersuchungsgebietes sehr ungleichmäßig ist, wobei sich deutliche Abhängigkeiten von der hydrographischen Situation feststellen lassen. Dies bedeutet, dass auch mit einer deutlichen regionalen Streuung der meisten Sedimenteigenschaften zu rechnen ist, da diese eng mit dem Sedimenttyp korrelieren.

4.2.1.2 Organische Substanz

Die organische Substanz ist ein bedeutender Träger von Nährstoffen und spielt eine wichtige Rolle bei der Adsorption von Metallen und organischen Spurenstoffen. Sie stellt daher neben den Tonmineralen ein wichtiges Transportmedium für diese dar. Die Gehalte an organischer Substanz (TOC) werden direkt gemessen oder aus dem Glühverlust bei 550 °C bestimmt (gemäß DIN 38414-3 [1985], in BAW [2006]). Nach den Messungen 1994 [MIEHLICH et al. 1997a] beträgt das Verhältnis zwischen TOC und Glühverlust 0,42. In der Regel ist der Gehalt an organischer Substanz in feinkörnigen Proben größer als in Sanden, da die organische Substanz sich eng mit Ton- und z. T. auch Schluffpartikeln verbindet und mineralische wie organische Bestandteile gemeinsam sedimentieren.

Die Gehalte an organischer Substanz weisen innerhalb des Untersuchungsgebietes typische Unterschiede auf: In "Hamburg" treten die höchsten Spannweiten auf, von dort erfolgt eine gleichmäßige Einengung der Streuung bis zur "Außenelbe", wo die Gehalte der Oberflächensedimente < 1 % TOC liegen. Im Untersuchungsabschnitt "Vierlande" sind die Gehalte ebenfalls niedriger als in "Hamburg", da dort andere Sedimenttypen vorherrschen. Für die Verteilung der organischen Kohlenstoffgehalte sind v. a. zwei Faktoren verantwortlich:

- die Verteilung der grob- und feinkörnigen Sedimente (siehe Kap. 4.2.1.1) und
- der relative Anteil an organischer Substanz in den feinkörnigen Sedimenten.

Betrachtet man das Verhältnis des TOC-Wertes zur Kornfraktion < 20 µm entlang der Unterelbe, lässt sich zeigen, dass das Verhältnis von Hamburg zur Elbemündung hin abnimmt (Tabelle 4-6), d. h., dass das schlickige Sediment bei gleicher Korngrößenverteilung Richtung Außenelbe immer geringere Anteile an organischer Substanz aufweist. Dabei wurde 1994 die höchste Abnahme vom Untersuchungsabschnitt "Hamburg" zum Untersuchungsabschnitt "Wedel" festgestellt, die aktuellen Daten zeigen, dass der Bereich stärkster Abnahme sich stromauf verschoben hat und jetzt zwischen "Vierlande" und "Hamburg" stattfindet.

Der Gehalt an organischer Substanz der verschiedenen Sedimenttypen entspricht den körnungsbedingten Unterschieden (siehe Tabelle 4-7): Innerhalb der "Schlicke" enthalten die ungeschichteten Sedimenttypen mehr organische Substanz als die geschichteten. Die Gehalte der "Sande mit Schlickschichten" sind niedriger als die der "Schlicke". Innerhalb der Sande haben nur die "Sande, schluffig" höhere Gehalte. Daneben treten besondere Gehalte an organischer Substanz in den geogen anstehenden Untergrundsedimenten (Klei und Geschiebemergel) auf.

Zusammenfassend kann der Gehalt an organischer Substanz der Sedimente neben der Korngrößenzusammensetzung als wichtigste Kenngröße zur Charakterisierung der Sedimenttypen bezeichnet werden. Die enge Bindung an den Feinkornanteil bedingt, dass feinkörnige Sedimente nicht nur durch oberflächenreiche Tonminerale, sondern auch durch die bindungsaktiven Oberflächen organischer Substanzen gekennzeichnet sind - beide Gruppen verbinden sich auch untereinander in so genannten "Ton-Humus-Komplexen". Die bevorzugte Schadstoffbindung erfolgt an Schlickern, die reich an beiden Stoffen sind. Wegen des gleichzeitigen Auftretens beider Komponenten ist eine Trennung der Wirkung beider Stoffgruppen nicht möglich.

Tabelle 4-6: Verhältnis der Gehalte an organischer Substanz zum Anteil der Kornfraktion < 20 µm

Abschnitt	1994 ¹		2005 (IfB)		2005 (BAW)	
	Probenzahl	TOC/FK	Probenzahl	TOC/FK	Probenzahl	GLV/FK
Außenelbe - Brunsbüttel	12	0,05	20	0,057	80	0,177
Glückstadt	22	0,06	7	0,070	33	0,238
Wedel	22	0,10	7	0,077	30	0,278
Hamburg	25	0,16	7	0,082	-	-
Vierlande	3	0,19	6	0,148	-	-
Nebenflüsse	10	0,12		-	-	-

¹ nur an Proben mit > 1 % TOC bestimmt

Tabelle 4-7: Gehalte an organischer Substanz in den Sedimenttypen (Daten 1994)

Sedimenttyp		Gehalt TOC (% TM)			
		Probenzahl	Minimum	Maximum	Median
1	Typischer Schlick	16	1,26	8048	4,55
2	Schlick, sandig	25	0,68	8043	2,6
3	Schlick mit Sandbändern	19	0,85	3066	1,37
4	Feinsand	40	< 0,01	0,53	0,14
5	Mittel- und Grobsand	84	<0,01	0,52	0,1
6	Sand, schluffig oder schluffig-tonig	30	0,11	8,18	0,48
7	Sand mit viel Muschelschill	11	0,08	0,31	0,19
8	Feinsand mit Schlickschichten	44	0,13	2,94	0,68
9	Mittel- und Grobsand mit Schlickschichten	17	0,23	1,9	0,69
10	Untergrundsedimente, weitgeh. homogen	8	0,02	12,4	0,43
11	Untergrundsedimente, geschichtet	8	0,23	5,39	2,56

4.2.1.3 Kalkgehalt, pH-Wert, Pufferkapazität

Der Kalkgehalt ist eine wichtige Kenngröße für die Sedimente, da durch ihn die Pufferkapazität eines Sedimentes bestimmt wird. Je höher die Pufferkapazität eines Sedimentes ist, desto geringer ist die Gefahr der Schwermetallremobilisierung aus den Sedimenten, die durch saure Bedingungen verursacht wird (durch Oxidationsprozesse: Sufidoxidation, Nitrifikation oder saure Niederschläge). Somit entscheidet die Pufferkapazität, welcher pH-Wert sich kurz- oder langfristig in dem Sediment einstellt. Im Allgemeinen weisen Elbsedimente eine sehr geringe Pufferkapazität auf.

Kalkgehalt

Die Sedimenttypen unterscheiden sich auf Grund ihrer Kalkgehalte. Schlicke enthalten meist mehr Kalk als die Sande. Innerhalb der Sande haben die Sande mit Muschelschill auf Grund der Muschelschalen die höchsten Kalkgehalte.

Entlang der Elbe unterscheiden sich v. a. die Abschnitte "Hamburg" und "Vierlande" auf Grund des Kalkgehalts von den übrigen Abschnitten. Die Sedimente oberhalb Hamburgs enthalten nur Spuren von Kalk. In den Abschnitten "Wedel" bis "Cuxhaven" ist der Bereich, in dem die Kalkgehalte liegen, ähnlich. Im Abschnitt "Außenelbe" sind die Kalkgehalte am niedrigsten, da hier fast nur Sande vorkommen. Sande enthalten im gesamten Untersuchungsgebiet deutlich weniger Kalk als Schlicke.

pH-Wert

Mit dem pH-Wert wird in einer Probe der in einer Wassersuspension freisetzbare Gehalt an Protonen (H^+ -Ionen) angegeben. Anhand des Wertes lässt sich daher u. U. erkennen, ob eine interne Säureproduktion (z.B. durch Mineralisierung, Fettsäurebildung bei Methanogenese, Sulfidoxidation) vorliegt oder ob die vorhandenen Salze pH-neutral sind. In den hier erfassten wassergesättigten und kalkhaltigen Systemen wird der pH-Wert insbesondere durch die Löslichkeit des Kalks und den CO_2 -Partialdruck bestimmt. Bei geringen CO_2 -Partialdrücken stellen sich im Gleichgewicht pH-Werte von ca. 8,2 ein, die bei höheren Partialdrücken bis auf ca. pH 7 abfallen. Aber auch kalkfreie wassergesättigte Sedimente weisen bei ausreichenden Gehalten organischer Substanz annähernd pH-neutrale Bedingungen auf, da bei der Reduktion oxidierter Substanzen H^+ -Ionen verbraucht werden.

Die pH-Werte von Sedimenten unterscheiden sich nur geringfügig. Sie liegen zum überwiegenden Teil zwischen pH 6,8 und 8,6 und damit innerhalb des pH - Bereiches des Elbwassers, der mit pH 6,6 - 8,9 angegeben wird [ARGE ELBE 1993].

Entlang der Elbe nehmen die pH-Werte im Porenwasser der Sedimente von der "Außenelbe" nach "Hamburg" hin etwas ab, was dem Trend der pH-Werte im Elbwasser entspricht. Die niedrigsten pH-Werte zeigen die "Schlicke" im Hamburger Hafen.

Im gesamten Untersuchungsgebiet weisen "Sande" höhere pH-Werte als feinkörnigere Sedimente auf, da in den feinkörnigen Sedimenten der CO_2 -Partialdruck infolge der Mineralisation organischer Substanz höher ist. Dementsprechend haben die "Schlicke" die niedrigsten pH-Werte, wobei mit zunehmendem Sandanteil die pH-Werte etwas ansteigen.

Innerhalb der Sedimente des Untersuchungsgebietes lassen sich somit 2 Faktoren feststellen, die den pH-Wert steuern:

- Meeresentfernung: Mit zunehmender Meeresentfernung nimmt der pH-Wert ab.
- Anteil an organischer Substanz (TOC-Wert): Mit zunehmendem Anteil an organischer Substanz nimmt der pH-Wert ab.

Pufferkapazität

Wie oben beschrieben, liegt der größte Teil der pH-Werte der Sedimente zwischen pH 6,8 und 8,6. In diesem pH-Bereich wirken zwei Puffersysteme gegen den Eintrag von

H⁺-Ionen: Die Pufferung durch Carbonate (im Bereich pH 6,5 – 8,0) und die Pufferung durch Austausch variabler Ladungen an Tonmineralen und Huminstoffen (pH 8 - < 3) [SCHEFFER / SCHACHTSCHABEL 2002].

Die Pufferkapazität der Sedimente nimmt von der Außenelbe nach Hamburg hin zu. Dies ist v. a. darauf zurückzuführen, dass in dieser Richtung der Anteil der feinkörnigeren Sedimenttypen, die auch mehr Kalk enthalten, zunimmt.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass Schlicke meist höhere Kalkgehalte aufweisen und damit auch eine höhere Pufferkapazität besitzen, dies aber nicht in Beziehung zum pH-Wert der Sedimente in situ steht. Dieser wird gesteuert vom Elbwasser und ist tendenziell, bei sonst gleichen Bedingungen, infolge intensiver mikrobiologischer Umsatzprozesse in Schlickten niedriger als in Sanden.

4.2.1.4 Redoxspannung

In den feinkörnigen Sedimenten der Gewässersohle herrschen reduzierende Bedingungen (niedrige Redoxspannung) vor, unter denen viele Schwermetalle nahezu immobil in sulfidisch / organischer Bindungsform vorliegen. Durch natürliche Resuspension, wie auch durch Baggerung und Transport, kommt es zu Oxidationsprozessen, wodurch viele Schwermetalle (z.B. Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) in leichter lösliche Bindungsformen überführt werden. Die Redoxspannung bestimmt mit dem pH-Wert die aktuelle Verfügbarkeit von Schwermetallen.

Die Redoxspannung ist in Schlickten (Standardspannung im Mittel –35 bis +15 mV) deutlich niedriger als bei reinen Sanden (+315 – +415 mV). Dies ist im Wesentlichen durch den höheren Gehalt an organischer Substanz in den Schlickten zu erklären; aber auch die geringere Sauerstoffdiffusion in den feinkörnigen Sedimenten trägt zu diesem Effekt bei. Bei schluffigen Sanden und Sanden mit Schlickschichten treten meist etwas höhere Redoxspannungen als bei Schlickten auf. Die Beimengungen kleiner Mengen an organischer Substanz, wie sie für die Mischsedimente und auch für die Sande mit Muschelschill typisch sind, genügen bereits um die für reine Sande typischen hohen Redoxspannungen deutlich zu vermindern. Für die Bedeutung der Sauerstoffdiffusion als wichtiger Faktor spricht, dass auch innerhalb der Gruppe der reinen Sande die Feinsande überwiegend niedrige Redoxspannungen aufweisen als die Mittelsande.

4.2.1.5 Sauerstoffzehrung

Bei der natürlichen und anthropogenen Umlagerung von Sedimenten gelangen das Sedimentporenwasser sowie die Feststoffpartikel in die Wassersäule und vermindern dort den Sauerstoffgehalt des Wassers. Die Sauerstoffzehrung ist abhängig von den in dem Sediment ablaufenden biochemischen Prozessen, die wiederum von der Bakteriendichte, dem Anteil und der Zusammensetzung der organischen Substanz, der Korngrößenzusammensetzung und der Umlagerungsgeschwindigkeit des Sedimentes abhängen [NÖTHLICH 1989]. Sie ist besonders hoch in feinkörnigen, schlickigen Sedimentsuspensionen von anaeroben Sedimenten aus tieferen Sedimentschichten.

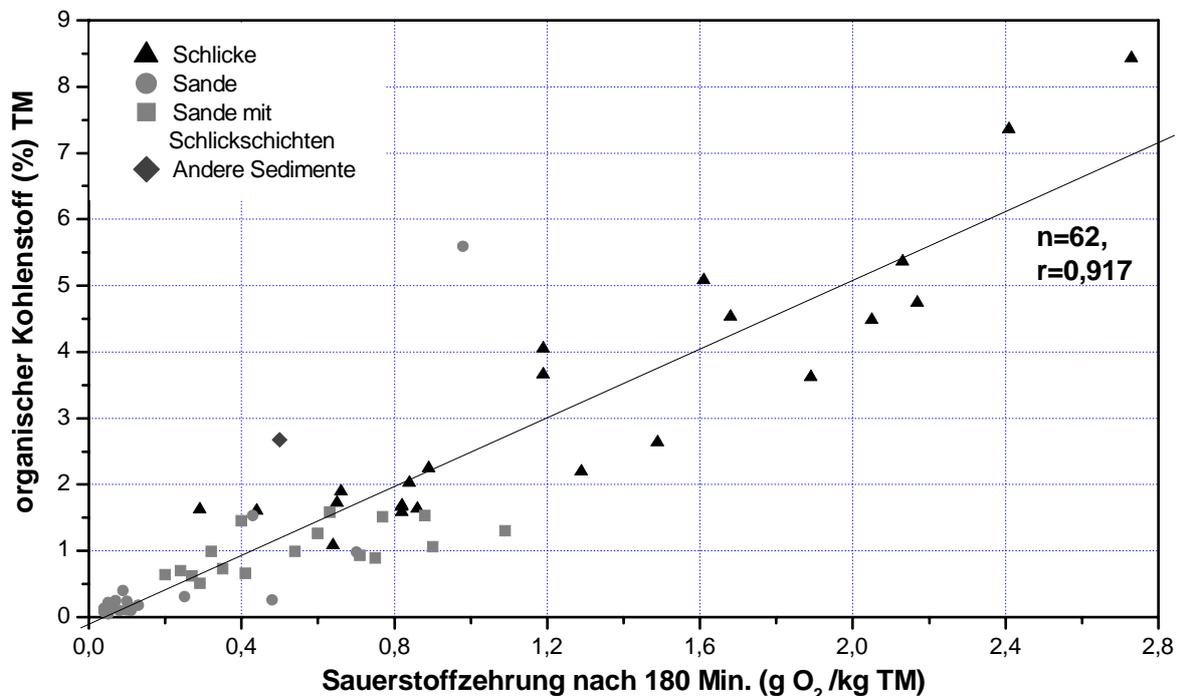
Stark sauerstoffzehrend wirken folgende Substanzen, die besonders in feinkörnigen Sedimenten auftreten:

- reduzierte anorganische Verbindungen, v. a. Sulfide (sog. chemische Zehrung) und Ammonium (Nitrifikation)
- reduzierte organische Verbindungen (aerober biologischer Abbau, biochemischer Abbau)

In MIEHLICH et al. [1997a] wurde die Sauerstoffzehrung an einer Auswahl feinkörniger Sedimentproben ($n = 42$) direkt bestimmt. Hierbei zeigten sich sehr enge Beziehungen der Sauerstoffzehrung zum Gehalt an organischer Substanz (Korrelationskoeffizient $r = 0,92$, Abbildung 4-4) sowie nur wenig engere Beziehungen zum Tongehalt der Proben (Korrelationskoeffizient $r = 0,8$). Hieraus ist ersichtlich, dass das Sauerstoffzehrungspotential der Sedimente vor allem durch den Gehalt an organischer Substanz bestimmt wird.

Bezüglich der potentiellen Sauerstoffzehrung der Sedimenttypen ergibt sich entsprechend, dass der Sauerstoffverbrauch der feinkörnigen "Schlicke" am höchsten ist. Reine "Sande" zeigen dagegen nur einen sehr geringen Sauerstoffverbrauch, wobei kaum Unterschiede zwischen "Fein-" und "Mittelsanden" bestehen. Der Sauerstoffverbrauch bei den "Sanden, schluffig" und den "Sanden mit Schlickschichten" liegt nur geringfügig höher. Der erhöhte Sauerstoffverbrauch der "Schlicke" ist auf den im Gegensatz zu den "Sanden" erhöhten Gehalt an organischer Substanz zurückzuführen.

Abbildung 4-4: Beziehung Sauerstoffzehrung zum Gehalt organischer Substanz



4.2.1.6 Nährstoffgehalte

Schwefel

Der in Sedimenten enthaltene Schwefel stammt im Wesentlichen aus zwei Quellen, nämlich aus abgestorbenen Organismen (Schwefel in organischer Bindungsform) und aus der Ausfällung und Akkumulation von Sulfiden (anorganische Bindungsform). Dabei kann die Herkunft des Sulfid-Schwefels sowohl aus der Mineralisation der organischen Substanz stammen als auch aus dem bereits in oxidierter Form als Sulfat (SO_4^{2-}) im Gewässer vorhandenen Schwefel. Schwefel geht im Sediment eine Reihe von Bindungsformen unterschiedlicher Oxidationsstufen ein. Neben Sulfiden (Oxidationsstufe -2) treten auch elementarer Schwefel (Stufe 0) und Sulfatester (Stufe +6) auf. In carbonathaltigen (Locker-) Gesteinen liegt nicht selten ein erheblicher Anteil des Schwefels als Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) vor.

Innerhalb des Gewässers können die Sedimente einen erheblichen Schwefelpool darstellen, die S-Fracht ergibt sich aber vor allem aus den Anteilen gelösten Sulfats in der Wassersäule.

Die Schwefelgehalte in Sedimenten sind dann von ökologischer Relevanz, wenn durch Belüftung (z.B. bei der Landablagerung oder der Remobilisierung im Gewässer) die sulfidischen Verbindungen sowie der elementare Schwefel oxidiert werden. Dabei treten häufig sehr hohe Sulfatgehalte in den Sedimentporenwässern auf, die - im Falle der Landablagerung - zu Grundwasserproblemen führen können. Die Oxidation sulfidischer Verbindungen bewirkt eine Verschiebung der Bindungsformen der Metalle zu leichter löslichen Fraktionen, wodurch der Schwermetallgehalte in der Lösungsphase ansteigen kann. Bei gering gepufferten Sedimenten wird eine Abnahme des pH-Wertes durch die mit der Sulfidoxidation einhergehende interne Säureproduktion beobachtet.

Innerhalb der Tideelbe treten hohe Gesamtschwefelgehalte in den Sedimenten des Untersuchungsabschnitts "Hamburg" auf, da hier auch die höchsten Anteile an organischer Substanz zu finden sind (Tabelle 4-8). Aufgrund der Korrelation von Gehalten organischer Substanz mit den Feinkorngehalten der Sedimente sind die "Schlicke" im Mittel besonders schwefelhaltig und die "Sande" schwefelarm, Mischsedimente vermitteln dazwischen.

Tabelle 4-8: Schwefelgesamtgehalte und C/S-Verhältnisse der Untersuchungsabschnitte (jeweils nur oberste Sedimentschicht, Proben 1994)

Abschnitt	Schwefelgehalt (g/kg TM)			C/S-Verhältnis
	Probenzahl	Minimum	Maximum	Median
AUS	18	< 0,01	1,37	< 0,01
CUX	20	< 0,01	4,10	0,57
BRU	19	< 0,01	12,20	1,25
GLU	32	< 0,01	4,80	1,30
WED	20	< 0,01	7,57	1,75
HH	22	< 0,01	12,50	5,00
VML	11	< 0,01	5,30	0,04
Nebenflüsse	16	0,39	4,36	2,63
Alle Proben	158	< 0,01	12,50	0,98

Im Längsverlauf der Tideelbe steigt der auf die organische Substanz bezogene Schwefelgehalt (C/S-Verhältnis) an, so dass im äußersten Untersuchungsabschnitt der Tideelbe das C/S-Verhältnis auf ein Viertel gegenüber dem Untersuchungsabschnitt "Vierlande" verengt ist. Dieser relative Anstieg ist durch die fortschreitende Mineralisation der organischen Substanz sowie durch den steigenden Einfluss mariner und damit auch sulfatreicher Wässer zu erklären.

Stickstoff

Vor allem durch die Düngung im Einzugsgebiet der Elbe werden große Mengen an Stickstoff in die Elbe eingetragen. Daneben sind auch Punktquellen (z.B. Klärwerke) an der Stickstoffbelastung beteiligt. Die hohen N-Frachten stellen für die Nordsee ein besonderes Umweltproblem dar [LOZAN et al. 1990]. Eine Abschätzung der N-Bilanz ergab für 1985 eine Fracht aus der Elbe von 168.000 t/a [ARGE ELBE 1990], von der ein relativ hoher Anteil (20 %) aus Nebenflüssen im Bereich des Unterlaufs stammt.

Die Sedimente spielen bei diesem Nährstoff eine mäßig bedeutsame Rolle für die Stoffbilanz: Stickstoff wird zunächst in planktischen und benthischen Organismen angereichert und gelangt beim Absterben der Organismen in das Sediment. Dort erfolgt eine aerobe oder anaerobe Mineralisation organischer Substanzen unter Freisetzung von Ammonium (Ammonifikation, Bildung von NH_4^+). Im anoxischen Milieu reichert sich das NH_4^+ stark an und belegt als Kation auch einen Teil der Austauschplätze. Unter oxidischen Bedingungen erfolgt eine Nitrifikation mit der Bildung von Nitrit (NO_2) und Nitrat (NO_3), wobei ein erheblicher Sauerstoffverbrauch auftritt. Die Nitrifikation findet in der Regel erst in der Wassersäule statt, wenn Ammonium entweder diffusiv aus dem Sediment gelangt oder bei der Resuspension der Sedimente im Wasser freigesetzt wird. Das bei der Ablagerung von Sedimenten eingeschlossene Nitrat wird als primärer Elektronenakzeptor gleich nach dem gelösten Sauerstoff zur Zersetzung organischen Materials verbraucht, wobei die Stickstoffverbindung zur elementaren Stufe (N_2) reduziert wird und aus dem Gewässer an die Atmosphäre entweicht (Denitrifikation). Da frische Sedimente zu einem hohen Anteil aus vorher resuspendiertem Sedimentmaterial bestehen, erfolgt der wesentliche Eintrag in das Sediment durch den partikulär gebundenen Stickstoff.

In der Summe der Prozesse ist das Sediment als ein Stickstoff-Speicher zu betrachten, der den als Ammonium mineralisierten Stickstoff an die Wassersäule zurückgeben kann und der - infolge der Denitrifikation - auch zu Verlusten in der Stickstoffbilanz beiträgt. Obwohl im Sedimentspeicher mehr Stickstoff gebunden ist als in dem darüber stehenden Wasserkörper, erfolgt der wesentliche Stofffluß über die gelöste Nitratfracht. Die partikuläre N-Fracht innerhalb der Wassersäule trägt allerdings auch zum N-Eintrag in die Nordsee bei.

Der Stickstoffgehalt von Sedimenten ist auch bei der Landablagerung relevant. Früher wurde der hohe N-Gehalt als willkommene Nährstoffquelle für die landwirtschaftliche Nutzung ehemaliger Spülfelder angesehen, aktuell werden vor allem die hohen Stickstoff-Emissionen in Form von Ammonium im Sickerwasser sowohl beim Eintrag in das Grundwasser wie auch in die Oberflächengewässer als problematisch betrachtet.

Tabelle 4-9: C/N-Verhältnisse der Untersuchungsabschnitte (jeweils nur oberste Sedimentschicht, Daten 2005)

Abschnitt	Probenzahl	Minimum	Maximum	Mittelwert
AUS	6	4,5	11,0	7,4
CUX	6	8,0	10,2	9,2
BRU	8	9,3	11,8	10,5
GLU	7	9,0	13,5	11,3
WED	7	6,0	15,4	11,2
HH	7	9,3	21,0	11,9
VML	8	9,5	17,0	13,4
Alle Proben	49	4,5	21,0	10,8

Der Gesamtstickstoffgehalt der Sedimente ist direkt proportional zu dem Gehalt an organischer Substanz, da N zum dominierenden Anteil in organischer Bindung vorliegt. Das C/N-Verhältnis der Sedimente, d.h. der Quotient aus dem TOC-Gehalt und dem Gesamt-N-Gehalt liegt im Untersuchungsgebiet zwischen 7 und 13 (Tabelle 4-9) und steigt von der Außenelbe stromaufwärts an..

Phosphor

Durch die intensive Verwendung von Phosphor in der Landwirtschaft sowie durch die Einleitung stark P-haltiger Abwässer aus Kläranlagen ohne Phosphat-Eliminierung wurde in den Gewässern die natürliche Hintergrundkonzentration stark erhöht. Im Gegensatz zum Stickstoff hat der Nährstoff Phosphor eine deutlich geringere Löslichkeit und wird daher im Gewässer besonders partikulär gebunden. Die von der ARGE ELBE [1990] für den Eintrag in die Nordsee abgeschätzte Fracht von 10.600 t/a (1985) resultiert daher auch zu über 50 % aus dem Transport von Schwebstoffen.

Phosphor geht im Sediment unterschiedliche Bindungsformen ein. Bereits in der Wassersäule wird Phosphat besonders an Eisen- und Aluminiumoxide gebunden und gelangt so zur Ablagerung. Bei niedrigen Redoxpotentialen bildet sich Vivianit, ein zweiwertiges Eisenphosphat ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$). Mit der Reduktion von Eisen unter Bildung von Sulfiden gelangen die an das Eisen gebundenen Phosphate verstärkt in Lösung, so dass im Porenwasser der Sedimente erhöhte P-Gehalte auftreten können.

Der Gehalt an Gesamtphosphor schwankt in den Gewässersedimenten des Untersuchungsgebietes zwischen 0,16 und 5,76 g/kg TM und liegt damit häufig weit oberhalb der mittleren Gehalte der Erdkruste (0,5 g/kg TM [SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2002]). Die regionale Verteilung auf die Gewässerabschnitte weist den Hamburger Bereich als am stärksten mit Phosphor angereichert aus (Tabelle 4-10). Bereits im Untersuchungsabschnitt "Wedel" ist der mittlere P-Gehalt auf rund 20% der Hamburger Werte zurückgegangen, zum Untersuchungsabschnitt "Glückstadt" findet aber wieder ein leichter Anstieg statt. In der Außenelbe sind der Schwankungsbereich und der Mittelwert der P-Gehalte weit nach unten verschoben.

Zwischen dem Phosphor-Gesamtgehalt und dem Gehalt an organischer Substanz, ergibt sich ein Kohlenstoff/Phosphor-Verhältnis (C/P-Verhältnis) von 20. Bereits dieses Verhältnis ist wesentlich enger, als für typische organische Substanz angesetzt wird (50 bis 120 nach SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL [2002]). Die C/P-Verhältnisse von Sanden weisen mit C/P = 7 eine noch stärkere Einengung auf.

Tabelle 4-10: Phosphorgesamtgehalte und C/P-Verhältnisse der Untersuchungsabschnitte (oberste Sedimentschicht, Daten 1994)

Abschnitt	Phosphorgehalt (g/kg TM)					C/P-Verhältnis
	Daten 1994				Daten 2005	Daten 1994
	Probenzahl	Minimum	Maximum	Median	Median	Median
AUS	18	0,16	0,28	0,19	0,32	9,3
CUX	20	0,19	0,74	0,31	0,47	10,4
BRU	19	0,22	1,11	0,55	0,56	15,2
GLU	32	0,28	1,41	0,75	0,73	16,1
WED	20	0,20	1,70	0,52	0,37	15,4
HH	22	0,33	4,89	2,77	0,98	18,7
VML	11	0,22	5,76	0,43	0,79	9,6
Nebenflüsse	16	0,43	2,20	1,13	-	18,5
Alle Proben	158	0,16	5,76	0,55	0,53	15,9

Diese Verhältnisse zeigen, dass Phosphor nicht ausschließlich in die organische Substanz eingebunden sondern an Eisenoxiden angelagert sein kann, die wiederum alle Partikel als Überzüge umgeben. Daher steigen die relativen P-Gehalte auch in TOC-armen Sanden an, da in diesen Fällen Eisenoxide an den Mineralpartikeln haften.

4.2.2 Belastung mit Schadstoffen

4.2.2.1 Belastung mit Spurenmetallen

4.2.2.1.1 Datenauswahl und –verarbeitung

Im Rahmen dieser UVU wird die Konzentration der Spurenmetalle Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Blei und Zink im Gewässersediment betrachtet, wobei sich diese Betrachtung auf die spezifisch in der Feinkornfraktion <20µm gebundenen Spurenmetalle bezieht. Durch diesen Bezug kann der Einfluss der starken strömungsabhängigen Korngrößenunterschiede in einem Gewässer eliminiert werden, der dazu führt, dass die Gehalte der Spurenmetalle in der Gesamtprobe (Fraktion < 2 mm) örtlich sehr stark schwanken. Da der spezifischen Belastung der Feinkornfraktion auch die ökotoxisch entscheidende Rolle zugesprochen wird deshalb die Bewertung von Sedimente auf den so ermittelten Parametern beruht, kann auf eine Darstellung von Gesamtgehalten verzichtet werden.

Für die **Analyse des aktuellen Belastungszustands** wurden Analysendaten von 417 Sedimentproben herangezogen, die in den Jahren von 2001 - 2005 entnommen wurden. Im Einzelnen sind dies 48 der 49 Sedimentproben, die 2005 für das IfB über den Längsschnitt der Tideelbe entnommen wurden, dazu kommen 66 Proben der HPA, 99 Proben des BfG, 24 Proben der ARGE-S sowie 179 Proben der ARGE-A. Eine der aktuellen Proben des IfB wurde von dieser Betrachtung ausgeschlossen, da sie sich als unbelastete Geschiebemergelprobe der Untergrundsedimente erwies.

Eine Vorauswertung der räumlichen Verteilung der Sedimentbelastung hat gezeigt, dass die Bereiche, in denen die Sedimente einer hohen aktuellen Umlagerungsdyna-

mik unterliegen eine abweichende Belastung von den übrigen, eher festliegenden Sedimenten aufweisen. Zur Beschreibung und Bewertung des Ist-Zustands der Schadstoffbelastung wurden alle verfügbaren Daten daher in zwei Gruppen geteilt: Die erste Gruppe "F" beinhaltet die festliegenden Sedimente (n=133), die zweite Gruppe "U" umfasst Proben aus Bereichen hoher Umlagerungsintensität (n=284).

Die Gruppierung wurde in einem Geographischen Informationssystem anhand der Lage der Probenahmepunkte vorgenommen. Dabei wurden Punkte in der Fahrrinne oder an Lokalitäten mit Baggertätigkeit (Hafenbecken) der zweiten Gruppe "U" zugeordnet, die übrigen in die erste Gruppe "F" übernommen. Somit ist die Einschätzung der Gruppe "U" als gesichert anzusehen, die Einschätzung der Gruppe "F" ist mit größeren Unsicherheiten behaftet, da auch außerhalb der Fahrrinne bzw. von Hafenbecken Bereiche hoher Umlagerungsintensität denkbar sind.

Die **Analyse der zeitlichen Veränderung der Sedimentbelastung** erfolgte auf der Basis dreier unterschiedlicher Datensätze:

1. Da 2005 eine Wiederholungsbeprobung an gleichen Stellen wie 1994 durchgeführt wurde, konnte durch einen Vergleich der Daten von 1994 und 2005 mittels eines t-Tests für verbundene Stichproben die Signifikanz einer Veränderung statistisch geprüft werden. Die Datensätze aus beiden Untersuchungsjahren sind allerdings nicht vollständig miteinander vergleichbar, da im Jahr 2005 die Analyse an in Königswasser aufgeschlossenen Proben und im Jahr 1994 z. T. ebenfalls an in Königswasser aufgeschlossenen Proben, z. T. aber auch mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) ohne Aufschluss erfolgte. Zur Einschätzung des dadurch hervorgerufenen Fehlers wurden die Proben des Jahres 2005 zusätzlich mittels RFA analysiert (Gesamtfraktion). Dabei zeigte sich, dass nur für das Element Blei keine vergleichbaren Daten gewonnen werden konnten. Dem Vergleich lagen nur die Daten zugrunde, die an Proben <20 µm Feinkorn gewonnen wurden. Daher wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Datensätze beider Untersuchungsjahre – außer für Blei – für die anderen Elemente trotz der Unterschiede in der verwendeten Methodik relativ gut vergleichbar sind, wobei geringfügige Unterschiede aber nicht überbewertet werden dürfen.

2. Für die Analyse der zeitlichen Veränderung wurden die Datensätze der insgesamt 37 Dauermessstellen (Tabelle 3-3) jahr- und abschnittsweise zusammengefasst und die Medianwerte der einzelnen Jahre aller sieben Untersuchungsabschnitte graphisch gegen die Zeit aufgetragen.

3. Der dritte Datensatz besteht aus Analysenwerten frischer Sedimente, die in 4 Absatzbecken entlang der Tideelbe (Bunthaus, Seemannshöft, Grauer Ort und Cuxhaven) von 1994 bis 2004 mit mehreren Beprobungen im Jahr gewonnen wurden.

4.2.2.1.2 Herkunft und Verteilung der Belastungen

Die Spurenelementgehalte der Elbsedimente stammen aus zwei voneinander unabhängigen Quellen. Auf der einen Seite stehen die natürlichen Grundgehalte (Hintergrundwerte), die sich abhängig von der geochemischen Zusammensetzung des im Einzugsgebiet der Sedimente anstehenden Gesteins ausbilden [GRÖNGRÖFT et al. 1998]. Die Differenz zum Gesamtgehalt ist anthropogen bedingt und ergibt sich aus

Metalleinleitungen in das Gewässer, die überwiegend in Form von punktuellen Abwassereinleitungen (Industrie und Haushalt), flächenhaften Abschwemmungen bzw. Auswaschungen von belasteten Bereichen (Straßen, Altlasten, Deponien) und als Einträge aus der Luft erfolgen. Um auf den anthropogenen Belastungsanteil schließen zu können, wurden geogene Hintergrundgehalte angegeben, die der UVU zur vorherigen Fahrrinnenanpassung entnommen wurden [MIEHLICH et al. 1997b]. Diese beruhen auf Messungen, die in den 80er und 90er Jahren an Bohrproben sowie anderen Sedimenten gewonnen wurden, bei denen davon ausgegangen werden konnte, dass es sich um alte und unbelastete Sedimente handelt. Diese Werte sind nur als ungefähre Näherungen zu verstehen, da den einzelnen Auswertungen unterschiedliche Messverfahren zugrunde liegen und von einzelnen Autoren auch unterschiedliche Gehalte angegeben werden. Um die unterschiedliche Größenordnung der anthropogenen Belastungen vergleichen zu können, wird der ermittelte Gehalt durch den natürlichen Hintergrund dividiert. Der so bestimmte Anreicherungsfaktor gibt an, wie hoch die Gehaltserhöhung gegenüber natürlichen Gehalten ist.

Im Tideelbe-Längsschnitt kann stromabwärts allgemein ein abnehmender Schadstoffgehalt in den Sedimenten beobachtet werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich im Gewässer wenig belastete marine Sedimente mit stark belasteten limnischen Sedimentanteilen mischen (Tabelle 4-11). Selbst im Abschnitt Hamburg beträgt der marine Anteil noch etwa 50 % und erreicht im Abschnitt Wedel bereits bei etwa 80 % [MIEHLICH et al. 1997b]. Entsprechend sind die Sedimente in den Abschnitten Außenelbe, Cuxhaven und Brunsbüttel allgemein nur gering, im Abschnitt Hamburg und Vier- und Marschlande dagegen sehr hoch belastet.

Es wird erwartet, dass die Belastung des Sedimentes mit anorganischen Schadstoffen über die vergangenen 11 Jahre aufgrund der verringerten Schadstoffeinträge abgenommen hat.

Zink

Abbildung 4-5 zeigt die Verteilung der Zinkgehalte der Feinkornfraktion aufgetragen über den Längsschnitt der Tideelbe, wobei zum Vergleich die im Jahr 1994 und die 2005 entnommenen Proben dargestellt sind. In Tabelle 4-12 sind die Zinkkonzentrationen getrennt für die sieben Elbabschnitte und für die Gruppen "F" („festliegend“) und "U" („aktuell umgelagert“) aufgeführt. Dabei werden jeweils aktuelle Minima, Maxima, Medianwerte und Anreicherungsfaktoren gegenüber den Hintergrundgehalten angegeben und zum Vergleich auch die Medianwerte aus 1994 wiedergegeben.

Tabelle 4-11: Limnische und marine Sedimentanteile in den Abschnitten [MIEHLICH et al. 1997b]

Abschnitt	Anteil mariner Sedimente	Anteil limnischer Sedimente
Außenelbe	98	2
Cuxhaven	95	5
Brunsbüttel	90	10
Glückstadt	87	13
Wedel	80	20
Hamburg	53	47
Vier- u. Marschlande	0	100

Tabelle 4-12 Zinkgehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005					Daten 1994	
		Proben- zahl	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹
AUS	U	0	-	-	-	-	257	2,7
	F	18	155	1610	357	3,8		
CUX	U	50	140	370	215	2,3	308	3,2
	F	13	141	676	351	3,7		
BRU	U	8	271	423	354	3,7	373	3,9
	F	14	133	666	389	4,1		
GLU	U	48	240	774	350	3,7	509	5,4
	F	28	108	1090	514	5,4		
WED	U	2	420	610	515	5,4	608	6,4
	F	14	165	1700	620	6,5		
HH	U	89	270	2190	730	7,7	1130	11,9
	F	1	1520	1520	1520	16,0		
VML	U	50	520	1600	1010	10,6	2161	22,7
	F	14	1000	3580	1760	18,5		
Alle Proben		349	108	3580	528	5,6	465	4,9

¹ Anreicherung = Median / Hintergrundkonzentration (bei Zink auf 95 mg/kg gesetzt, vgl. GRÖNGRÖFT et al. [1998])

Als wichtigste Information ist zunächst die exponentielle Abnahme der Konzentration mit zunehmendem Stromkilometer festzustellen. Die höchsten analysierten Werte finden sich im Abschnitt Vierlande. Hier erreicht der aktuelle Medianwerte der liegenden Sedimente 1760 mg/kg Zink. Im Hamburger Bereich liegen die Werte mit im Median 730 mg/kg bei den frischen Sedimenten (1100 mg/kg in 1994) bereits deutlich niedriger. In den stromab gelegenen Elbabschnitten erfolgt eine zunehmende Annäherung an die marine Grundbelastung, die bei rund 220 mg/kg liegt. Deutlich ist, dass die in den Seitenräumen des Ästuars lagernden Sedimente in jedem Abschnitt eine höhere Belastung aufweisen als die frisch umgelagerten Sedimente der Fahrrinne und der Haupt-Sedimentationsbereiche. Dies trifft auch für den äußersten Elbabschnitt zu, in dem der Medianwert der aktuellen Untersuchungen (2001-2005) mit 360 mg/kg immer noch um den Faktor 3,8 oberhalb der geogenen Grundbelastung liegt, die mit 95 mg/kg veranschlagt wurde [GRÖNGRÖFT et al. 1998].

Wie die Abbildung 4-5 zeigt, ist die spezifische Belastung unterschiedlicher Typen von Sedimenten, die durch aktuelle Umlagerungen gebildet sind, nicht grundsätzlich verschieden. An Positionen, an denen am Gewässergrund so genannte Untergrundsedimente (Geschiebemergel, Klei, Torf, glazifluviale Sande) anstehen, liegt die spezifische Belastung im Bereich des natürlichen Hintergrunds (rund 95 mg/kg).

Abbildung 4-6 zeigt die spezifische Zinkbelastung für die einzelnen UG-Abschnitte an den Dauermessstellen seit 1994 bestimmten Werte. Danach traten in den Abschnitten Vierlande bis Wedel eindeutige Abnahmen bis 1999 auf, die sich für den Abschnitt Vierlande auch bis 2004 fortsetzten. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass mit den Dauermessstellen frische Sedimente des Gewässergrunds, durch die ARGE-ELBE auch frische schwebstoffbürtige Sedimente erfasst werden. Die Abnahmen sind geringer oder nicht nachweisbar, wenn liegende Sedimente beprobt werden.

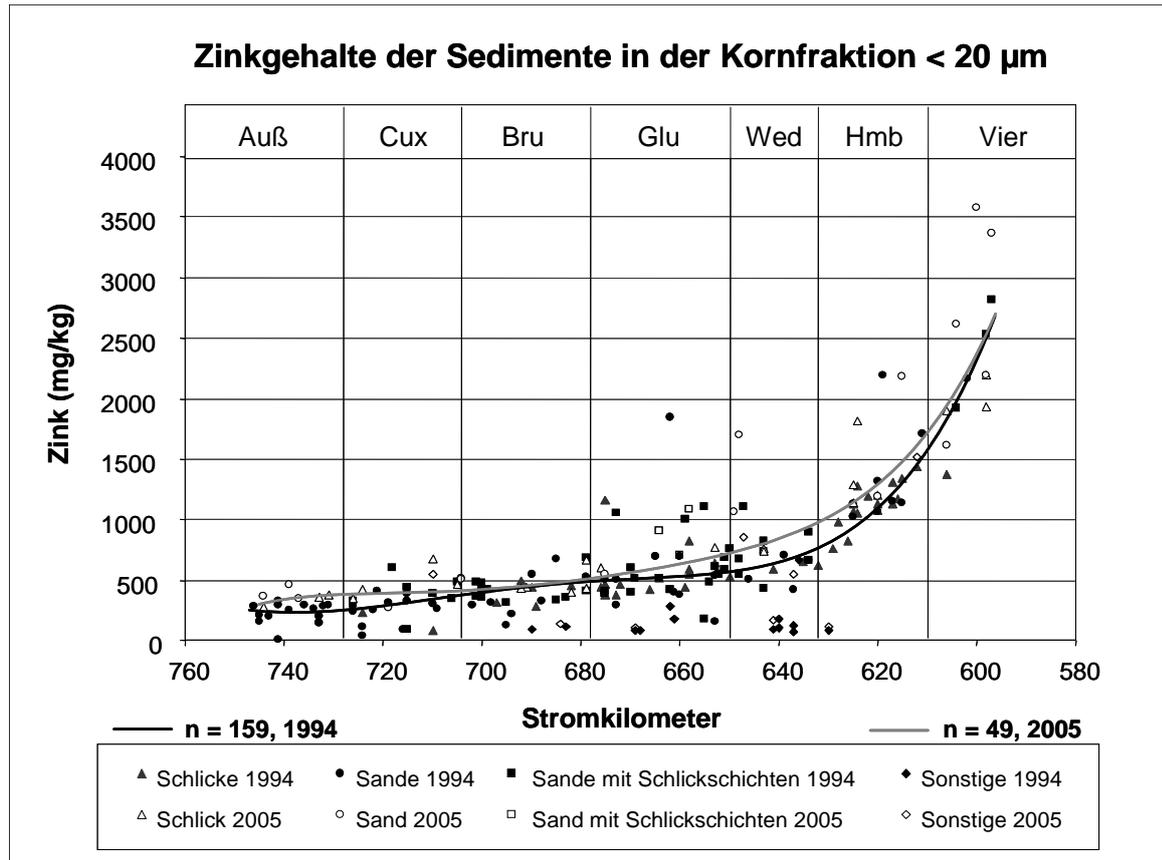


Abbildung 4-5: Zink in der Fraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil

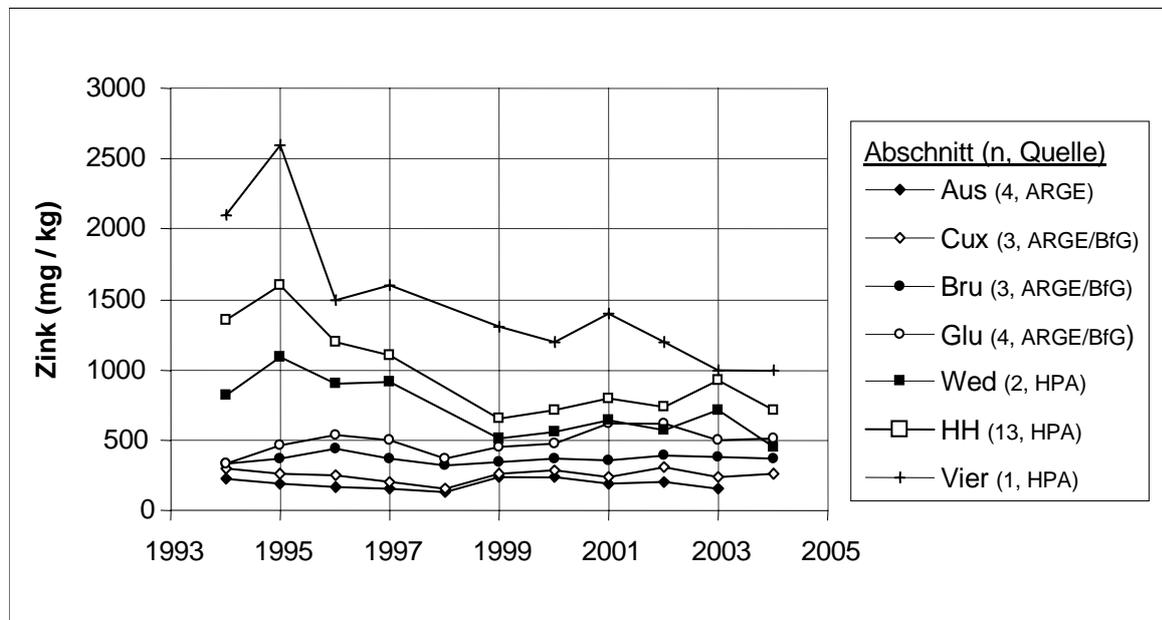


Abbildung 4-6: Veränderung der Zinkgehalte in der Fraktion < 20 µm von 1994 - 2004 an den Dauermessstellen

In den Abschnitten Brunsbüttel bis Außenelbe ergeben die Dauermessstellen jährliche Verschiebungen ohne eindeutigen Trend. Bei den Sedimenten in den Seitenräumen der Abschnitte Wedel bis Brunsbüttel lässt sich ebenfalls eine weitgehende Konstanz der Gehalte feststellen, Zunahmen treten aber im Bereich von Cuxhaven und der Außenelbe auf. Die Medianwerte beider Kollektive aus Tabelle 4-12 deuten insgesamt eine Gehaltszunahme bei Zink in der Tideelbe von rund 10 % der Werte von 1994 an, infolge der unterschiedlichen Verteilung der Proben über den Längsschnitt der Tideelbe lässt sich daraus aber keine gesicherte Zunahme für das Gesamtgebiet ableiten. Der direkte Vergleich von 33 Proben aus allen Abschnitten, die 2005 an identischen Stellen wie 1994 entnommen wurden, ergibt eine statistisch signifikante ($\alpha < 0,01$) Zunahme von im Mittel 170 mg/kg.

Cadmium

Die Cadmiumgehalte im Tidebereich der Elbe weisen über das Längsprofil einen ähnlichen Verlauf auf wie die Zinkgehalte (Abbildung 4-7, Abbildung 4-8). Die Ähnlichkeit ist darin begründet, dass beide Spurenmetalle durch gleiche Prozesse in dem Untersuchungsgebiet eingetragen und verteilt werden. Wie Abbildung 4-7 verdeutlicht, treten bei Betrachtung aller Proben hochsignifikante Beziehungen zwischen den spezifischen Zink- und Cadmiumgehalten der Sedimente auf.

In beiden Untersuchungsjahren sind die höchsten Gehalte im Abschnitt Vierlande zu verzeichnen (2001-2005: 8,9 mg/kg bei fest liegenden Sedimenten). Auch im Abschnitt Hamburg liegen die Cadmiumgehalte noch sehr hoch, nehmen dann bis zu Außenelbe kontinuierlich ab und nähern sich einem Wert von ca. 1 mg/kg an. Während bei Zink in allen Abschnitten die höheren Belastungen bei den Sedimenten in den Seitenräumen festgestellt wurden, ist diese Verteilung bei Cadmium nicht festzustellen. Die Medianwerte weisen in den Abschnitten Wedel bis Cuxhaven sogar höhere Werte in den frisch umgelagerten Sedimenten im Vergleich zu den fester liegenden Sedimenten auf, diese Unterschiede lassen sich aber aufgrund der Streuungen der Einzelwerte statistisch nicht absichern.

Im Vergleich zu Zink ist das Anreicherungs-niveau, d. h. der Faktor, mit dem die natürlichen Gehalte überschritten werden, wesentlich höher. In dem durch den Oberstrom geprägten Bereich beträgt die Anreicherung immer noch im Durchschnitt rund 30, im Bereich der Außenelbe 3-4.

Wie bei Zink ergeben die Analysen der zeitlichen Veränderung seit 1994 insbesondere Abnahmen junger Sedimente im Abschnitt Vierlande und Hamburg. Die Auswertungen der jährlichen Beprobungen der Dauermessstellen der HPA, der ARGE Elbe und der BfG (Abbildung 4-9) zeigen für die unterhalb Hamburgs liegenden Abschnitte Schwankungen der Belastungen aber keine eindeutigen langfristigen Trends. Werden die 33 Proben geprüft, die 1994 und 2005 an den gleichen Stellen entnommen wurden, so ergibt sich eine Abnahme von im Mittel 0,3 mg/kg, die jedoch statistisch nicht signifikant ist. Ungeachtet der abnehmenden Belastung frischer Sedimente aus dem Oberstrom ist die Cadmiumkonzentration im Sediment der Tideelbe damit weiterhin unverändert hoch.

Tabelle 4-13 Cadmiumgehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungs-faktoren

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 - 2005					Daten 1994	
		Proben-zahl	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Median (mg/kg)	An-reiche-rung ¹	Median (mg/kg)	An-reiche-rung ¹
AUS	U	0					0,9	3,6
	F	18	0,5	2,1	0,8	3,2		
CUX	U	50	0,5	2,2	1,2	4,8	1,1	4,4
	F	13	0,7	2,9	1,0	4,0		
BRU	U	8	0,8	1,5	1,2	4,8	1,3	5,2
	F	14	0,1	2,2	1,0	4,0		
GLU	U	48	1,1	4,9	2,6	10,2	1,9	7,6
	F	26	0,2	6,4	2,0	8,0		
WED	U	2	2,6	3,7	3,2	12,6	2,2	8,8
	F	14	0,4	4,7	2,5	10,0		
HH	U	89	1,3	8,4	4,1	16,4	7,0	28,0
	F	1	8,1	8,1	8,1	32,4		
VML	U	50	3,4	12,0	7,4	29,4	13,4	53,6
	F	14	7,0	16,0	8,9	35,6		
Alle Proben		347	0,1	16,0	2,7	10,8	1,9	7,6

¹Anreicherung = Median / Hintergrundkonzentration (bei Cadmium auf 0,25 mg/kg gesetzt, vgl. MIEHLICH et al. [1997a])

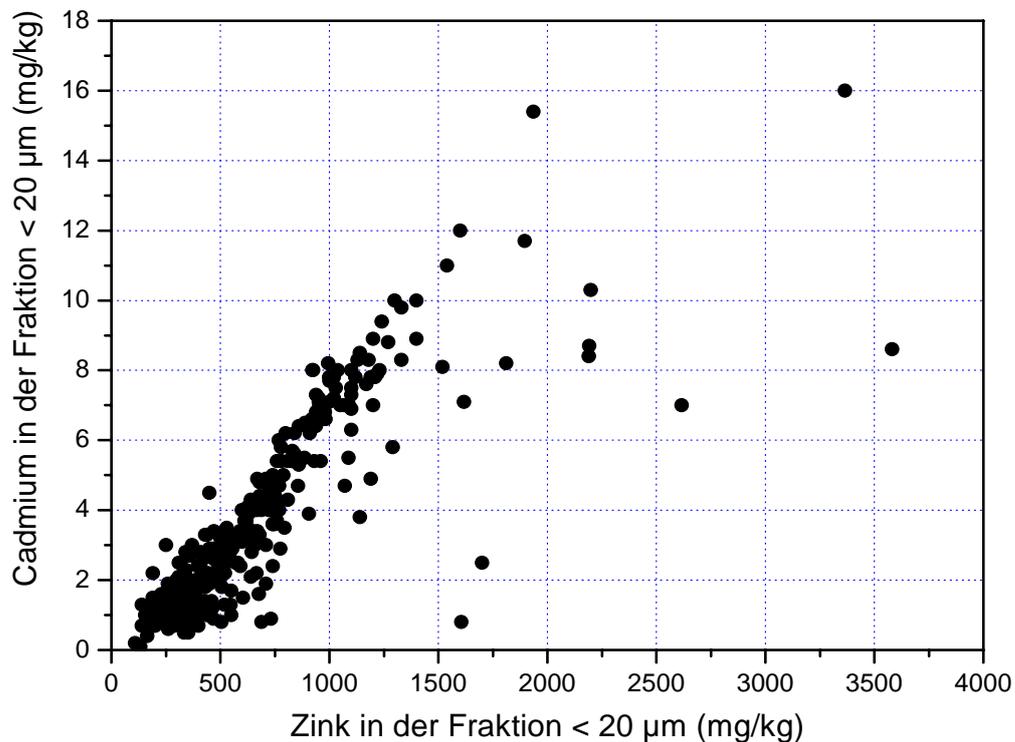


Abbildung 4-7 Verhältnis von Cadmium- zu Zinkgehalten

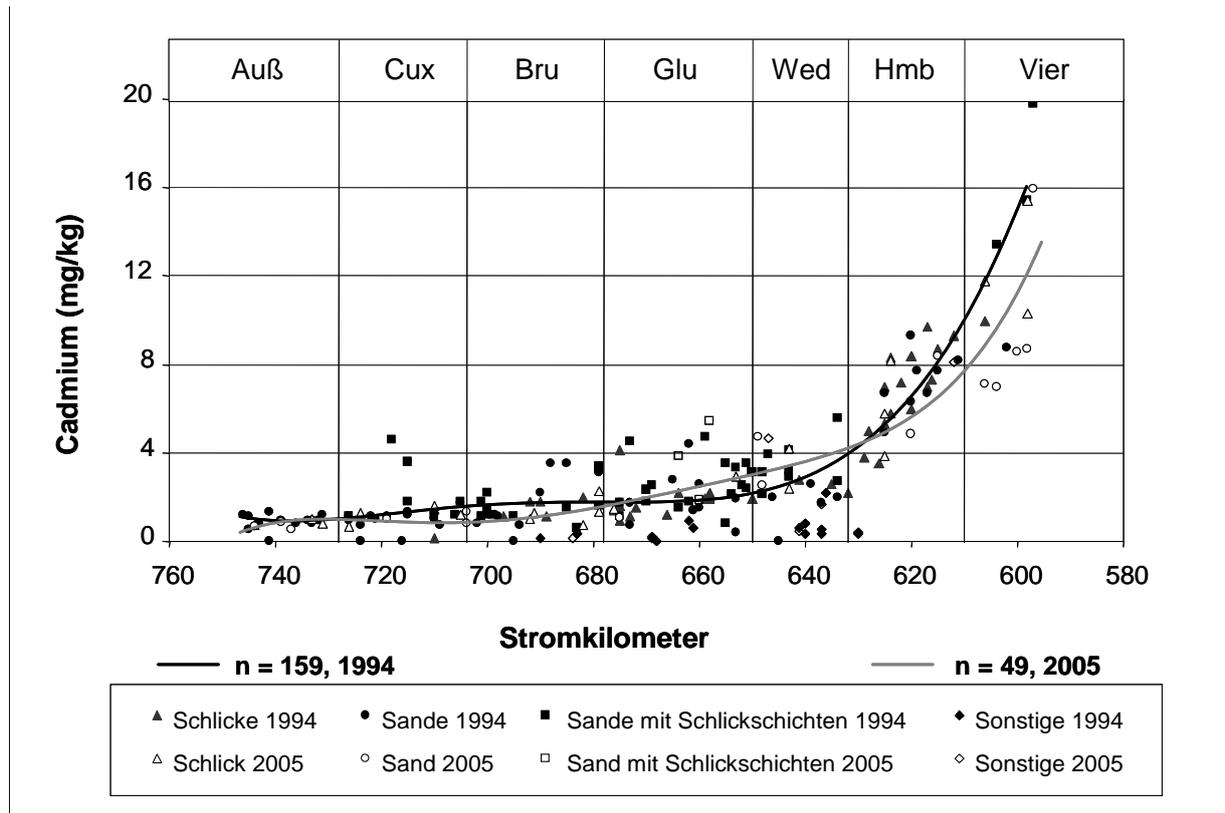


Abbildung 4-8: Cadmium in der Fraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil

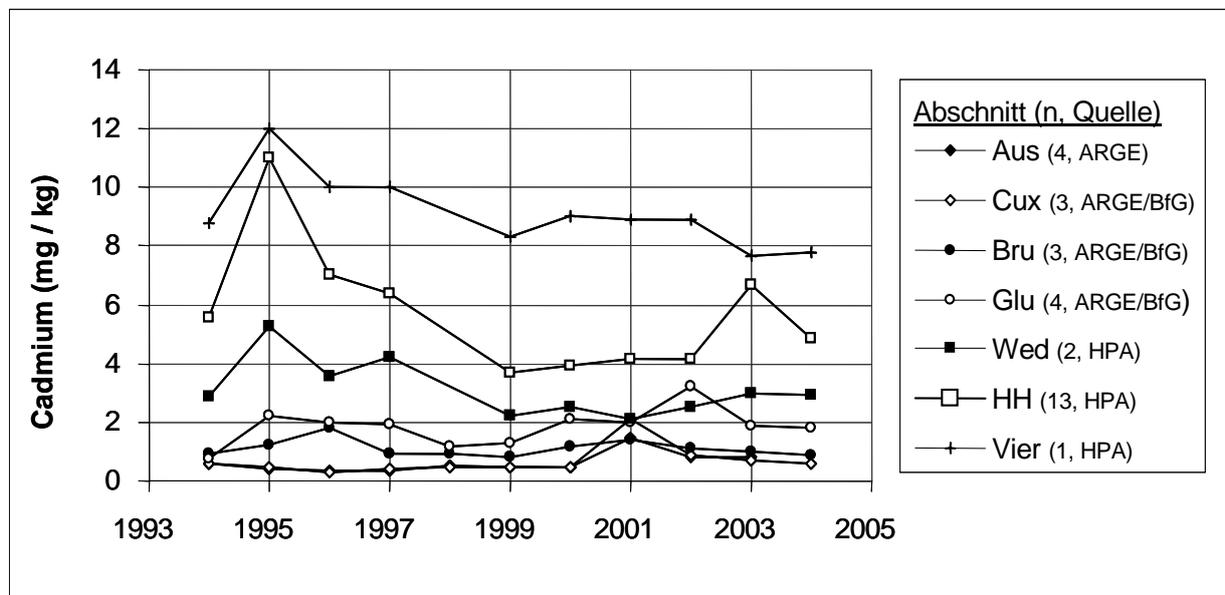


Abbildung 4-9: Veränderung der Cadmiumgehalte in der Fraktion < 20 µm über die Zeit

Quecksilber

Die spezifische Quecksilberkonzentration der Sedimente der Tideelbe ist durch die bereits für Zink dargestellten Verteilungsprozesse geprägt, außerdem aber durch eine deutliche Abnahme im Verlauf des letzten Jahrzehnts. Aktuell betragen die mittleren Konzentrationen im Abschnitt Vierlande 3,0 mg/kg, als Maximalwert wurde 11 mg/kg festgestellt. Im Vergleich dazu betrug der Median 1994 noch 15 mg/kg. Im Längsverlauf nehmen die Gehalte rasch auf rund 1,7 mg/kg im Bereich Wedel bis 0,7 mg/kg im Bereich der Außenelbe ab (Abbildung 4-10). Die Anreicherungsfaktoren betragen damit 10 oberstromig von Hamburg und gehen auf 2 im äußersten Abschnitt zurück.

Die zeitlichen Veränderungen sind in unterschiedlichen Datensätzen ersichtlich. So zeigen die zum Vergleich herangezogenen Untersuchungen an Dauermessstellen (Abbildung 4-11) in den Elbabschnitten mit höherer Belastung, d.h. zwischen Wedel und Vierlande, eine Abnahme der Quecksilberkonzentrationen von 1994 – 2004. Dies wird besonders an den in Absetzbecken gewonnenen frischen Sedimenten der ARGE Elbe deutlich, wo für die Messstellen Bunthaus und Seemannshöft eine Abnahme zwischen 1994 und 2004 von 12 auf ca. 2 mg/kg (Bunthaus) bzw. von ca. 8 auf ca. 1,5 mg/kg (Seemannshöft) festgestellt wurde. In den stromabwärts gelegenen Bereichen traten zwar bei den frischen schwebstoffbürtigen Sedimenten gewisse Abnahmen der Belastungen (von 2,5 auf 1 mg/kg Messstelle Grauer Ort, von 1,2 auf 0,6 mg/kg Messstelle Cuxhaven) auf, betrachtet man aber alle Dauermessstellen gemeinsam, so lassen sich sowohl Zu- als auch Abnahmen über die Zeit feststellen, so dass sich noch keine gesicherte langfristige Gehaltsabnahme daraus ableiten lässt. Werden nur die 33 Proben verglichen, die 1994 und 2005 an den gleichen Untersuchungsstellen entnommen wurden, so beträgt die mittlere Abnahme 1,4 mg/kg und ist statistisch signifikant ($\alpha < 0,01$).

Tabelle 4-14 Quecksilbergehalte (Fraktion < 20 μm) und Anreicherungsfaktoren

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 - 2005					Daten 1994	
		Probenzahl	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Median (mg/kg)	Anreicherung ¹	Median (mg/kg)	Anreicherung ¹
AUS	U	0					0,6	2,0
	F	18	0,38	4,30	0,67	2,2		
CUX	U	50	0,37	0,83	0,56	1,9	0,9	3,0
	F	13	0,45	1,90	1,03	3,4		
BRU	U	8	0,98	1,50	1,20	4,0	1,7	5,7
	F	14	0,04	1,53	1,00	3,3		
GLU	U	48	0,59	1,66	0,98	3,3	1,9	6,3
	F	28	0,04	5,70	1,65	5,5		
WED	U	2	1,30	2,10	1,70	5,7	2,3	7,7
	F	14	0,11	2,80	1,75	5,8		
HH	U	89	0,70	6,82	2,04	6,8	4,0	13,3
	F	1	3,12	3,12	3,12	10,4		
VML	U	50	0,91	8,50	2,55	8,5	15,0	50,0
	F	14	2,20	10,99	3,72	12,4		
Alle Proben		349	0,04	10,99	1,40	4,7	2,0	6,7

¹ Anreicherung = Median / Hintergrundkonzentration (bei Hg auf 0,3 mg/kg gesetzt, vgl. MIEHLICH et al. [1997a])

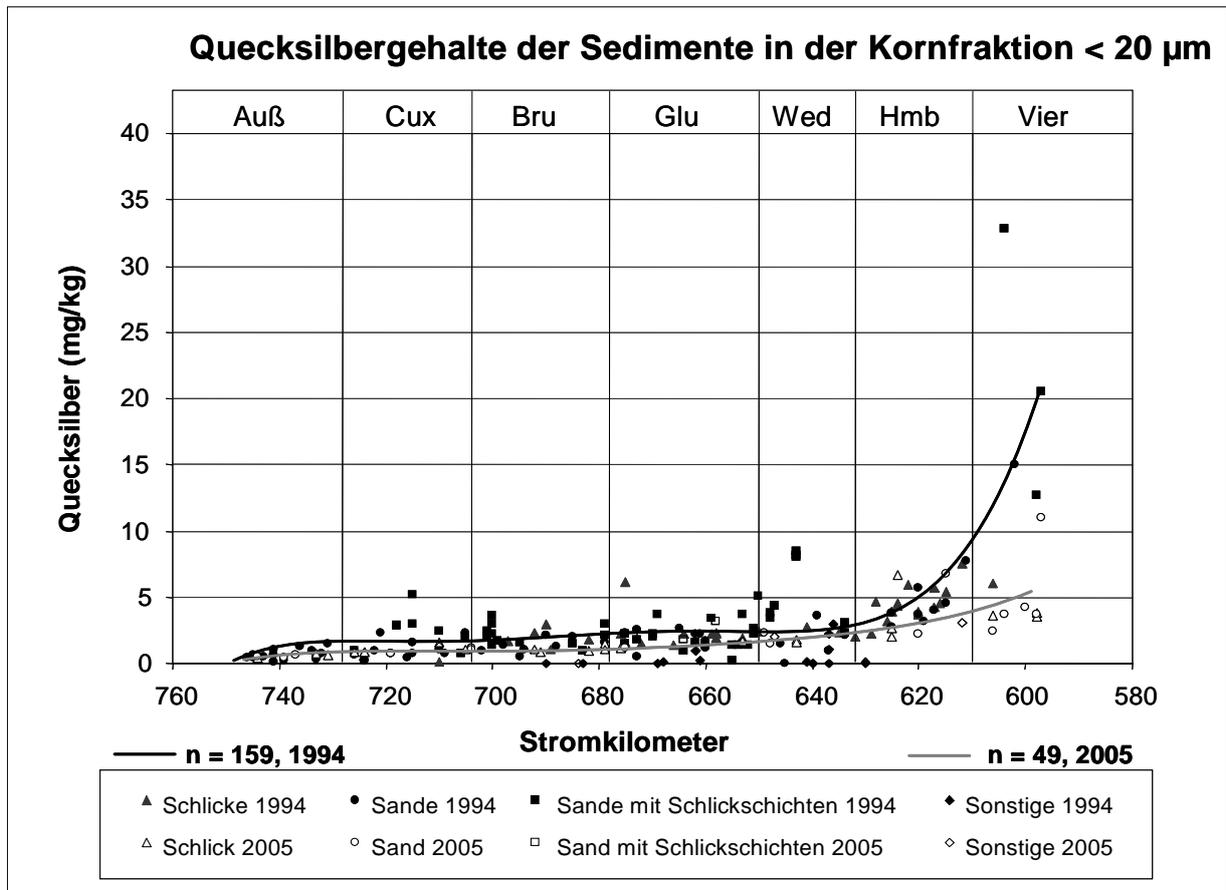


Abbildung 4-10: Quecksilber in der Fraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil

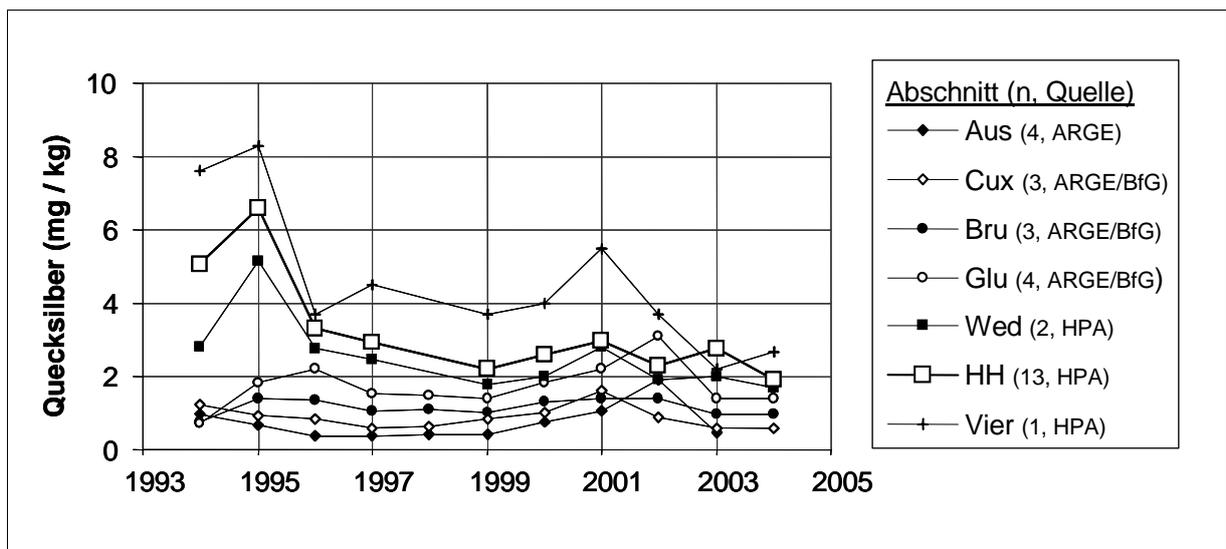


Abbildung 4-11: Veränderung der Quecksilbergehalte in der Fraktion < 20 µm über die Zeit

Der Vergleich der frisch umgelagerten mit den fest liegenden Sedimenten ergibt für die Abschnitte Glückstadt und Cuxhaven signifikante Unterschiede dahingehend, dass die frisch umgelagerten Sedimente deutlich geringer belastet sind. Für die Abschnitte Brunsbüttel und Wedel lassen sich diese Unterschiede aus den vorhandenen Proben nicht bestätigen, sind aber aufgrund der zeitlichen Entwicklung zu erwarten.

Kupfer

Die grundsätzliche Verteilung der spezifischen Kupfergehalte in den Sedimenten ähnelt derjenigen der bisher dargestellten Spurenmetalle. Wiederum wurden im Mittel die höchsten Belastungen in den Abschnitten Vierlande und Hamburg festgestellt und Abnahmen mit der Zumischung mariner Partikel in den unterhalb Hamburg gelegenen Abschnitten (Tabelle 4-15). Bereits 1994 wurde festgestellt, dass an einzelnen Positionen dieses Gebiets für den jeweiligen Abschnitt untypisch erhöhte Werte auftraten (im Abschnitt Wedel: 300 mg/kg am Nesssand, im Abschnitt Außenelbe: 180 mg/kg), was auf lokale Kupfereinträge hindeutete. Auch in dem Datenkollektiv 2001 – 2005 treten einzelne sehr hohe Werte auf (z. B. Abschnitt Außenelbe: 348 mg/kg), allerdings nicht in den Proben von 2005. Hier zeigt sich, dass die Werte offenbar durch analytische Unterschiede nicht vollständig vergleichbar sind, da die hohen Einzelwerte immer in den Proben der ARGE Elbe auftreten.

Der aus jährlichen Beprobungen der HPA, der ARGE Elbe und der BfG zusammengesetzte Vergleichsdatensatz zeigt in den stromabwärts gelegenen Elbabschnitten einen relativ gleichmäßigen Verlauf der Kupferbelastung, wenn man von temporären Maxima in Brunsbüttel (1996) und Glückstadt (2001) absieht (Abbildung 4-13). In den Elbabschnitten Vierlande bis Wedel ist jedoch eine Abnahme der Kupferbelastung im Sediment erkennbar. Sowohl die Medianwerte der Proben aller Untersuchungsabschnitte (Tabelle 4-15) als auch die 33 Proben, die in beiden Untersuchungsjahren an den gleichen Messstellen entnommen wurden, liegen in 2005 signifikant niedriger als in 1994. Da bei dem Analysenverfahren von 1994 auch die silikatisch fest gebundenen Kupferanteile mit gemessen wurden (RFA-Verfahren), in den Vergleichsdatensätzen 2001-2005 jedoch nur der mit Königswasser extrahierbare Anteil, müssen die Unterschiede auf die abweichende Methodik zurückgeführt werden.

Die an frischen Sedimenten erhobenen Kupferbelastungen aus den Absetzbecken der ARGE Elbe zeigen – wie auch bei den bisher dargestellten Elementen – eine deutliche Abnahme der Kupferbelastung in Bunthaus und Seemannshöft. Die Messstellen Grauer Ort und Cuxhaven weisen – bei im Jahresverlauf sehr stark schwankenden Kupfergehalten – keinen abnehmenden Trend auf.

Die Anreicherungsfaktoren von Kupfer sind von der gewählten Hintergrundkonzentration abhängig. Während die Messung der Gesamtgehalte (RFA) in der 20 µm-Fraktion Hintergrundwerte von 65 ± 11 mg/kg ergeben hat [MIEHLICH ET AL. 1997a], wurden in den aktuellen Daten an mit Königswasser extrahierten Proben zahlreiche Proben mit < 40 mg/kg analysiert. Für diese Methode wurde daher der Hintergrundwert auf 25 mg/kg festgelegt [REINCKE 1995]. Die Anreicherungsfaktoren beider Probenkollektive unterscheiden sich zwar damit, der absolute Anteil des anthropogen eingetragenen Kupfers wird jedoch mit beiden Verfahren gleich bestimmt

Tabelle 4-15: Kupfergehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 - 2005					Daten 1994	
		Proben- zahl	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹
AUS	U	0					75	1,2
	F	18	33	348	99	4,0		
CUX	U	50	28	60	40	1,6	83	1,3
	F	13	34	241	56	2,3		
BRU	U	8	41	215	45	1,8	82	1,3
	F	13	35	61	46	1,8		
GLU	U	48	33	110	56	2,2	88	1,4
	F	27	44	305	59	2,4		
WED	U	2	57	87	72	2,9	110	1,7
	F	14	34	119	79	3,1		
HH	U	89	44	254	95	3,8	180	2,8
	F	1	182	182	182	7,3		
VML	U	50	57	270	106	4,2	311	4,8
	F	14	95	321	177	7,1		
Alle Proben		347	28	348	76	3,0	92	1,4

¹ Anreicherung = Median / Hintergrundkonzentration (bei Kupfer im Datensatz 2001-2005 auf 25 mg/kg, im Datensatz 1994 auf 65 mg/kg aufgrund abweichender Bestimmungsmethode gesetzt)

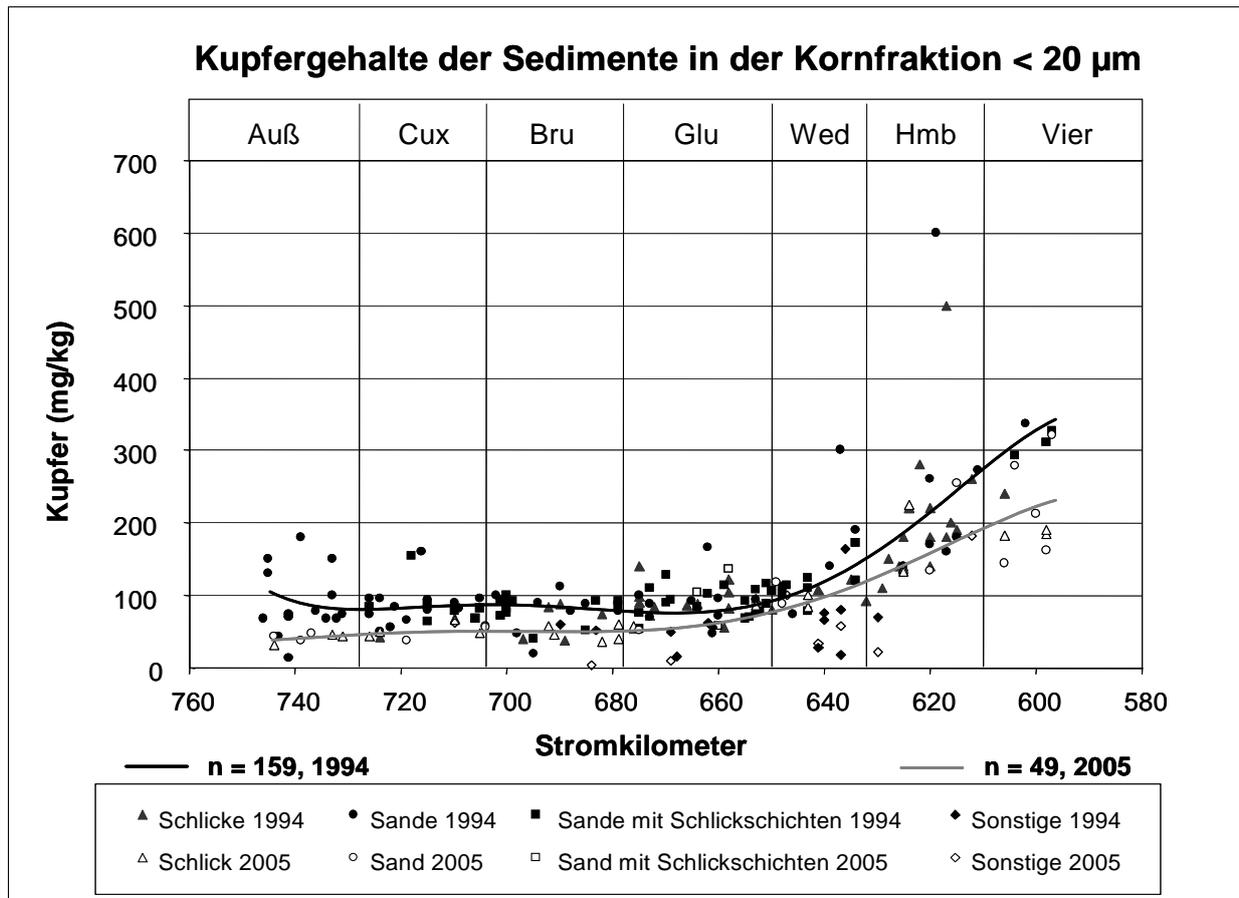


Abbildung 4-12: Kupfer in der Kornfraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil

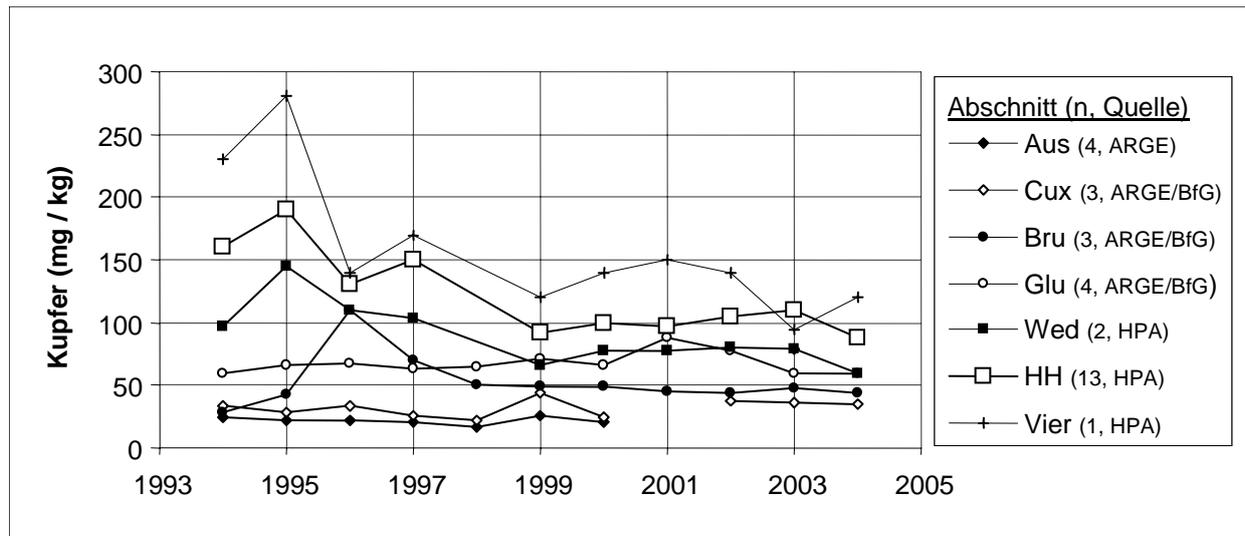


Abbildung 4-13: Veränderung der Kupfergehalte in der Kornfraktion $< 20 \mu\text{m}$ über die Zeit

Blei

Die Bleigehalte in den Sedimenten nehmen – wie bereits für die anderen Schwermetalle festgestellt – von dem Abschnitt Vierlande zur Außenelbe deutlich ab (Tabelle 4-16). Während 1994 einzelne Proben in den Bereichen Glückstadt bis Vierlande durch besonders hohe Werte ($> 250 \text{ mg/kg}$) auffielen, die auf lokale Bleieinträge zurückgeführt wurden, sind von 2001 - 2005 Werte in dieser Größenordnung nicht mehr analysiert worden. Sowohl in 1994 als auch in 2005 wurden einzelne Proben entnommen, deren Bleigehalte unter oder nur knapp oberhalb der analytischen Nachweisgrenze lagen. Diese entstammen mehrheitlich der Tiefwasserzone, da in dieser der höchste Anteil geogener Sedimente vorliegt.

Der Vergleich zwischen frisch umgelagerten Sedimenten insbesondere der Fahrrinne und den fester lagernden Sedimenten ergibt für den Abschnitt Vierlande entsprechend der zeitlichen Entwicklung deutlich verminderte Gehalte bei den jungen Sedimenten, ansonsten lässt sich nur für den Abschnitt Cuxhaven ein Unterschied sichern, allerdings mit höheren Belastungen bei den jungen Sedimenten.

Wie bereits bei Kupfer dargestellt, sind auch für Blei aufgrund unterschiedlicher Messmethoden die Analysenwerte von 1994 nicht genau mit den Daten von 2001-2005 vergleichbar. So ergibt sich aus dem Vergleich der 33 Stichproben, die in beiden Jahren an den gleichen Untersuchungsstellen entnommen wurden, zwar eine im Mittel um 44 mg/kg gesunkene Bleibelastung, diese ist jedoch vorwiegend auf die Analysendifferenzen zurückzuführen. Die Referenzbeprobungen der Dauermessstellen zeigen – wie auch schon für die bisher besprochenen Elemente festgestellt – eine Abnahme der Belastung in den Untersuchungsabschnitten Wedel, Hamburg und Vierlande. In den stromabwärts gelegenen Elbabschnitten schwanken die Bleigehalte der Messstellen, so dass sich für diese Bereiche keine gesicherten Abnahmen nachweisen lassen.

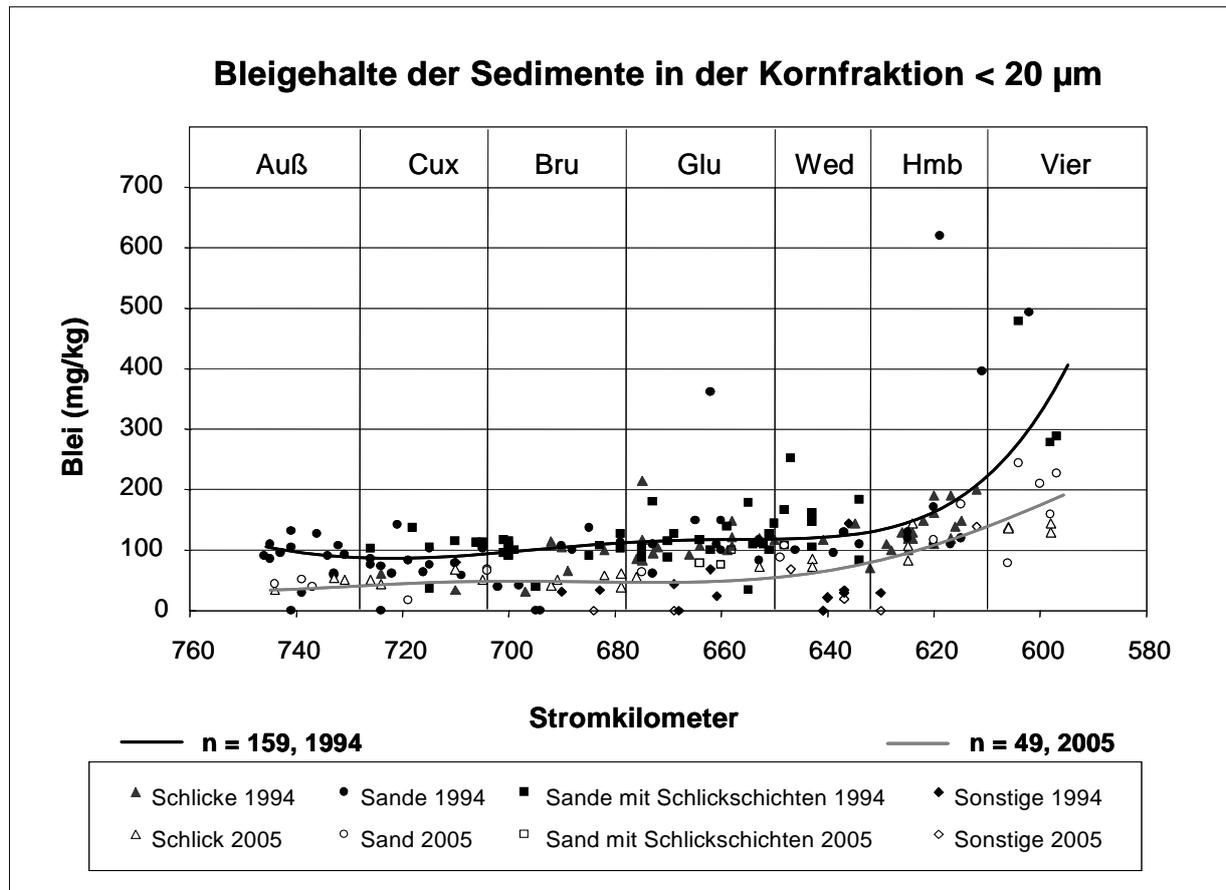


Abbildung 4-14: Blei in der Kornfraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil

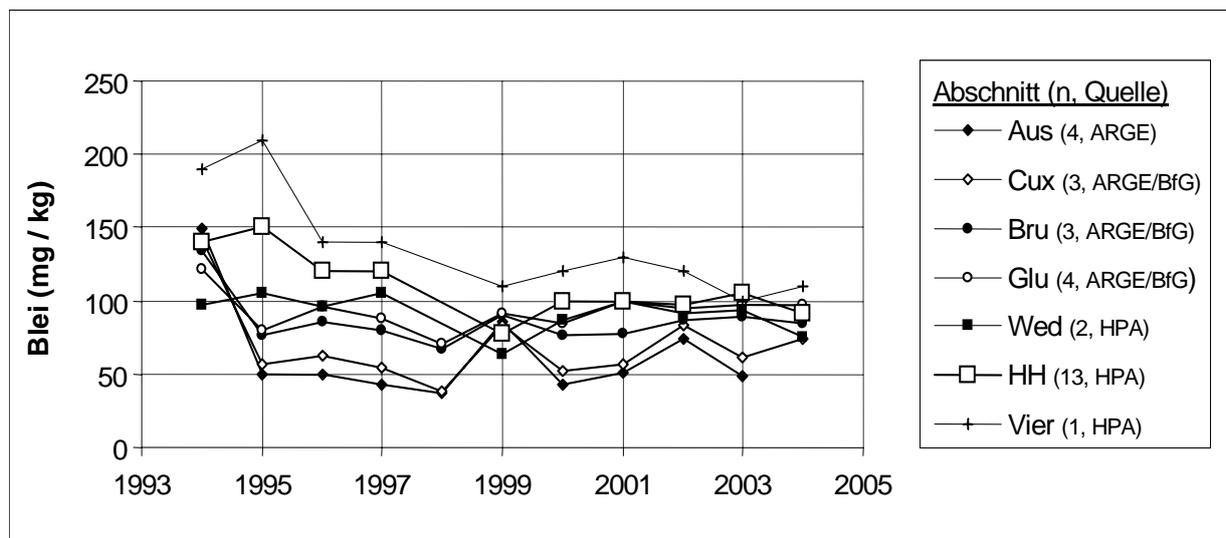


Abbildung 4-15: Veränderung der Bleigehalte in der Kornfraktion < 20 µm über die Zeit

Tabelle 4-16: Bleigehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005					Daten 1994	
		Proben- zahl	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹
AUS	U	0					91	2,6
	F	18	30	111	51	1,5		
CUX	U	50	51	97	71	2,0	81	2,3
	F	13	16	97	59	1,7		
BRU	U	8	60	90	82	2,3	99	2,8
	F	13	38	89	67	1,9		
GLU	U	48	57	129	80	2,3	109	3,1
	F	27	48	155	88	2,5		
WED	U	2	79	94	87	2,5	109	3,1
	F	13	20	108	85	2,4		
HH	U	89	35	175	91	2,6	130	3,7
	F	1	140	140	140	4,0		
VML	U	50	43	180	96	2,7	289	8,3
	F	14	77	244	138	3,9		
Alle Proben		346	16	244	81	2,3	107	3,1

¹ Anreicherung = Median / Hintergrundkonzentration (bei Blei auf 35 mg/kg gesetzt, vgl. MIEHLICH et al. [1997a])

Chrom

Die Verteilung von Chrom in den Gewässersedimenten ähnelt derjenigen der anderen Metalle. Der hohe natürliche Hintergrundgehalt bzw. der vergleichsweise geringe Verschmutzungsgrad bedingt, dass die Anreicherungsfaktoren in beiden Untersuchungsjahren relativ niedrig sind (Tabelle 4-17).

In 1994 sind die Gehalte an Chrom in den Untersuchungsabschnitten Außenelbe bis Hamburg mit Gehalten von 70 – 250 mg/kg relativ konstant (Abbildung 4-16). Lediglich im Bereich Vierlande erfolgt ein steiler Anstieg auf bis zu 370 mg/kg. Dieser Trend wird auch in den aktuellen Daten bestätigt, wobei der Maximalwert oberhalb Hamburgs nur noch 260 mg/kg beträgt. Die vergleichsweise geringe Streuung lässt sich dadurch erklären, dass der anthropogene Eintrag insgesamt gering ist und dass der Chromeintrag von Oberstrom in der Vergangenheit geringen Schwankungen unterlegen ist.

Berücksichtigt man die unterschiedlichen Bestimmungsmethoden in beiden Datenkollektiven, so haben sich die spezifischen Chromgehalte seit 1994 nur im Abschnitt Vierlande und Hamburg und dort speziell in den jungen Sedimenten vermindert. Dies wird bestätigt durch die Referenzbeprobungen der HPA in den oberen Stromkilometern, die eine Abnahme der Chromgehalte ergeben haben (Abbildung 4-17). Die Dauer- messstellen der ARGE Elbe zeigen bezüglich der Absetzbecken ebenfalls einen deutlichen Abfall der Chrombelastung in den vergangenen 11 Jahren in den Messstellen Bunthaus und Seemannshöft, hingegen keine signifikanten Veränderung in den stromabwärts gelegenen Messstellen Grauer Ort und Cuxhaven. Im Abschnitt Wedel beträgt der Anreicherungsfaktor im Sediment 1,4 und geht bis Cuxhaven auf 1,2 zurück, ein Längsverlauf, der sich bereits 1994 gezeigt hat.

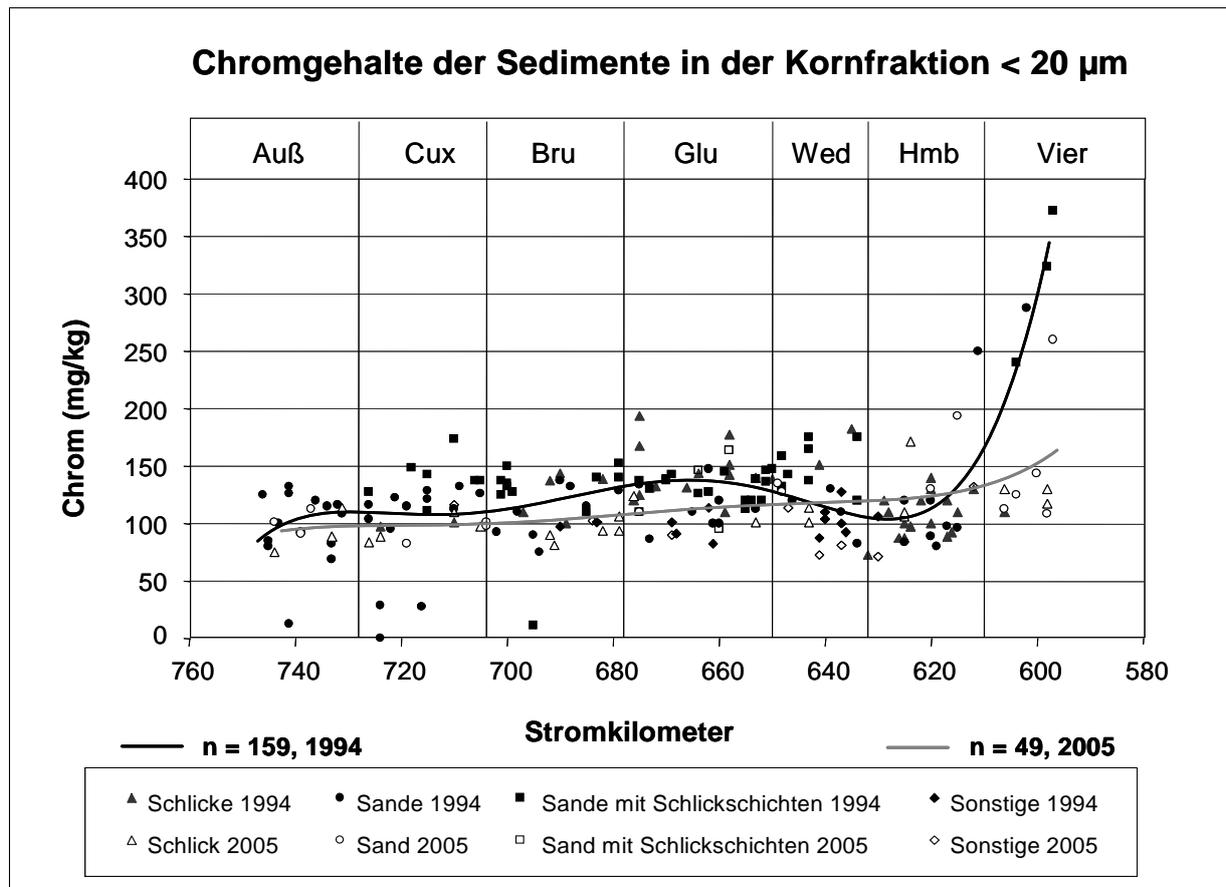


Abbildung 4-16: Chrom in der Kornfraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil

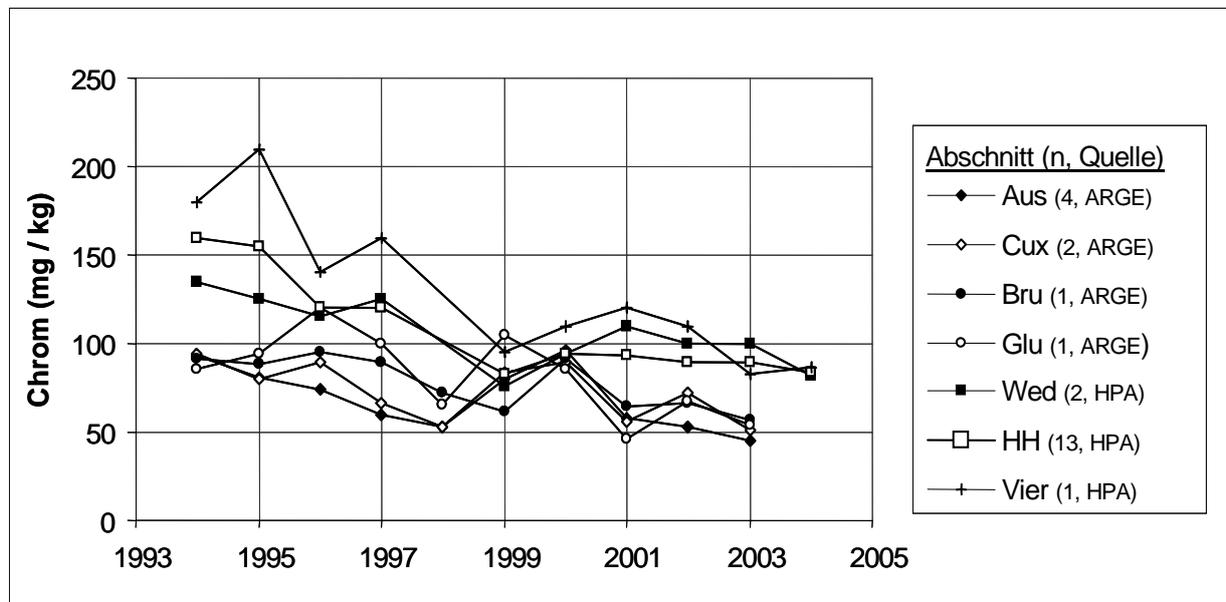


Abbildung 4-17: Veränderung der Chromgehalte in der Kornfraktion < 20 µm über die Zeit

Tabelle 4-17: Chromgehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005					Daten 1994	
		Proben- zahl	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹
AUS	U	0					105	1,0
	F	18	26	114	54	0,8		
CUX	U	50	64	404	86	1,2	119	1,1
	F	13	46	116	82	1,2		
BRU	U	8	57	126	82	1,2	129	1,2
	F	14	77	127	92	1,3		
GLU	U	48	55	102	73	1,0	131	1,2
	F	28	46	164	95	1,4		
WED	U	2	89	90	90	1,3	129	1,2
	F	14	72	135	100	1,4		
HH	U	89	55	194	85	1,2	100	1,4
	F	1	132	132	132	1,9		
VML	U	50	40	210	88	1,3	287	2,7
	F	14	83	260	122	1,7		
Alle Proben		349	26	404	85	1,2	123	1,2

¹ Anreicherung = Median / Hintergrundkonzentration (bei Chrom im Datensatz 2001-2005 auf 70 mg/kg, im Datensatz 1994 auf 105 mg/kg aufgrund abweichender Bestimmungsmethode gesetzt)

Insgesamt erscheint es somit wahrscheinlich, dass die Chrombelastung in den vergangenen 11 Jahren über nur für die obersten Gewässerabschnitte etwas gesunken ist und in den übrigen Bereichen weitgehende Konstanz aufweist.

Nickel

Die Nickelgehalte zeigen in beiden Untersuchungs Jahren mit zunehmendem Stromkilometer – im Unterschied zu den bisher behandelten Elementen – anstatt eines exponentiellen Anstieges einen schwachen linearen Anstieg. Die anthropogene Anreicherung der Sedimente mit Nickel ist gering, in den fest liegenden Sedimenten oberhalb Hamburgs werden Anreicherungsfaktoren von im Mittel 1,5 erreicht (1994 2,0, Tabelle 4-18).

Die wiederholt entnommenen Referenzproben der HPA zeigen in den Bereichen Vierlande und Hamburg einen signifikanten Abfall der Nickelgehalte, während in den elbabwärts gelegenen Messstellen der ARGE Elbe und der BfG kein eindeutiger Trend über die Zeit festgestellt wird (Abbildung 4-19). Die an schwebstoffbürtigen Sedimenten ermittelte Nickelbelastung an der Messstelle Bunthaus hat in den vergangenen 11 Jahren von 170 auf 50 mg/kg abgenommen. Auch an der Messstelle Seemannshöft wird eine deutliche Abnahme der Nickelkonzentration festgestellt, während sich die Nickelgehalte in den Absetzbecken Grauer Ort und Cuxhaven über die vergangenen 11 Jahre nicht verändert haben. Werden die 33 an den gleichen Entnahmestellen erhobenen Daten verglichen, so wird ebenfalls keine signifikante Veränderung der Nickelgehalte festgestellt.

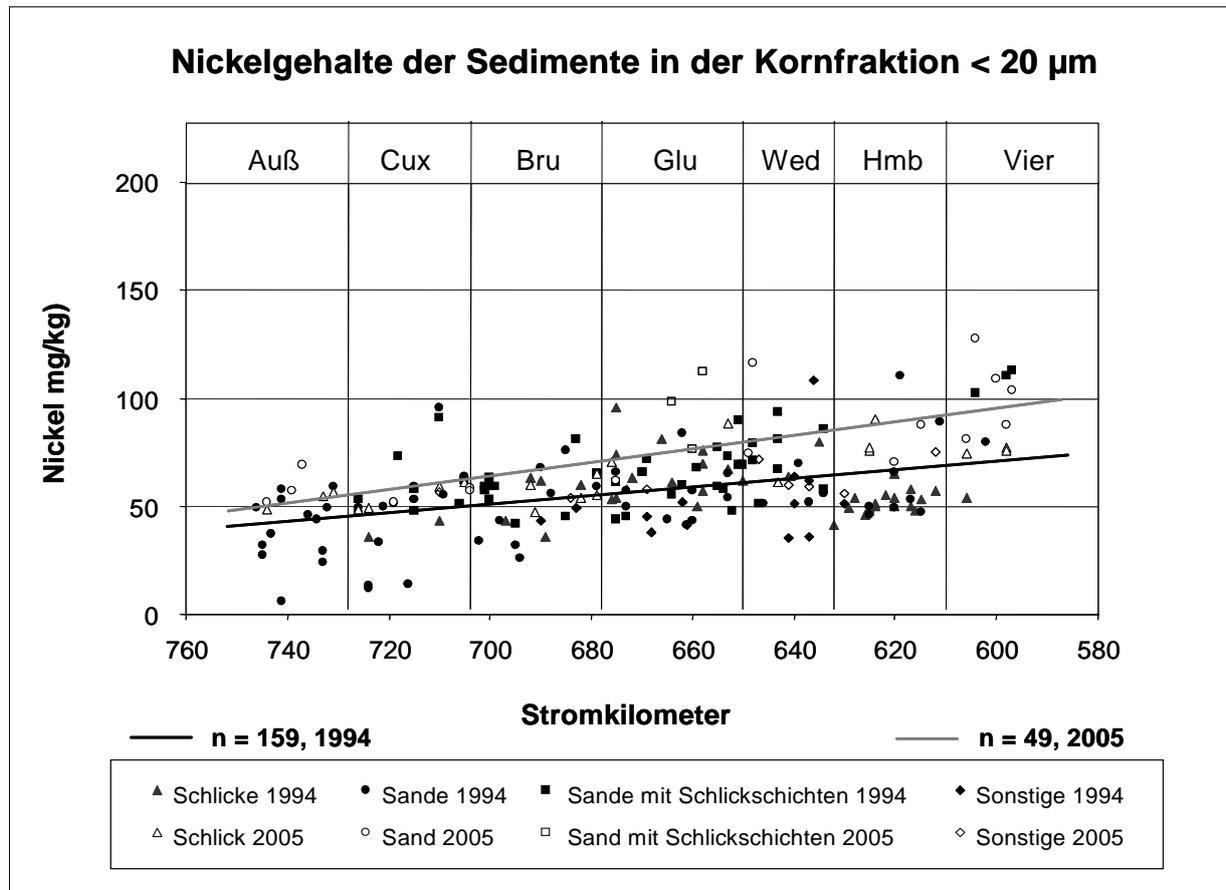


Abbildung 4-18: Nickel in der Kornfraktion < 20 µm im Tidelbe-Längsprofil

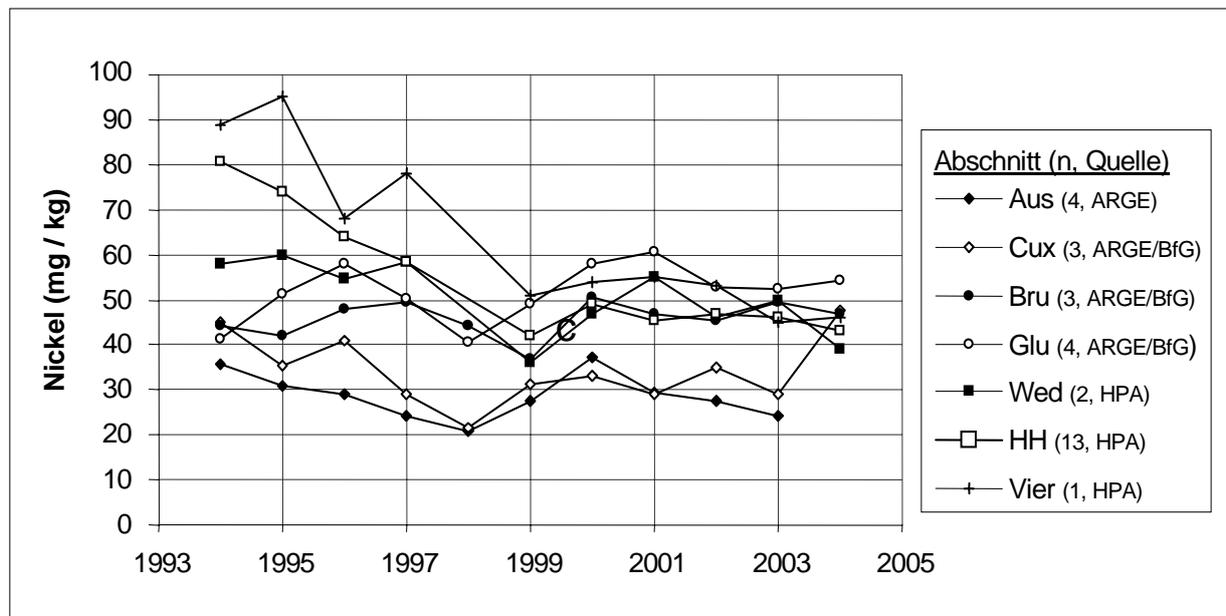


Abbildung 4-19: Veränderung der Nickelgehalte in der Kornfraktion < 20 µm über die Zeit

Tabelle 4-18: Nickelgehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005					Daten 1994	
		Proben- zahl	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹
AUS	U	0					44	0,9
	F	18	15	69	29	0,6		
CUX	U	50	28	194	46	0,9	51	1,0
	F	13	28	61	49	1,0		
BRU	U	8	31	49	44	0,9	59	1,2
	F	14	38	65	53	1,1		
GLU	U	48	28	96	44	0,9	60	1,2
	F	28	28	112	55	1,1		
WED	U	2	43	43	43	0,9	63	1,3
	F	14	39	116	51	1,0		
HH	U	89	26	90	45	0,9	51	1,0
	F	1	75	75	75	1,5		
VML	U	50	20	74	43	0,9	102	2,0
	F	14	45	128	75	1,5		
Alle Proben		349	15	194	46		57	1,1

¹ Anreicherung = Median / Hintergrundkonzentration (bei Nickel auf 50 mg/kg gesetzt)

Auf niedrigem Belastungsniveau zeigt demnach Nickel das gleiche Verhalten wie auch die übrigen Spurenmetalle: Während die die frischen Sedimente kennzeichnenden Dauermessstellen im Hamburger Bereich einen deutlichen Konzentrationsabfall ausweisen, sind die eher fest liegenden Sedimente im Gesamtgebiet in ihrem Belastungsniveau weitgehend konstant. Genauere Zeitaussagen für diese Sedimente sind durch nicht immer identische Analysenverfahren erschwert.

Arsen

Arsen unterscheidet sich in seinem Löslichkeitsverhalten deutlich von den übrigen Spurenelementen. Als Anion lagert es sich besonders an Eisen-Oxide an und kommt vorwiegend in der Übergangszone oxidiertes und reduzierter Schichten in hohen Gehalten in der Lösung vor. Innerhalb der Tideelbe ist daher ein Austausch von Arsen zwischen gebundener und fester Phase und damit ein Transfer zwischen unterschiedlichen Sedimentkörpern wesentlich leichter möglich als bei den Schwermetallen.

Ähnlich wie Nickel zeigt auch Arsen mit zunehmendem Stromkilometer in den Vergleichsjahren 1994 und 2005 anstatt eines exponentiellen einen eher linearen Abfall (Abbildung 4-20). Im Untersuchungsjahr 1994 weisen die Arsengehalte eine weite Streuung mit z. T. sehr niedrigen Gehalten in den Untersuchungsabschnitten Außenelbe bis Wedel und Maximalwerten in den Bereichen Glückstadt, Wedel und Vierlande auf. In 2005 ist die ermittelte Streuung wesentlich geringer. Die in beiden Jahren beprobten Messstellen, die in 1994 Minimalwerte aufwiesen, zeigen in 2005 wesentlich höhere Gehalte. Minima wurden 1994 auf messtechnische Probleme zurückgeführt, die in 2005 offenbar nicht aufgetreten sind. Die scheinbare Abnahme der Maximalwerte kann an der geringeren Stichprobengröße der Beprobung in 2005 gelegen haben. Eventuell sind die Arsengehalte in 2005 auch gleichmäßiger verteilt.

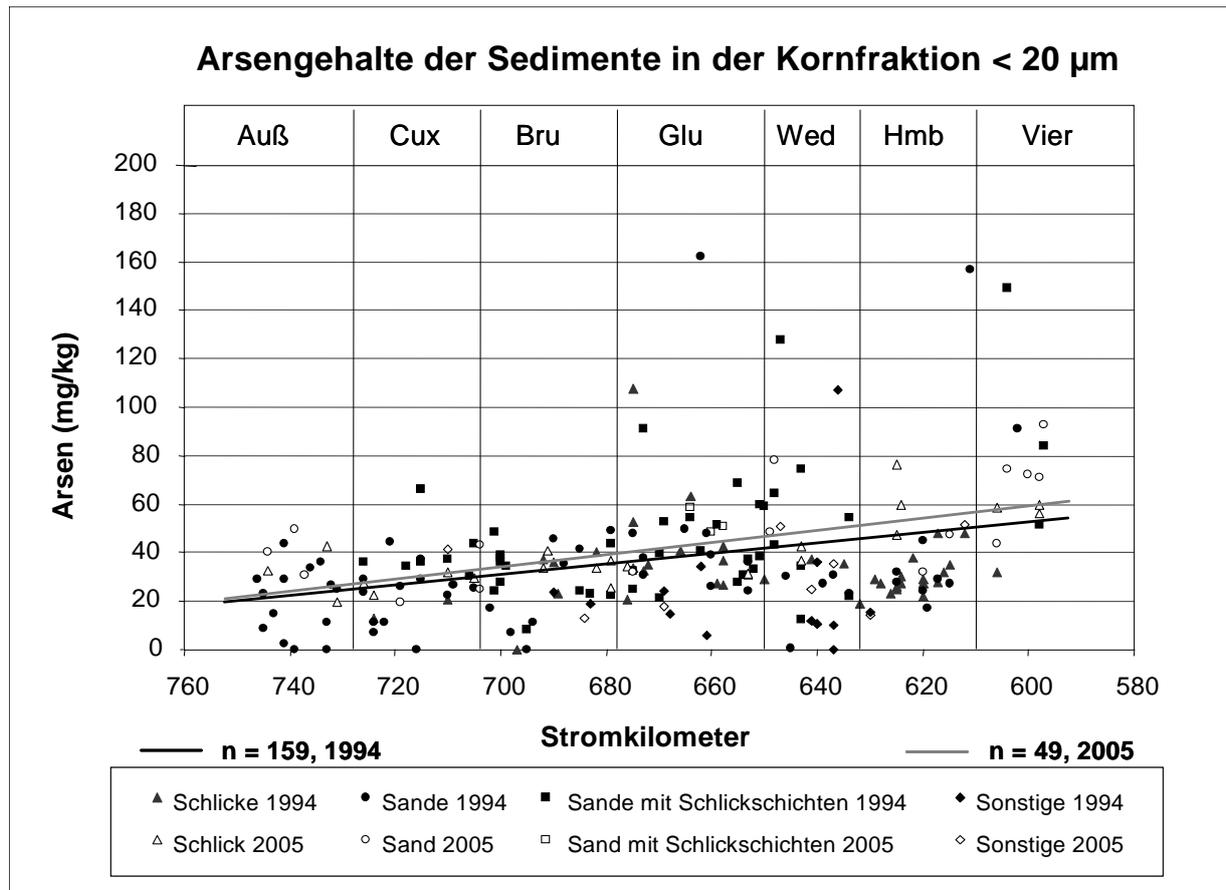


Abbildung 4-20: Arsen in der Kornfraktion < 20 µm im Tideelbe-Längsprofil

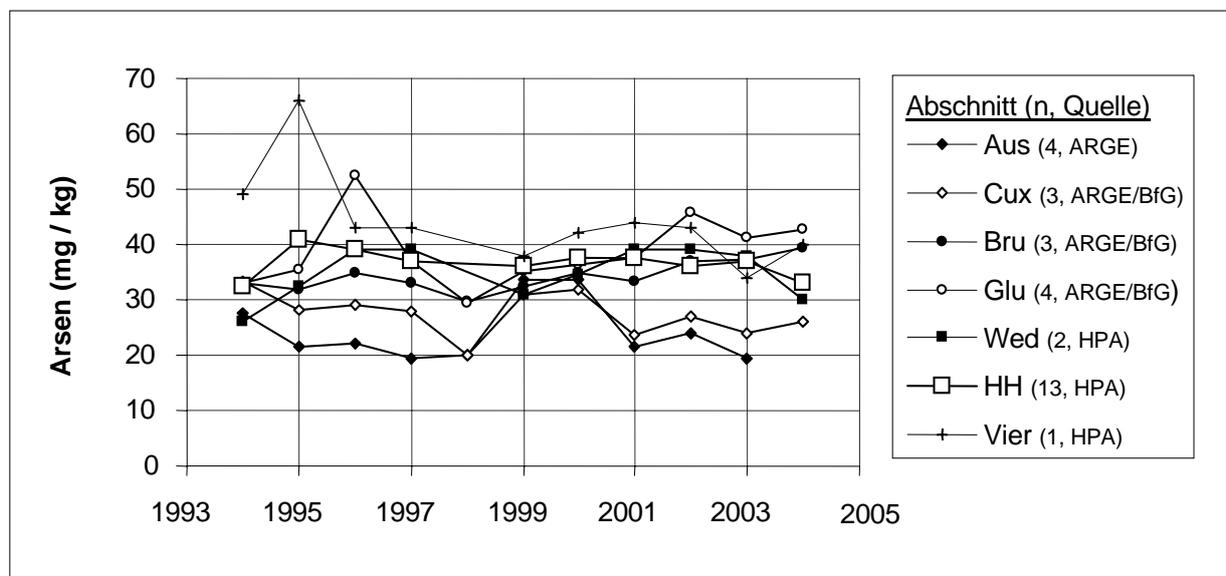


Abbildung 4-21: Veränderung der Arsengehalte in der Kornfraktion < 20 µm über die Zeit

Tabelle 4-19: Arsengehalte (Fraktion < 20 µm) und Anreicherungsfaktoren

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005					Daten 1994	
		Proben- zahl	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹	Median (mg/kg)	An- reiche- rung ¹
AUS	U	0					24	1,2
	F	18	15	50	24	1,2		
CUX	U	50	22	33	27	1,3	28	1,4
	F	13	16	43	27	1,4		
BRU	U	8	23	39	32	1,6	28	1,4
	F	14	13	41	35	1,7		
GLU	U	47	25	37	29	1,4	37	1,8
	F	28	18	72	37	1,9		
WED	U	2	31	31	31	1,6	30	1,5
	F	14	25	78	38	1,9		
HH	U	89	20	76	35	1,7	(28)	(5,6)
	F	1	52	52	52	2,6		
VML	U	50	18	76	31	1,6	84	4,2
	F	14	34	93	34	2,7		
Alle Proben		348	13	93	31	1,6	31	1,6

¹ Anreicherung = Median / Hintergrundkonzentration (bei Arsen auf 20 mg/kg gesetzt). Daten 1994 im Abschnitt Hamburg durch abweichende Analytik nicht vergleichbar

Die in den sieben Elbabschnitten seit 1994 festgestellten Veränderungen betreffen nur den Abschnitt Vierlande (Tabelle 4-19). Hier haben sich die Medianwerte deutlich vermindert, auch die Maxima betragen inzwischen weniger als 100 mg/kg. Die 33 in 1994 und 2005 an den gleichen Stellen im Gesamtgebiet entnommenen Proben zeigen keinen signifikanten Unterschied der Arsengehalte. Auch die Referenzprofile der HPA, der ARGE Elbe und der BfG zeigen – mit Ausnahme des einen Referenzprofils im Bereich Vierlande – keinen abnehmenden Trend über die Zeit an (Abbildung 4-21).

Die in frischen Sedimenten der Absetzbecken bestimmten Arsengehalte der Messstellen Bunthaus und Seemannshöft haben zwar abgenommen, diese Abnahme ist jedoch deutlich schwächer ausgeprägt als die der übrigen betrachteten Spurenelemente. In den Messstellen Grauer Ort und Cuxhaven ist keine Veränderung der Arsengehalte frischer Sedimente über die Zeit erkennbar.

Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Arsengehalte in den Sedimenten der Tideelbe in den vergangenen 11 Jahren im Wesentlichen gleich geblieben sind.

4.2.2.2 Belastung mit organischen Schadstoffen

Die durch organische Substanzen bedingte Belastungssituation der Elbe wird durch den summierten Einfluss industrieller Emissionen (Petrochemie, Chlorchemie, Aromatenchemie, Polymerchemie, Zellstoffchemie), ungeklärter kommunaler Abwässer, Aussickerungen aus Deponien und Altlasten, Einträge von Pestiziden aus landwirtschaftlichen Flächen sowie Beiträgen aus Schifffahrt und Häfen hervorgerufen.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf Proben, die der Tideelbe entstammen und zu den obersten, jungen Sedimenten zu rechnen sind. Die Gehalte an organischen Spurenstoffen unterliegen grundsätzlich ähnlichen Verteilungsmechanismen, die auch für die Belastung mit anorganischen Spurenstoffen maßgeblich sind. So werden auch die Konzentrationen organischer Schadstoffe entscheidend von den Gehalten an organischer Substanz und an Feinkorn bestimmt, jede Vermischung mit Sanden führt zu einer proportionalen Verminderung der Gesamtgehalte.

Die Messung der Belastung der Gewässersedimente mit organischen Spurenstoffen erfolgt üblicherweise an der getrockneten und auf 2 mm gesiebten Probe. Für die Bewertung werden jedoch - wie bei den Spurenmetallen - die spezifischen Belastungen der Feinkornfraktion benötigt. Daher werden die Messwerte unter der Annahme, dass die Belastung aufgrund der besonderen Bindungsfähigkeiten der Feinkornfraktion (Tonpartikel, organische Substanz) ausschließlich in dieser Fraktion stattfindet, rechnerisch auf diese bezogen. Die Konzentration der Stoffe in der Feinkornfraktion ist dadurch immer höher als in der Gesamtprobe. Der Faktor, mit dem die gemessene Konzentration multipliziert wird ist umso höher, je geringer die Gehalte an Feinkorn in einer Probe sind. Damit steigt auch die Unsicherheit des berechneten Werts an, die rechnerische Bestimmung der Konzentrationen in der Feinkornfraktion wurde daher nur unter der Bedingung durchgeführt, dass wenigstens 10% Feinkorn in der Probe enthalten waren. Bei Proben, bei denen ein ausreichender Feinkornanteil festgestellt wurde, die Gehalte des organischen Parameters aber unterhalb der analytischen Nachweisgrenze lag, wurde die Berechnung mit der halben Nachweisgrenze durchgeführt.

Im Folgenden werden die organischen Parameter gemäß der HABAK-Liste [BFG 1999] dargestellt. Diese Parameter wurden an den 49 in 2005 entnommenen Sedimentproben bestimmt, außerdem liegen Daten von 399 Proben der BfG, der ARGE und der HPA aus den Jahren 2001 – 2005 vor, die damit mit in die Auswertung einbezogen wurden. Da die Konzentrationen auf die 20 µm-Fraktion bezogen angegeben werden, ist ein direkter Vergleich mit den Daten von 1994 [MIEHLICH et al. 1994a] nicht möglich.

Um gegebenenfalls höhere Belastungsniveaus in den alten, in den Seitenräumen der Tideelbe lagernden Sedimente feststellen zu können erfolgt wie bei den Spurenmetallen eine Differenzierung der Proben in die Gruppen "F" ('festliegend') und "U" ('aktuell umgelagert').

Kohlenwasserstoffe

Tabelle 4-20 gibt die summierten Gehalte an Kohlenwasserstoffen (KW, Messung nach DIN 38409, T18) in den obersten Sedimenten der Tideelbe wider. Die Proben des Untersuchungsabschnittes "Vierlande" weisen mit 1.090 mg/kg in der Gruppe "U" die stärkste Belastung mit KW auf. Auch im Untersuchungsabschnitt "Hamburg" sind Hafensedimente mit Kohlenwasserstoffen relativ stark belastet. In dem Untersuchungsabschnitt "Wedel" ist die Kontamination mit Kohlenwasserstoffen etwas geringer.

Tabelle 4-20: Gehalte an Kohlenwasserstoffen (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum (mg/kg)	Maximum (mg/kg)	Median (mg/kg)
AUS	U	0	-	-	-
	F	0	-	-	-
CUX	U	0	-	-	-
	F	4	58	345	244
BRU	U	3	30	476	296
	F	5	56	1450	190
GLU	U	2	53	411	232
	F	9	237	1110	568
WED	U	10	140	2640	424
	F	14	134	695	348
HH	U	50	34	1310	501
	F	13	90	687	487
VML	U	4	985	1740	1090
	F	11	151	863	597
Alle Proben		125	30	2640	475

In den Untersuchungsabschnitten "Glückstadt", "Brunsbüttel" und "Cuxhaven" nimmt die Belastung mit Kohlenwasserstoffen deutlich ab, wobei die stark belasteten Proben aus dem Untersuchungsabschnitt "Glückstadt" aus dem Bereich des Bützflether Hafens stammen.

Für den Abschnitt "Außenelbe" liegen keine aktuellen Analysen vor, da die hier entnommenen Proben den Mindestfeinkornanteil von 10 % unterschreiten³. Die Proben wurden daher von der Bewertung ausgeschlossen. Eine zusätzliche Betrachtung der 2005 am IfB analysierten Proben aus dem Abschnitt Außenelbe mit einem Anteil der Fraktion < 20 µm (Anzahl: 6) zeigt, dass kein Messwert oberhalb der Nachweisgrenze liegt, was auf eine sehr geringe Belastung des Untersuchungsabschnittes mit Kohlenwasserstoffen hindeutet.

Die Proben der Gruppe "F" aus den Seitenräumen der Tideelbe weisen keine höhere Belastung mit KW auf als die aktuell umgelagerten Sedimente (Gruppe U).

Insgesamt ist hinsichtlich dieser Stoffgruppe anzumerken, dass grundsätzlich methodenbedingte analytische Unsicherheiten bestehen.

Polychlorierte Biphenyle (PCB)

Der Belastungsschwerpunkt liegt in den Untersuchungsabschnitten "Hamburg" und "Vierlande" (Tabelle 4-21), gefolgt von den Untersuchungsabschnitten "Wedel" und "Glückstadt". Eine Summenbildung der PCB im Untersuchungsabschnitt "Außenelbe" war aufgrund fehlender Analysen von PCB-118 nicht möglich, eine Betrachtung der 6 verbleibenden PCB zeigt sehr geringe Gehalte im Bereich Außenelbe.

³ Die Analytik bezüglich der organischen Schadstoffe erfolgte in Gesamtprobe. Die Normierung der Analysenwerte auf die spezifische Belastung der Fraktion <20 µm führt nur für Proben mit einem Feinkornanteil >10 % zu sicheren Ergebnissen.

Tabelle 4-21: Gehalte an Polychlorierten Biphenylen (Summe 7 PCB) (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum (µg/kg)	Maximum (µg/kg)	Median (µg/kg)
AUS	U	0	-	-	-
	F	0	-	-	-
CUX	U	1	14,4	14,4	14,4
	F	4	15,6	29,7	23,7
BRU	U	13	2,0	24,2	19,2
	F	12	10,8	36,7	20,0
GLU	U	13	2,7	54,7	21,0
	F	24	15,1	112	35,0
WED	U	15	13,8	55,9	38,8
	F	16	6,6	57,3	29,5
HH	U	85	6,7	255	55,5
	F	13	31,8	71,8	40,3
VML	U	52	21,7	310	75,6
	F	11	18,7	124	48,2
Alle Proben		259	2,0	310	42,4

Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Die 6 summierten PAK nach der HABAK-Liste ergeben rund 50 % der Gehalte der 16 PAK, die nach BBodSchV addiert werden (Tabelle 4-22, Tabelle 4-23). Im Gegensatz zu 1994, als die höchsten Belastungen im Untersuchungsabschnitt "Hamburg" festgestellt wurden, sind aktuell die Sedimente des Untersuchungsabschnittes "Vierlande" am stärksten mit PAKs spezifisch belastet. Die Belastungen betragen dort im Median 4,4 mg/kg (Summe 6 PAK) bzw. 8,4 mg/kg (Summe 16 PAK), Einzelproben weisen aber Gehalte auf, die mehr als 5fach so hoch sind. Auch im Untersuchungsabschnitt "Hamburg" treten hohe Belastungen auf, die Medianwerte liegen dort rund 40 % unter denen des Abschnitts "Vierlande". Wie bei den anderen Schadstoffen nimmt stromab das Belastungsniveau weiter ab. Die relativ hohe Belastung der umgelagerten Sedimente im Abschnitt "Cuxhaven" ist auf Proben aus dem Datensatz ARGE-A zurückzuführen, die im Bereich des Cuxhavener Hafens erhoben wurden.

Wie bei den Kohlenwasserstoffen, so lassen sich auch für die PAKs keine systematischen Unterschiede zwischen den Gruppen der aktuell umgelagerten Sedimente (Gruppe "U") und den in den Seitenräumen möglicherweise fest lagernden Sedimenten nachweisen.

Tabelle 4-22: Gehalte an Polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK, Summe 6 nach HABAK) (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum (µg/kg)	Maximum (µg/kg)	Median (µg/kg)
AUS	U	-	-	-	-
	F	4	310	1.080	600
CUX	U	13	110	4.500	1.030
	F	7	360	4.600	840
BRU	U	19	300	3.190	960
	F	12	410	3.490	1.420
GLU	U	37	1.030	6.170	2.270
	F	29	410	12.360	1.430
WED	U	15	290	8.360	1.830
	F	16	730	5.470	1.660
HH	U	84	180	15.500	2.560
	F	13	2.070	7.230	2.620
VML	U	52	1.540	19.700	4.420
	F	11	1.940	24.510	4.310
Alle Proben		312	110	24.510	2.360

Tabelle 4-23: Gehalte an Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK, Summe 16 nach BBodSchV) (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum (µg/kg)	Maximum (µg/kg)	Median (µg/kg)
AUS	U	-	-	-	-
	F	4	620	1.730	1.200
CUX	U	9	220	8.960	2.070
	F	7	1.000	10.100	1.730
BRU	U	4	590	2.320	1.680
	F	4	3150	6.550	3.500
GLU	U	35	2.000	11.800	4.570
	F	9	1.130	6.250	3.620
WED	U	6	860	16.200	3.930
	F	10	2010	5.880	3.240
HH	U	85	530	30.500	5.020
	F	13	4.250	15.100	5.430
VML	U	52	3.190	41.300	8.370
	F	11	4.200	48.800	8.610
Alle Proben		249	220	48.800	5.300

Pentachlorbenzol und Hexachlorbenzol

Verbesserte Analysetechniken haben dazu geführt, dass in dem für die aktuellen Sedimentbelastungen ausgewerteten Datensatz viel mehr nachweisbare Penta- und Hexachlorbenzol-Gehalte angegeben werden können, als dies noch bei den Analysen 1994 der Fall war. Die Analysen von 1994 ergaben für den Abschnitt "Hamburg" einen Medianwert der Penta-CB-Gehalte von 5 µg/kg in der Gesamtfraction, die aktuellen

Belastungen liegen mit rund 3 µg/kg darunter, obwohl diese sich auf die < 20µm-Fraktion beziehen. Dies deutet auf ein seit 1994 abnehmendes Belastungsniveau hin.

Wie bei anderen Schadstoffen weisen die Abschnitte "Hamburg" und "Vierlande" aktuell die höchsten Messwerte auf. Sie werden gefolgt von den Abschnitten "Wedel" und "Glückstadt". Erst im Untersuchungsabschnitt "Cuxhaven" nimmt die Belastung mit Pentachlorbenzol deutlich ab. Im Untersuchungsabschnitt "Außenelbe" konnte Pentachlorbenzol nicht nachgewiesen werden. Der für diesen Abschnitt errechnete Medianwert ergibt sich aus der Berücksichtigung der halben Nachweisgrenze und anschließender Normierung.

Tabelle 4-24: Gehalte an Pentachlorbenzol (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum (µg/kg)	Maximum (µg/kg)	Median (µg/kg)
AUS	U	-	-	-	-
	F	4	0,5	0,9	0,7
CUX	U	0	-	-	-
	F	7	0,8	1,4	1,0
BRU	U	17	0,2	3,8	1,7
	F	12	0,3	4,1	1,2
GLU	U	2	0,1	1,9	1,0
	F	28	0,9	7,2	3,0
WED	U	15	0,8	6,4	3,2
	F	16	0,2	6,8	1,6
HH	U	85	0,3	21,3	3,2
	F	13	1,1	6,5	2,5
VML	U	52	0,3	33,6	6,9
	F	11	0,9	9,0	3,2
Alle Proben		262	0,1	33,6	3,1

Tabelle 4-25: Gehalte an Hexachlorbenzol (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in 2001 – 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum (µg/kg)	Maximum (µg/kg)	Median (µg/kg)
AUS	U	-	-	-	-
	F	4	0,5	3,2	0,7
CUX	U	10	1,5	14,0	3,3
	F	7	0,8	10,2	3,4
BRU	U	17	0,2	15,7	7,1
	F	12	3,0	15,0	5,6
GLU	U	38	0,1	66,7	14,5
	F	28	2,9	34,1	13,6
WED	U	15	9,8	59,5	19,3
	F	16	1,3	33,9	10,6
HH	U	85	1,5	210	29,6
	F	13	1,3	62,4	22,5
VML	U	52	28,9	686	130
	F	11	17,3	105	45,2
Alle Proben		308	0,2	686	21,5

Für Hexachlorbenzol ergibt sich im Ist-Zustand eine ähnliche Belastungsverteilung wie für Pentachlorbenzol. Die Untersuchungsabschnitte "Hamburg" und "Vierlande" sind wiederum deutlich am stärksten belastet. Die Belastung mit HCB fällt unterhalb des Untersuchungsabschnittes "Hamburg" kontinuierlich ab. Für den Abschnitt "Außenelbe" wurde der angegebene Medianwert unter Berücksichtigung der halben Nachweisgrenze ermittelt.

Tabelle 4-26: Gehalte an α -HCH (Fraktion < 20 μm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum ($\mu\text{g/kg}$)	Maximum ($\mu\text{g/kg}$)	Median ($\mu\text{g/kg}$)
AUS	U	-	-	-	-
	F	4	0,5	0,9	0,7
CUX	U	10	< 0,1	2,2	0,3
	F	7	0,1	0,8	0,2
BRU	U	17	< 0,1	1,6	0,5
	F	12	< 0,1	1,2	0,3
GLU	U	38	< 0,1	3,3	0,8
	F	28	< 0,1	6,4	1,0
WED	U	15	< 0,1	5,3	1,3
	F	16	< 0,1	4,0	1,4
HH	U	85	< 0,1	26,2	1,5
	F	13	0,2	6,7	1,5
VML	U	52	1,0	69,8	5,7
	F	11	0,9	17,2	3,0
Alle Proben		308	< 0,1	69,8	1,3

Tabelle 4-27: Gehalte an γ -HCH (Fraktion < 20 μm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum ($\mu\text{g/kg}$)	Maximum ($\mu\text{g/kg}$)	Median ($\mu\text{g/kg}$)
AUS	U	-	-	-	-
	F	4	0,5	0,9	0,7
CUX	U	10	0,1	1,4	0,3
	F	7	0,2	4,6	1,4
BRU	U	17	0,1	1,7	0,3
	F	12	0,1	3,9	0,5
GLU	U	38	0,1	5,3	0,4
	F	28	< 0,1	15,3	0,6
WED	U	15	0,2	5,5	0,9
	F	16	0,1	3,2	1,2
HH	U	85	0,1	8,1	0,8
	F	13	0,1	5,4	1,3
VML	U	52	0,3	22,3	1,4
	F	11	0,1	7,1	1,2
Alle Proben		308	< 0,1	22,3	0,8

Hexachlorcyclohexane (HCH)

Die größte Zahl positiver Nachweise wie auch die höchsten Messwerte von α -HCH treten in den Abschnitten "Vierlande" und "Hamburg" auf, wobei der Abschnitt "Vierlande" deutlich höher belastet ist als der Abschnitt "Hamburg", in dem im Mittel die Gehalte in der Feinkornfraktion bei 1,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ liegen. Stromabwärts von Hamburg nimmt die Belastung weiter ab. Ein Großteil der Messwerte aus den Abschnitten "Brunsbüttel" und "Cuxhaven" liegt unterhalb der analytischen Nachweisgrenze, vereinzelt konnte α -HCH aber auch hier in höheren Konzentrationen nachgewiesen werden. In dem Abschnitt "Außenelbe" konnte α -HCH in keiner Probe nachgewiesen werden, setzt man die halbe Nachweisgrenze der Kalkulation der Sedimentbelastung zugrunde, so ergeben sich die in Tabelle 4-26 aufgeführten und im Vergleich zu dem Abschnitt "Cuxhaven" relativ hohen Belastungen von im Mittel 0,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Im Vergleich aller Daten kommt das Lindan (γ -HCH) typischerweise weniger stark angereichert in den Sedimenten vor als das α -HCH. Dies ist an dem Abschnitt "Vierlande" zu erkennen, in dem zwar der höchste Medianwert wie auch das höchste Maximum auftritt, dessen Werte aber nur rund 1/3 der Gehaltes des α -HCHs betragen.

Unterhalb Hamburgs findet im Längsverlauf der Tideelbe beim γ -HCH eine Gehaltsabnahme wie auch bei anderen Schadstoffen statt. Auffällig ist, dass in den 2005 erhobenen Proben wesentlich häufiger Lindan nachgewiesen wurde, als dies in den Daten der ARGE Elbe und der BfG der Fall war. Dies betrifft insbesondere den Abschnitt "Cuxhaven", in dem nach den aktuellen Analysen spezifische Belastungen bei einzelnen Proben festgestellt wurden, die für den Hamburger Bereich typisch sind. Da es unwahrscheinlich ist, dass die γ -HCH-Gehalte insbesondere in diesem Bereich so hoch sind, ist möglicherweise ein Analysenproblem für die Werte verantwortlich.

Tabelle 4-28: Gehalte an pp-DDT (Fraktion < 20 μm) der Untersuchungsabschnitte in 2001 – 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Maximum ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Median ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
AUS	U	-	-	-	-
	F	4	0,5	0,9	0,7
CUX	U	10	0,3	4,7	0,9
	F	7	0,2	0,8	0,4
BRU	U	17	0,1	6,9	1,6
	F	12	< 0,1	5,0	1,0
GLU	U	38	0,1	15,7	0,5
	F	28	0,2	17,1	2,8
WED	U	15	0,8	17,4	2,8
	F	15	0,2	11,5	1,9
HH	U	85	0,8	366	13,9
	F	13	1,3	60,1	14,4
VML	U	52	10,3	1.080	66,1
	F	11	12,3	202	30,0
Alle Proben		307	< 0,1	1.080	7,1

Tabelle 4-29: Gehalte an pp-DDD (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in 2001 – 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum (µg/kg)	Maximum (µg/kg)	Median (µg/kg)
AUS	U	-	-	-	-
	F	4	0,5	4,2	0,7
CUX	U	10	0,4	14,7	2,7
	F	7	1,8	36,6	13,2
BRU	U	17	0,2	18,8	10,5
	F	12	< 0,1	36,2	13,3
GLU	U	38	0,1	66,2	11,9
	F	28	2,2	60,2	19,8
WED	U	15	0,9	41,5	9,2
	F	16	0,1	38,5	2,8
HH	U	85	0,1	169	15,8
	F	13	0,3	129	6,6
VML	U	52	1,0	302	58,3
	F	11	13,5	219	28,4
Alle Proben		308	< 0,1	302	15,0

Tabelle 4-30: Gehalte an pp-DDE (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in 2001 – 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum (µg/kg)	Maximum (µg/kg)	Median (µg/kg)
AUS	U	-	-	-	-
	F	4	0,5	0,9	0,7
CUX	U	10	0,1	5,9	0,4
	F	7	0,5	4,9	1,6
BRU	U	17	0,2	6,0	3,0
	F	12	< 0,1	7,9	2,9
GLU	U	38	0,1	17,8	4,5
	F	28	0,5	22,1	6,2
WED	U	15	0,9	28,1	6,5
	F	16	0,1	11,4	6,4
HH	U	85	0,1	96,3	11,1
	F	13	6,8	36,0	14,7
VML	U	52	7,8	97,9	20,5
	F	11	1,7	112	24,9
Alle Proben		308	< 0,1	112	8,6

DDT, DDD, DDE

Belastung mit Parametern aus der DDT-Gruppe konnten in den aktuellen Proben trotz verbesserter Analysentechnik nur an einem Teil der Sedimente festgestellt werden. Dabei wurden die relativ höchsten Gehalte beim pp-DDD und die geringsten beim pp-DDT festgestellt. Anhand der Medianwerte fallen die Abschnitte "Hamburg" und "Vierlande" wiederum als diejenigen mit den höchsten Belastungen auf. Auch bei der DDT-Gruppe ist der Abschnitt "Vierlande" wesentlich stärker belastet als der "Hamburger" Abschnitt. Die Verbindungen sind auch in den Abschnitten "Wedel" bis "Cuxhaven" nachweisbar, wobei die Belastung der festliegenden Sedimente des Cuxhavener Ab-

schnittes mit pp-DDD mit dem Abschnitt Hamburg vergleichbar ist. Das hohe Belastungsniveau ist ebenso wie bei den PAK auf Proben aus dem Datensatz ARGE-S zurückzuführen, die im Bereich des Cuxhavener Hafens erhoben wurden. Im Bereich der "Außenelbe" konnten die Substanzen nicht festgestellt werden, die tabellierten Werte ergeben sich aus der rechnerischen Bestimmung mit der halben Nachweisgrenze.

Tributylzinn

Die Verteilung des Tributylzinns (TBT) im Längsschnitt der Tideelbe weicht deutlich von der Verteilung der übrigen organischen Schadstoffe ab. Bei diesem Parameter ist der Abschnitt "Hamburg" wesentlich stärker belastet als der oberhalb liegende Abschnitt "Vierlande". Auch weisen die in permanenter Umlagerung befindlichen Sedimente in dem hafennahen Bereich wesentlich höhere Konzentrationen als die festliegenden Sedimente auf. Hieraus ist ersichtlich, dass der Eintrag des TBT im Wesentlichen über den Schiffsverkehr des Hamburger Hafens erfolgt. Die Konzentrationen nehmen stromab von Hamburg ab, weisen aber im Abschnitt "Wedel" im Mittel immer noch Gehalte auf, die in der Größenordnung Hamburgs liegen und erreichen im Abschnitt "Brunsbüttel" ein Niveau, das nur noch rund ein Drittel der Hamburger Gehalte ausmacht. Mit der starken Zumischung mariner Partikel nehmen die Belastungen in den Abschnitten "Cuxhaven" und "Außenelbe" bzgl. der festliegenden Sedimente (Gruppe "F") auf niedrige Gehalte $< 30 \mu\text{g/kg}$ ab. Für die umgelagerten Sedimente im Abschnitt "Cuxhaven" (Gruppe "U") ist im Datenkollektiv lediglich 1 Meßwert mit $70 \mu\text{g/kg}$ vorhanden. Nach gutachterlicher Einschätzung ist dieser Wert zu hoch und nicht repräsentativ für die durchschnittliche TBT-Belastung in den umgelagerten Sedimenten im UG-Abschnitt "Cuxhaven". Das tatsächliche Belastungsniveau in diesem Bereich ist mit etwa $50 \mu\text{g/kg}$ anzusetzen.

Die +) siehe Text

Tabelle 4-32 zeigt die TBT-Belastung der Sedimente der Tideelbe (nicht korngößenkorrigiert) der Datensätzen 1994 und 2001 – 2005 im Vergleich.

Der Belastungsschwerpunkt im Bereich des Abschnitts "Hamburg" ist bereits 1994 festgestellt worden. Für die Abschnitte "Wedel" und "Glückstadt" deutet sich eine Belastungszunahme in den letzten 10 Jahren an, die Extrema haben aber gleiche Größenordnung behalten.

Wenn berücksichtigt wird, dass die beiden Kollektive sich ungleich auf die unterschiedlichen Sedimenttypen verteilen, (1994: gleichmäßig verteilt, aktuell: bevorzugt feinkörnige Sedimente) lässt sich die Zunahme nicht mehr sichern (z. B. Bereich "Wedel": Median korngößenbereinigt: 1994 $360 \mu\text{g/kg}$, 2001-2005 $176 \mu\text{g/kg}$, Abschnitt "Glückstadt" Median korngößenbereinigt: 1994 $260 \mu\text{g/kg}$, 2001-2005 $120 \mu\text{g/kg}$).

Für die Abschnitte "Glückstadt" bis "Cuxhaven" ist allerdings eine Zunahme der Maxima festzustellen, die TBT-Belastung im Abschnitt "Außenelbe" ist nach wie vor unbedeutend.

Tabelle 4-31: Gehalte an Tributylzinn (TBT) (Fraktion < 20 µm) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005

Abschnitt	Gruppe	Daten 2001 – 2005			
		Probenzahl	Minimum (µg/kg)	Maximum (µg/kg)	Median (µg/kg)
AUS	U	-	-	-	-
	F	4	7	27	17
CUX	U	(1)	(70)	(70)	(70) [†]
	F	7	7	104	29
BRU	U	13	49	182	110
	F	9	26	108	51
GLU	U	37	< 1	377	95
	F	27	1	500	154
WED	U	15	66	745	274
	F	16	23	285	152
HH	U	85	17	11.700	245
	F	13	70	1.480	240
VML	U	4	81	435	138
	F	9	10	46	32
Alle Proben		238	< 1	11.700	153

†) siehe Text

Tabelle 4-32: Gehalte an Tributylzinn (TBT) (Gesamtgehalte) der Untersuchungsabschnitte in den Jahren 2001 - 2005 und in 1994 im Vergleich

Abschnitt	Gehalt 1994				Gehalt 2001-2005				Veränderung Median
	Probenzahl	Minimum µg Sn/kg	Median µg Sn/kg	Maximum µg Sn/kg	Probenzahl	Minimum µg Sn/kg	Median µg Sn/kg	Maximum µg Sn/kg	
Außenelbe	10	n.n.	n.n.	n.n.	16	n.n.	0,2	5,8	?
Cuxhaven	10	n.n.	n.n.	13	14	n.n.	4,3	43	(+)
Brunsbüttel	10	n.n.	11	67	25	1,2	26	140	+
Glückstadt	18	n.n.	7	260	66	0,2	46	200	++
Wedel	8	n.n.	19	200	34	0,2	68	230	++
Hamburg	8	37	104	177	101	1,2	94	5160	0
Vierlande	3	n.n.	n. n.	n. n.	17	0,2	15	290	?
Alle Proben	67	n. n.	3	260	273	n. n.	56	5160	

4.2.2.3 Mobilität und Freisetzungspotential von Nähr- und Schadstoffen

Nähr- und Schadstoffe sind in den Sedimenten überwiegend in der Feinkornfraktion (Fraktion < 20µm) angereichert. Die Mobilität der Stoffe wird unter stabilen Bedingungen durch die jeweiligen Bindungsformen und ihre Lösungsprodukte bestimmt. Die entscheidenden Faktoren, die die Stabilität der Bindungsformen bestimmen und damit die Freisetzung von Schadstoffen steuern, sind dabei pH-Wert und Redoxpotential des umgebenden Milieus.

Anorganische Schadstoffe

Anorganische Schadstoffe liegen in Sedimenten unter reduzierten Bedingungen überwiegend in gebundener Form als schwerlösliche Metallsalze (Sulfide, Carbonate, Phosphate u. a.) vor. Ein geringer Teil ist spezifisch oder unspezifisch an Tonminera-

le, Oxide wie auch organischen Substanzen und Komplexbildnern adsorptiv gebunden. Gelöste Schwermetallionen treten unter reduzierten Bedingungen im Porenwasser in nur untergeordnetem Maße auf. Bei Zutritt von Sauerstoff verschieben sich die Lösungsgleichgewichte zunehmend in Richtung der adsorptiven Bindungsformen und die Konzentration der gelösten Schwermetalle nimmt zu. Dieser Effekt tritt auch in geringem Maße bereits dann auf, wenn sich die Sedimente an der Gewässersohle in ständiger Umlagerung befinden und im Kontakt mit sauerstoffhaltigem Wasser stehen. Die Löslichkeit von Schwermetallen durchläuft im Neutralbereich ein Minimum und steigt mit sinkendem oder steigendem pH-Wert exponentiell an. Bei einem durchschnittlichen pH-Wert des Flußwassers von 6,5 bis 6,7 bleibt die Konzentration der gelösten Schwermetalle niedrig.

Die Mobilität einiger Spurenmetalle unter oxidierenden Bedingungen wird erhöht, wenn zusätzlich zu dem hohen Redoxpotential ein Anstieg der Salinität vorkommt. Unter diesen Bedingungen wurden bei den Spurenmetallen Cadmium, Zink und Kupfer erhöhte Konzentrationen in der Wasserphase festgestellt, die mit der Bildung von Chlorokomplexen erklärt werden [FÖRSTNER et al. 1985]. Dieser Effekt hat auch in den Oberflächengewässern der Vordeichsländer zu erhöhten Konzentrationen insbesondere an Cadmium geführt [MIEHLICH et al. 1997a].

Organische Schadstoffe

Die Mobilität von organischen Schadstoffen in Sedimenten wird von deren chemischen Eigenschaften bestimmt. Dabei ist vor allem die Art der Bindungsfähigkeit der organischen Schadstoffe zu berücksichtigen. Hydrophile und polare Stoffe sind in Sedimenten mobil, sofern diese reversibel in den Sedimenten gebunden sind und eine effektive Durchströmung von Porenwasser möglich ist. Lipophile organische Spurenstoffe weisen dagegen häufig reversible Bindungen mit hochmolekularen organischen Komponenten auf. Über Sorptionsgleichgewichte treten diese Stoffe entsprechend auch im Porenwasser auf. Irreversibel an organische Komponenten gebundene Schadstoffe liegen dagegen weitgehend immobil vor. Die Bindungsformen von organischen Schadstoffen werden außerdem von pH-Wert und Redoxpotential beeinflusst.

Eine verstärkte Freisetzung erfolgt jedoch lediglich im Fall der Durchlüftung und intensiven Durchströmung der Sedimente in Verbindung mit dem Abbau der organischen Komplexe. Diese Verhältnisse sind in den Sedimenten der Gewässersohle jedoch nicht gegeben, so dass die Mobilität der organischen Schadstoffe gering ist.

Nährstoffe

Eine detaillierte Darstellung zu den Nährstoffvorkommen in den Sedimenten findet sich im Abschnitt 4.2.1.6, so dass an dieser Stelle nur ein knapper Überblick gegeben wird. Nährstoffe wie Stickstoff, Schwefel und Phosphor liegen im Sediment vor allem gebunden in organischer Substanz vor (Detritus und hochmolekulare Abbausubstanzen). Phosphor tritt auch in mineralischer Form, zum Beispiel als Apatit oder Vivianit auf. In reduzierten Sedimenten kommt Stickstoff außerdem als Ammonium (NH_4^+) vor und liegt hier vorwiegend adsorptiv gebunden vor. Die Freisetzung von Nährstoffen ist insgesamt überwiegend an die Mineralisation der organischen Substanz gebunden.

Diese findet in eingeschränkter Form auch unter anaeroben Bedingungen statt, massive Freisetzungen erfolgen ausschließlich bei intensiver Belüftung der Sedimente in Verbindung mit dem aeroben Abbau organischer Substanz.

Die im Porenwasser gelösten Nährstoffe stehen bei stabil lagernden Sedimenten diffusiv mit dem Wasserkörper der Elbe in Wechselwirkung. Dies bedeutet, dass die in geringerer Konzentration im Porenwasser vorhandenen Nährstoffe dem Elbwasser entzogen werden (Nitrat, Sulfat) während die in höherer Konzentration vorhandenen Stoffe (Ammonium, Kalium) als Quelle für das Elbwasser fungieren. Der diffusive Stoffaustausch zwischen Sediment und Wasserkörper ist jedoch bezogen auf die Wassergüte unbedeutend. Da eine stete Umlagerung von Sedimenten stattfindet, bei der infolge der Resuspension der Partikel das im Sediment vorhandene Porenwasser in den Wasserkörper freigesetzt wird, führt dieser Prozess zu einer ständigen und in der Größenordnung auch bedeutenden Rückführung von Nährstoffen aus den Sedimenten in den Wasserkörper.

4.3 Bewertung der Sedimente

4.3.1 Verfahren

Die Bewertung der Sedimentqualität folgt der Festlegung von Wertstufen gemäß Umweltrisikoeinschätzung (URE) [BfG 2001, ACKERMANN et al. 2003]. Dabei werden die Gehalte an ausgewählten organischen und anorganischen Schadstoffen in der Fraktion < 20 µm ("spezifische Belastung") zugrundegelegt (Tabelle 4-33).

Als maßgeblich für die Einstufung der Sedimente eines Gewässerbereichs wird der Medianwert der Konzentration des jeweiligen Schadstoffes betrachtet. Dieser Wert kann zwar bei einzelnen Proben überschritten werden, aufgrund der analytischen Unsicherheiten und der z. T. notwendigen rechnerischen Bestimmung der Bezugswerte (Gehalte in der Feinkornfraktion) stellt der Medianwert aber die sicherste Informationsbasis über die Belastungssituation größerer Gewässerbereiche dar.

Die Einstufung des Sediments erfolgt zunächst für jeden Parameter getrennt, dabei wird eine Wirkung der Stoffe unterstellt, die sich aus der Konzentration der jeweiligen Einzelsubstanzen ergibt.

Die Gesamteinstufung ergibt sich aus der jeweils schlechtesten Einstufung für einen Schadstoff.

Verfahrensbegründung

Nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung [UVPG 1990] sind bei Neu- und Ausbaumaßnahmen in Bundeswasserstraßen die vorhabensbedingten Auswirkungen als Differenz der Zustandsbewertung vor und nach Durchführung der Maßnahme zu bewerten.

Zugleich hat das verwendete Verfahren den inhaltlichen Anforderungen der Richtlinie für das Planfeststellungsverfahren zum Ausbau und Neubau von Bundeswasserstraßen [PlanfR-WaStrG 1994] zu entsprechen. Demnach ist die Qualität der Sedimente

nach einer 5-stufigen Skala zu bewerten, wobei sich die Wertstufe 5 (sehr hohe Wertigkeit) an der Natürlichkeit orientiert. Die Wertstufen 1 – 4 sollen potenziell schädliche Auswirkungen der Schadstoffe berücksichtigen.

Das in dieser Untersuchung angewendete Verfahren folgt den o. g. Vorgaben. Demgegenüber erfüllen z. B. die Handlungsanweisungen HABAK und HABAB diese Forderungen nicht, da die Bewertungsskalen dreistufig sind und sich nicht an der Natürlichkeit, sondern an der Vorbelastung der Gewässersohle orientieren.

Tabelle 4-33: Wertstufen für die Schadstoffgehalte (bezogen auf die Fraktion < 20 µm)

Schadstoff	Einheit	Nat. HG	ZV	2 x ZV	4 x ZV	>4 x ZV
Arsen	[mg/kg]	10	20	40	80	> 80
Cadmium	[mg/kg]	0,3	1,2	2,4	4,8	> 4,8
Chrom	[mg/kg]	80	100	200	400	> 400
Kupfer	[mg/kg]	20	60	120	240	> 240
Quecksilber	[mg/kg]	0,2	0,8	1,6	3,2	> 3,2
Nickel	[mg/kg]	30	50	100	200	> 200
Blei	[mg/kg]	25	100	200	400	> 400
Zink	[mg/kg]	100	200	400	800	> 800
Schadstoff	Einheit	Nat. HG	RW1	RW2	3 x RW3 (gerundet)	>3xRW2
PCB 28	[µg/kg]	0	2	6	20	>20
PCB 52	[µg/kg]	0	1	3	10	>10
PCB 101	[µg/kg]	0	2	6	20	>20
PCB 118	[µg/kg]	0	3	10	30	>30
PCB 138	[µg/kg]	0	4	12	40	>40
PCB 153	[µg/kg]	0	5	15	45	>45
PCB 180	[µg/kg]	0	2	6	20	>20
∑ 7 PCB	[µg/kg]	0	20	60	200	>200
α-HCH	[µg/kg]	0	0,4	1	3	>3
γ-HCH	[µg/kg]	0	0,2	0,6	2	>2
HCB	[µg/kg]	0	2	6	20	>20
PeCB	[µg/kg]	0	1	3	10	>10
p.p' DDT	[µg/kg]	0	1	3	10	>10
p.p' DDE	[µg/kg]	0	1	3	10	>10
p.p' DDD	[µg/kg]	0	3	10	30	>30
∑ 6 PAK	[µg/kg]	50	1000	3000	9000	>9000
∑ 16 PAK	[µg/kg]	100	2000	6000	18000	>18000
KW	[mg/kg]	50	300	1000	3000	>3000
TBT	[µg/kg]	0	20	60	200	>200
Wertstufen		5	4	3	2	1

nat. HG: Natürlicher Hintergrund (geogener Gehalt)

ZV: Zielvorgabe nach LAWA [1997, 1998]

RW: Richtwert nach HABAK

Der Einstufung in die Wertstufen liegen normierte, d. h. auf die Fraktion $< 20 \mu\text{m}$ berechnete, "spezifische" Schadstoffgehalte zugrunde, da die Schadstoffe im Wesentlichen in dieser Fraktion angereichert sind. Hierdurch wird auch die Vergleichbarkeit von Sedimenten verschiedener Korngrößenzusammensetzung gewährleistet.

Die Grenzwerte der Wertstufen bezüglich der anorganischen Schadstoffe basieren auf den Zielvorgaben der LAWA [1997, 1998], wobei der Zielwert ZV (= Wertstufe 4) den Zielvorgaben der LAWA entspricht und die ökologische Unbedenklichkeit angibt. Die Wertstufe 5 entspricht dem natürlichen Hintergrundwert. Die weiteren Stufen ergeben sich aus der Multiplikation der Gehalte bei der Zielvorgabe.

Die Grenzwerte der Wertstufen bezüglich der organischen Schadstoffe entsprechen den Richtwerten RW1 und RW2 der HABAK. Hinsichtlich TBT entspricht die Wertstufe 4 dem RW1 des TBT-Konzepts [BMVBW 2001], der ökotoxikologisch ausgerichtet ist. Die übrigen Stufen folgen dem RW2, der den ab 2010 gültigen Richtwert darstellt.

4.3.2 Anorganische Schadstoffe

Die Analytik auf anorganische Schadstoffe erfolgte bei dem überwiegenden Teil der zugrundeliegenden Daten in der Gesamtprobe (Messung in der Fraktion $< 2 \text{ mm}$). Da die Bewertung der Sedimente auf der spezifischen Belastung der Feinkornfraktion $< 20 \mu\text{m}$ basieren, wurden die Messwerte vorab auf den Feinkornanteil normiert. Dabei können lediglich für solche Proben verlässliche Werte ermittelt werden, die mindestens 10 % Gewichtsanteil in der Fraktion $< 20 \mu\text{m}$ aufweisen. Proben mit einem Feinkornanteil $< 10 \%$ waren daher von der Bewertung auszuschließen.

In den folgenden Tabellen (Tabelle 4-34 - Tabelle 4-40) werden die Sedimente anhand ihrer anorganischen Schadstoffgehalte getrennt für jeden Abschnitt und die Gruppen 'umgelagerte Sedimente' und 'festliegende Sedimente' eingestuft. Die Bewertung erfolgt gemäß der in Tabelle 4-33 aufgeführten Wertstufen.

Wie in Tabelle 4-34 dargestellt, wird für den am geringsten belasteten Abschnitt "Außenelbe" die Wertstufe 3 ausgewiesen. Die Einordnung der stromauf gelegenen Abschnitte "Cuxhaven" und "Brunsbüttel" erfolgte ebenfalls in die Wertstufe 3. Der folgende, insgesamt etwas höher belastete Abschnitt "Glückstadt" wird in die Wertstufe 2 eingeordnet. Die Gesamteinstufung in die schlechtere Wertstufe 2 beruht auf höheren Zink-, Cadmium- und Quecksilbergehalten im Sediment. Auch im Abschnitt "Wedel" erfolgt die Einstufung in die Bewertungsklasse 2 aufgrund der hohen Elementgehalte bei den gleichen Schwermetallen.

Die am höchsten belasteten Abschnitte "Hamburg" und "Vierlande" werden in die schlechteste Wertstufe 1 eingestuft. Der Grund hierfür ist vor allem in den hohen Gehalten an Zink und Cadmium (Abschnitt "Hamburg") sowie an Zink, Cadmium und Quecksilber (Abschnitt "Vierlande") zu sehen.

Für das Gesamtgebiet lässt sich damit feststellen, dass hinsichtlich der anorganischen Schadstoffe die Parameter Arsen (nur äußere Abschnitte), Cadmium, Quecksilber und Zink maßgeblich für die Bewertung der Sedimente sind. Die übrigen Schwermetalle sind in keinem Gebiet für die Einstufung relevant.

Tabelle 4-34: Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Außenelbe

Außenelbe					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Wertstufe	Median	Wertstufe
Arsen	[mg/kg]	-	-	24	3
Cadmium	[mg/kg]	-	-	0,8	4
Chrom	[mg/kg]	-	-	54	5
Kupfer	[mg/kg]	-	-	99	3
Quecksilber	[mg/kg]	-	-	0,7	4
Nickel	[mg/kg]	-	-	29	5
Blei	[mg/kg]	-	-	51	4
Zink	[mg/kg]	-	-	357	3
Gesamt		-		3	
		3			

Tabelle 4-35: Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Cuxhaven

Cuxhaven					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Wertstufe	Median	Wertstufe
Arsen	[mg/kg]	26	3	27	3
Cadmium	[mg/kg]	1,2	3	1,0	4
Chrom	[mg/kg]	86	4	82	4
Kupfer	[mg/kg]	40	4	56	4
Quecksilber	[mg/kg]	0,6	4	1,0	3
Nickel	[mg/kg]	46	4	49	4
Blei	[mg/kg]	71	4	59	4
Zink	[mg/kg]	215	3	351	3
Gesamt		3		3	
		3			

Tabelle 4-36: Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Brunsbüttel

Brunsbüttel					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Wertstufe	Median	Wertstufe
Arsen	[mg/kg]	31	3	34	3
Cadmium	[mg/kg]	1,2	3	1,0	4
Chrom	[mg/kg]	82	4	92	4
Kupfer	[mg/kg]	44	4	45	4
Quecksilber	[mg/kg]	1,2	3	1,0	3
Nickel	[mg/kg]	44	4	53	3
Blei	[mg/kg]	82	4	64	4
Zink	[mg/kg]	354	3	389	3
Gesamt		3		3	
		3			

Tabelle 4-37: Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Glückstadt

Glückstadt					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Wertstufe	Median	Wertstufe
Arsen	[mg/kg]	29	3	32	3
Cadmium	[mg/kg]	2,6	2	2,0	3
Chrom	[mg/kg]	73	5	95	4
Kupfer	[mg/kg]	56	4	59	4
Quecksilber	[mg/kg]	1,0	3	1,7	2
Nickel	[mg/kg]	44	4	55	3
Blei	[mg/kg]	80	4	87	4
Zink	[mg/kg]	350	3	514	2
Gesamt		2		2	
		2			

Tabelle 4-38: Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Wedel

Wedel					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Wertstufe	Median	Wertstufe
Arsen	[mg/kg]	31	3	38	3
Cadmium	[mg/kg]	3,2	2	2,5	2
Chrom	[mg/kg]	90	4	100	3
Kupfer	[mg/kg]	72	3	79	3
Quecksilber	[mg/kg]	1,7	2	1,8	2
Nickel	[mg/kg]	43	4	57	3
Blei	[mg/kg]	87	4	85	4
Zink	[mg/kg]	515	2	620	2
Gesamt		2		2	
		2			

Tabelle 4-39: Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Hamburg

Hamburg					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Wertstufe	Median	Wertstufe
Arsen	[mg/kg]	35	3	52	2
Cadmium	[mg/kg]	4,1	2	8,1	1
Chrom	[mg/kg]	85	4	132	3
Kupfer	[mg/kg]	95	3	182	2
Quecksilber	[mg/kg]	2,0	2	3,1	2
Nickel	[mg/kg]	45	4	75	3
Blei	[mg/kg]	91	4	140	3
Zink	[mg/kg]	732	2	1520	1
Gesamt		2		1	
		1			

Tabelle 4-40: Einordnung der anorganischen Schadstoffgehalte in die Bewertungsklassen: Abschnitt Vierlande

Vierlande					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Wertstufe	Median	Wertstufe
Arsen	[mg/kg]	31	3	54	2
Cadmium	[mg/kg]	7,4	1	8,9	1
Chrom	[mg/kg]	88	4	122	3
Kupfer	[mg/kg]	106	3	177	2
Quecksilber	[mg/kg]	2,6	2	3,7	1
Nickel	[mg/kg]	43	4	75	3
Blei	[mg/kg]	95	4	138	3
Zink	[mg/kg]	1010	1	1757	1
Gesamt			1		1
			1		

4.3.3 Organische Schadstoffe

Die Analytik auf organische Schadstoffe erfolgte bei dem überwiegenden Teil der zugrundeliegenden Daten ebenfalls in der Gesamtprobe (Messung in der Fraktion < 2 mm). Da wie bei den Spurenmetallen die Bewertung auf der spezifischen Belastung in der Kornfraktion < 20µm beruht, wurden die Messwerte vorab auf den Feinkornanteil normiert. Dabei können lediglich für solche Proben verlässliche Werte ermittelt werden, die mindestens 10 % Feinkorn in der Fraktion <20 µm aufweisen. Proben mit einem Feinkornanteil <10 % waren daher von der Bewertung auszuschließen.

Bei der Erstellung des vorliegenden Gutachtens lagen nicht für jeden Abschnitt zu allen 16 bewertungsrelevanten Schadstoffen Daten in ausreichendem Umfang vor. Für folgende Schadstoffe lagen keine Analysen vor:

- Abschnitt "Außenelbe", Typ "U": keine Analysen;
- Abschnitt "Außenelbe", Typ "F": PCB 118, Summe 7 PCB, Kohlenwasserstoffe.
- Abschnitt "Cuxhaven", Typ "U": Kohlenwasserstoffe und Pentachlorbenzol;
- Abschnitt "Wedel", Typ "U": Kohlenwasserstoffe;
- Abschnitt "Hamburg", Typ "F": pp-DDE;
- Abschnitt "Vier- und Marschlande", Typ "U": Kohlenwasserstoffe;

In Tabelle 4-33 sind die Wertstufen für die Gehalte von 19 organischen Schadstoffparametern aufgeführt [BFG 2001]. Die höchste Wertstufe 5 ist als natürlicher Hintergrundgehalt definiert, der nicht durch anthropogene Verunreinigungen erhöht ist. Hinsichtlich der organischen Schadstoffe ist der Hintergrundwert aufgrund ihres Nicht-Vorhandenseins in der Natur i. d. R.⁴ mit "Null" angegeben. Diese Wertstufe kann

⁴ Einige Stoffgruppen (KW und PAK) kommen allerdings in geringen Gehalten auch natürlicherweise vor bzw. existieren ähnliche organische Verbindungen natürlicher Herkunft.

daher nur erreicht werden, wenn die Messwerte unterhalb der analytischen Nachweisgrenze liegen.

In den folgenden Tabellen (Tabelle 4-41-Tabelle 4-47) werden die Sedimente anhand ihrer anorganischen Schadstoffgehalte getrennt für jeden Abschnitt und die Gruppen "umgelagerte Sedimente" und "festliegende Sedimente" eingestuft.

Die Bewertung des **Abschnitts "Außenelbe"** wird mit Wertstufe 4 vorgenommen, d.h., dass alle geprüften Parameter oberhalb der analytischen Nachweisgrenze aber noch unterhalb des RW1 liegen. Damit sind die Sedimente des Abschnitts "Außenelbe" erwartungsgemäß am geringsten belastet. Die Gesamtbewertung für Abschnitt "Außenelbe" kann nur für liegende Sedimente erfolgen, da keine Proben für bewegte Sedimente vorliegen. Bei der Gesamtbeurteilung sind die Schadstoffe α -HCH und γ -HCH nicht berücksichtigt worden. Für diese Schadstoffe liegen im Abschnitt "Außenelbe" für sämtliche Proben nur Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze vor. Die verwendete Berechnungsmethodik (Verwendung der halben NG, wenn Messwert kleiner NG; anschließende Normierung auf Fraktion < 20 μ m Fraktion) führt bei den genannten Schadstoffen im Abschnitt "Außenelbe" zu einer Einordnung in die Wertstufen 2 (γ -HCH) bzw. 3 (α -HCH).

Die Bewertung für organische Schadstoffe erfolgt für die liegenden Sedimente in **Abschnitt "Cuxhaven"** mit der zweitschlechtesten Wertstufe "2", für die umgelagerten Sedimente mit der Wertstufe "3". Für die bewegten Sedimente resultiert die Einstufung aus den Parametern PAK, HCB, γ -HCH, PCB 52, für die liegenden Sedimente aus den Parametern γ -HCH und p.p' DDD.

Liegende und bewegte Sedimente des **Abschnitts "Brunsbüttel"** werden in die Klasse "2" eingestuft. Folgende Schadstoffe bestimmen die Einstufung: Typ liegende Sedimente: p.p' – DDD; Typ bewegte Sedimente: TBT, HCB, p.p' DDE, p.p' DDD.

Festliegende und umgelagerte Sedimente werden im **Abschnitt "Glückstadt"** in die Klasse "2" eingestuft. Bei beiden Sedimenttypen bestimmen verschiedene Schadstoffe die Einstufung (Typ liegende Sedimente: TBT, HCB, Penta-CB, p.p' DDT, p.p' DDE,; Typ bewegte Sedimente: HCB, p.p' DDE, p.p' DDD, TBT). Damit entspricht das Belastungsniveau der bewegten Sedimente dem unterhalb folgenden Abschnitt Brunsbüttel, die festliegenden Sedimente werden für einige organische Schadstoffe deutlich schlechter eingestuft.

Der **Abschnitt "Wedel"** wird bereits in die schlechteste Kategorie 1 eingestuft. Maßgeblich für diese Einstufung ist die hohe Belastung der umgelagerten Sedimente mit TBT. Für die in den Seitenräumen lagernden Sedimente wird die Belastungsstufe 2 ermittelt.

Die Einstufung in die schlechteste Kategorie erfolgt ebenfalls im Abschnitt "Hamburg", basierend auf hohen Gehalten an Hexachlorbenzol, an den Parametern der DDT-Gruppe und an TBT.

Die Einstufung in die schlechteste Wertstufe 1 erfolgt im **Abschnitt "Vierlande"** aufgrund der hohen Gehalte an Hexachlorbenzol, α -HCH und an den Pestiziden der DDT-Gruppe. Für die Mehrheit der Schadstoffparameter wird als Folge der vor allem

aus dem Bereich der Mittelelbe stammenden Schadstoffeinträge der Abschnitt "Vierlande" schlechter eingestuft als der Abschnitt "Hamburg". Dies gilt nicht für das hafentypische TBT.

Wie in obigen Tabellen dargestellt, wird für den am geringsten belasteten Abschnitt "Außenelbe" die Wertstufe 4 ausgewiesen. Die stromauf gelegenen Abschnitte Cuxhaven, Brunsbüttel und Glückstadt zeigen jeweils Einstufungen in die Schadstoffklasse 2. Der folgende Abschnitt Wedel wird bereits in die Wertstufe 1 eingeordnet. Die Gesamteinstufung in die schlechteste Wertstufe 1 im Abschnitt beruht auf hohen TBT-Gehalten im umgelagerten Sediment. Die am höchsten belasteten Abschnitte Hamburg und Vierlande werden ebenfalls in die schlechteste Wertstufe 1 eingestuft.

Tabelle 4-41: Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Außenelbe"

		Außenelbe			
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Einstufung	Median	Einstufung
PCB 28	[µg/kg]	-	-	0,8	4
PCB 52	[µg/kg]	-	-	0,7	(4)*
PCB 101	[µg/kg]	-	-	1,3	4
PCB 118	[µg/kg]	-	-	-	-
PCB 138	[µg/kg]	-	-	2,3	4
PCB 153	[µg/kg]	-	-	2,6	4
PCB 180	[µg/kg]	-	-	1,3	4
Summe 7 PCB	[µg/kg]	-	-	-	-
α-HCH	[µg/kg]	-	-	0,7	(3)
γ-HCH	[µg/kg]	-	-	0,7	(2)
Hexachlorbenzol	[µg/kg]	-	-	0,7	(4)
Pentachlorbenzol	[µg/kg]	-	-	0,7	(4)
p.p' DDT	[µg/kg]	-	-	0,7	(4)
p.p' DDE	[µg/kg]	-	-	0,7	(4)
p.p' DDD	[µg/kg]	-	-	0,7	(4)
Summe 6 PAK	[µg/kg]	-	-	595	4
Summe 16 PAK	[µg/kg]	-	-	1200	4
KW	[mg/kg]	-	-	-	-
TBT	[µg/kg]	-	-	17	4
Gesamt					4
				4	

* in Klammern gesetzte Einstufungen ergeben sich rein rechnerisch aus der Berücksichtigung der halben Nachweisgrenze und anschließender Normierung

Tabelle 4-42: Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Cuxhaven"

Cuxhaven					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Einstufung	Median	Einstufung
PCB 28	[µg/kg]	0,9	4	3,3	3
PCB 52	[µg/kg]	1,3	3	1,6	3
PCB 101	[µg/kg]	1,2	4	2,3	3
PCB 118	[µg/kg]	1,2	4	0,7	4
PCB 138	[µg/kg]	2,8	4	3,5	4
PCB 153	[µg/kg]	3,7	4	5,3	3
PCB 180	[µg/kg]	1,9	4	1,2	4
Summe 7 PCB	[µg/kg]	14,4	4	23,7	3
α-HCH	[µg/kg]	0,3	4	0,2	4
γ-HCH	[µg/kg]	0,3	3	1,4	2
Hexachlorbenzol	[µg/kg]	3,3	3	3,4	3
Pentachlorbenzol	[µg/kg]	-	-	1,0	4
p.p' DDT	[µg/kg]	0,9	4	0,4	4
p.p' DDE	[µg/kg]	0,4	4	1,6	3
p.p' DDD	[µg/kg]	2,7	4	13,2	2
Summe 6 PAK	[µg/kg]	1030	3	838	4
Summe 16 PAK	[µg/kg]	2070	3	1730	4
KW	[mg/kg]	-	-	244	4
TBT	[µg/kg]	50	3	29	3
Gesamt			3		2
			2		

Tabelle 4-43: Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Brunsbüttel"

Brunsbüttel					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Einstufung	Median	Einstufung
PCB 28	[µg/kg]	1,2	4	1,3	4
PCB 52	[µg/kg]	1,3	3	1,7	3
PCB 101	[µg/kg]	2,6	3	3,1	3
PCB 118	[µg/kg]	1,3	4	1,0	4
PCB 138	[µg/kg]	3,7	4	4,1	3
PCB 153	[µg/kg]	5,3	3	6,0	3
PCB 180	[µg/kg]	3,1	3	2,4	3
Summe 7 PCB	[µg/kg]	19,2	4	20,0	4
α-HCH	[µg/kg]	0,5	3	0,3	4
γ-HCH	[µg/kg]	0,3	3	0,5	3
Hexachlorbenzol	[µg/kg]	7,1	2	5,6	3
Pentachlorbenzol	[µg/kg]	1,7	3	1,2	3
p.p' DDT	[µg/kg]	1,6	3	1,0	4
p.p' DDE	[µg/kg]	3,0	2	2,9	3
p.p' DDD	[µg/kg]	10,5	2	13,3	2
Summe 6 PAK	[µg/kg]	960	4	1420	3
Summe 16 PAK	[µg/kg]	1680	4	3500	3
KW	[mg/kg]	296	4	190	4
TBT	[µg/kg]	110	2	51	3
Gesamt			2		2
			2		

Tabelle 4-44: Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Glückstadt"

Glückstadt					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Einstufung	Median	Einstufung
PCB 28	[µg/kg]	0,7	4	2,0	4
PCB 52	[µg/kg]	1,3	3	2,2	3
PCB 101	[µg/kg]	1,9	4	5,3	3
PCB 118	[µg/kg]	1,0	4	2,0	4
PCB 138	[µg/kg]	4,5	3	7,6	3
PCB 153	[µg/kg]	4,8	3	9,6	3
PCB 180	[µg/kg]	2,3	3	5,8	3
Summe 7 PCB	[µg/kg]	21,0	3	35,1	3
α-HCH	[µg/kg]	0,8	3	1,0	3
γ-HCH	[µg/kg]	0,4	3	0,6	3
Hexachlorbenzol	[µg/kg]	14,5	2	13,6	2
Pentachlorbenzol	[µg/kg]	1,0	3	3,0	2
p.p' DDT	[µg/kg]	0,5	4	2,8	3
p.p' DDE	[µg/kg]	4,5	2	6,2	2
p.p' DDD	[µg/kg]	11,9	2	19,8	2
Summe 6 PAK	[µg/kg]	2270	3	1430	3
Summe 16 PAK	[µg/kg]	4570	3	3620	3
KW	[mg/kg]	232	4	568	3
TBT	[µg/kg]	95	2	154	2
Gesamt			2		2
			2		

Tabelle 4-45: Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Wedel"

Wedel					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Einstufung	Median	Einstufung
PCB 28	[µg/kg]	1,5	4	1,6	4
PCB 52	[µg/kg]	1,8	3	1,6	3
PCB 101	[µg/kg]	4,3	3	2,8	3
PCB 118	[µg/kg]	1,5	4	1,3	4
PCB 138	[µg/kg]	10,5	3	5,9	3
PCB 153	[µg/kg]	12,0	2	8,1	3
PCB 180	[µg/kg]	6,8	2	4,6	3
Summe 7 PCB	[µg/kg]	38,8	3	29,5	3
α-HCH	[µg/kg]	1,3	2	1,4	2
γ-HCH	[µg/kg]	0,9	2	1,2	2
Hexachlorbenzol	[µg/kg]	19,3	2	10,6	2
Pentachlorbenzol	[µg/kg]	3,2	2	1,6	3
p.p' DDT	[µg/kg]	2,8	3	1,9	3
p.p' DDE	[µg/kg]	6,5	2	6,4	2
p.p' DDD	[µg/kg]	9,2	3	2,8	4
Summe 6 PAK	[µg/kg]	1830	3	1660	3
Summe 16 PAK	[µg/kg]	3930	3	3240	3
KW	[mg/kg]	424	3	348	3
TBT	[µg/kg]	274	1	152	2
Gesamt			1		2
			1		

Tabelle 4-46: Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Hamburg"

Hamburg					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Einstufung	Median	Einstufung
PCB 28	[µg/kg]	1,5	4	1,5	4
PCB 52	[µg/kg]	3,4	2	1,5	3
PCB 101	[µg/kg]	5,5	3	3,7	3
PCB 118	[µg/kg]	2,4	4	1,9	4
PCB 138	[µg/kg]	13,6	2	11,0	3
PCB 153	[µg/kg]	16,7	2	16,4	2
PCB 180	[µg/kg]	8,5	2	6,8	2
Summe 7 PCB	[µg/kg]	55,5	3	40,3	3
α-HCH	[µg/kg]	1,5	2	1,5	2
γ-HCH	[µg/kg]	0,8	2	1,3	2
Hexachlorbenzol	[µg/kg]	29,6	1	22,5	1
Pentachlorbenzol	[µg/kg]	3,2	2	2,5	3
p.p' DDT	[µg/kg]	13,9	1	14,4	1
p.p' DDE	[µg/kg]	11,1	1	14,7	1
p.p' DDD	[µg/kg]	15,8	2	6,6	3
Summe 6 PAK	[µg/kg]	2560	3	2620	3
Summe 16 PAK	[µg/kg]	5020	3	5430	3
KW	[mg/kg]	501	3	487	3
TBT	[µg/kg]	245	1	240	1
Gesamt			1		1
			1		

Tabelle 4-47: Bewertung der organischen Schadstoffgehalte im Abschnitt "Vier- und Marschlande"

Vier- und Marschlande					
Schadstoff	Einheit	Umgelagerte Sedimente		Festliegende Sedimente	
		Median	Einstufung	Median	Einstufung
PCB 28	[µg/kg]	2,2	3	2,3	3
PCB 52	[µg/kg]	6,2	2	3,7	2
PCB 101	[µg/kg]	9,0	2	4,9	3
PCB 118	[µg/kg]	3,4	3	3,0	3
PCB 138	[µg/kg]	17,0	2	12,6	2
PCB 153	[µg/kg]	21,3	2	15,8	2
PCB 180	[µg/kg]	14,1	2	8,7	2
Summe 7 PCB	[µg/kg]	75,6	2	48,2	3
α-HCH	[µg/kg]	5,7	1	3,0	2
γ-HCH	[µg/kg]	1,4	2	1,2	2
Hexachlorbenzol	[µg/kg]	130,9	1	45,2	1
Pentachlorbenzol	[µg/kg]	6,9	2	3,2	2
p.p' DDT	[µg/kg]	66,1	1	30,0	1
p.p' DDE	[µg/kg]	20,5	1	24,9	1
p.p' DDD	[µg/kg]	58,3	1	28,4	2
Summe 6 PAK	[µg/kg]	4420	2	4310	2
Summe 16 PAK	[µg/kg]	8370	2	8610	2
KW	[mg/kg]	1094	2	597	3
TBT	[µg/kg]	138	2	32	3
Gesamt			1		1
			1		

4.3.4 Zusammenfassung

In Tabelle 4-48 sind die Wertstufen für die Spurenelemente und organischen Spurenstoffe abschnittsweise zusammengestellt worden. Da beide Bewertungsverfahren auf spezifischen Belastungen in der Feinkornfraktion beruhen, führt eine Berücksichtigung unterschiedlicher Gewässerbereiche (z. B. Fahrrinne, Watt) trotz der substantiellen Unterschiede in den Gesamtbelastungen zu keiner unterschiedlichen Bewertung.

Der Gesamtwert für den Faktor "Schadstoffbelastung", der sich aus der jeweiligen geringwertigsten Einstufung ergibt, wurde im Untersuchungsabschnitt "Außenelbe" durch die Spurenelementbelastung gebildet, in den Abschnitte "Cuxhaven" und "Brunsbüttel" durch die organischen und in den Abschnitten "Glückstadt" bis "Vierlande" gleichermaßen durch die Gehalte organischer und anorganischer Schadstoffe.

Die Gewässersedimente der Tideelbe sind als Folge der Schadstoffeinleitung, die innerhalb des Untersuchungsgebietes, aber auch wesentlich im elbseitigen Oberstrom des Gebietes stattgefunden haben, im Ist-Zustand immer noch erheblich belastet. Die Belastung betrifft ein breites Spektrum an anorganischen als auch organischen Spurenstoffen. Die starken, hydrodynamisch bedingten und sowohl stromab- als auch stromauf erfolgenden Schwebstoff- und Sedimentumlagerungen innerhalb der Tideelbe bedingen eine insgesamt relativ hohe Angleichung der Sedimentgüte auf großen Flächen. Die Sedimentgüte nimmt daher insgesamt von dem Abschnitt "Vierlande" ausgehend in Richtung Nordsee sukzessive zu, allerdings werden auch im Untersuchungsabschnitt "Außenelbe" die Zielwerte (Wertstufe 4) bei einigen Schadstoffen nicht erreicht.

Das Gesamtergebnis deckt sich mit den Einschätzungen der URE [BFG 2004a].

Tabelle 4-48: Zusammenfassung der Bewertung des Faktors "Schadstoffbelastung der Gewässersedimente"

Wertstufen	Untersuchungsabschnitt						
	Außenelbe	Cuxhaven	Brunsbüttel	Glückstadt	Wedel	Hamburg	Vier u. Marschlande
Schwermetalle	3	3	3	2	1	1	1
organische Schadstoffe	4	3	2	2	1	1	1
Gesamt	3	3	2	2	1	1	1

4.4 Beschreibung der Sedimentverteilung

Im folgenden Abschnitt erfolgt die Beschreibung der Verteilung von Sedimenten im Gewässerbett der Elbe. Hierzu erfolgt einleitend ein Abriß des geologischen Aufbaus der Unterelbeniederung. Anschließend werden die Abtrags- und Verbringungsflächen unter Berücksichtigung der enthaltenen Anteile von natürlichen und anthropogen belasteten Sedimenten dargestellt. Hinsichtlich der Charakterisierung des Baggerguts werden die vorliegenden und ausgewerteten Datengrundlagen gewürdigt wie auch

das verwendete Auswertungsverfahren begründet. Eine Bewertung der spezifischen Belastung des anfallenden Baggergutes und der Verbringungsflächen erfolgt im Rahmen der Prognose in Abschnitt 6.

4.4.1 Geologischer Aufbau der Unterelbeniederung

Die Unterelbeniederung reicht von Geesthacht bis zur Deutschen Bucht und erreicht zwischen den südlich und nördlich verlaufenden Geesträndern eine maximale Ausdehnung von 30 km. Die geringste Breite weist die Niederung mit etwa 6 km im Bereich Wedel - Neugraben auf. Im Elbetal treten oberflächlich holozäne Substrate auf, die pleistozänen Sedimenten aufliegen. Typischerweise handelt es sich bei den holozänen Sedimenten um marine, brackische und fluviatile Sedimente, die überwiegend in Höhe der früheren mittleren Hochwasserlinie (semisubhydrisch) oder auch (im Bereich der jüngeren Sedimente zwischen NN und etwa +1,5 m NN) oberhalb der früheren MThw-Linie (semiterrestrisch) abgelagert wurden. Die genannten Ablagerungen stehen überwiegend in einem Niveau zwischen – 10 m und + 1,5 NN an, können aber lokal auch Mächtigkeiten von 20 m und mehr erreichen. Je nach örtlichen Gegebenheiten handelt es sich vorwiegend um bindige, feinkörnige Tone, Schluffe und Sandschluffe ("Klei", v. a. im oberen Bereich) oder um fluviatile schluffige Feinsande bis Mittelsande (v.a. im unteren Bereich) eines marin-brackischen bis fluviatilen Sedimentationsraums. Während der Klei in den semiterrestrischen Seitenbereichen im oberen Meter vollständig konsolidiert und pedogenetisch überprägt ist, weist er in Tiefen > 1,5 bis 2 m eine weichplastische Konsistenz auf und ähnelt somit noch den in rezenten Watten auftretenden Substraten (Schlicker und Sanden). Vor allem in Geesträndernähe können auch Einschaltungen von Torfen auftreten.

Die holozänen Substrate werden von pleistozänen Sedimenten unterlagert. Dabei handelt es sich in der Regel um weichselzeitliche glazifluviatile Sande verschiedener Korngrößen, die auch größere Anteile Kies enthalten können. Die pleistozänen Sande erreichen Mächtigkeiten von mehreren 10 m. Sie werden von älteren, tiefliegenden pleistozänen (saalezeitlichen) Geschiebelehmen und Mergeln unterlagert.

Im Bereich der Gewässersohle bzw. der Fahrrinne stellt sich aufgrund der natürlichen Eintiefung des Stroms sowie zusätzlicher lokaler anthropogener Vertiefungen folgende Situation dar: Je nach Tiefenlage der Sohle treten Kleie in geringerer Schichtmächtigkeit auf oder fehlen vollständig (v. a. im Bereich der Fahrrinne). In letzterem Fall treten im Bereich der Sohle glazifluviatile Sande oder auch holozäne fluviatile bzw. marin-brackische Sande auf. Örtlich stehen an hohen Positionen (oberhalb – 15 m NN) auch Geschiebelehme und -mergel an und bilden hier die Fahrrinnesohle (Bspw. Steinriff und Bereich Wedel).

Die eigentliche Gewässersohle wird ganz überwiegend von rezenten fluviatilen Sedimenten eingenommen. Dabei handelt es sich überwiegend um feinkörnige, flüssigbreiige bis weichplastische "Schlicker" oder schlickige Feinsande bis reine Feinsande (Im Außenelbegebiet auch Mittel- und Grobsande). Diese Sedimente sind gegenüber den bisher beschriebenen natürlichen Substraten mit Schadstoffen angereichert.

4.4.2 Verteilung von natürlichen und anthropogen belasteten Sedimenten im Gewässerbett

Die folgenden Ausführungen basieren auf einer Auswertung des durch die BAW zusammengestellten Bohrkatasters [BAW 1999]. Die Bohrdaten decken den Bereich der Bundestrecke bis Cuxhaven ab, ermöglichen aber trotz eines Umfangs von $n = \text{ca. } 240$ keine flächenhafte, repräsentative Beschreibung der im Gewässerbett vorliegenden Substrate. Sie erlauben jedoch größenordnungsmäßig die Interpolation von ungefähren Schichtmächtigkeiten sandiger Substrate an der Gewässesohle. Die Bohrungen sind überwiegend in strommittigen Bereichen lokalisiert, so dass nur vage Aussagen zu den flacheren und ufernahen Flächen ableitbar sind.

Im Bereich des Gewässerbetts sind anthropogen belastete Sedimente ("rezente Sedimente") in unterschiedlicher Weise verteilt. Stets handelt sich bei diesen Sedimenten um Mischungen aus ursprünglich unbelasteten natürlichen Sedimenten und belasteten Schwebstoffen. Die Mischungsverhältnisse werden unterhalb des Hamburger Hafens in Richtung des Ästuars zunehmend von der Zumischung mariner, durch "tidal pumping" in den Fluß eingetragener Sedimente bestimmt, die spezifische Schadstoffbelastung der Sedimente nimmt entsprechend in Richtung der Deutschen Bucht ab. Oberhalb Hamburgs wird die Belastung von den Einträgen in Mittel- und Oberlauf der Elbe bestimmt.

Hamburger Hafen

Der Hafen Hamburg selbst ist als eine zusätzliche Quelle für viele, z. T. spezifischer Stoffe (z. B. Kohlenwasserstoffe, TBT) anzusehen. Gleichzeitig stellt der Hafen aufgrund des künstlich vergrößerten Fließquerschnitts eine Senke für die belasteten Sedimente dar, die hier in weniger stark durchströmten Bereichen sedimentieren. Schwerpunktmäßig findet die Sedimentation belasteter Sedimente im Bereich der Hafeneinfahrten statt, so dass hier mehrfach im Jahr Unterhaltsbaggerungen nötig sind. In den Hafenbecken selbst kommt es zum Eintrieb sehr feiner und entsprechend in absoluten Gehalten stark belasteter Sedimente. Die sich hier absetzenden Mengen sind jedoch meist deutlich geringer. Zusätzliche Emissionen resultieren hier aus dem Schiffsverkehr und Hafenebetrieb, so dass davon auszugehen ist, dass auch bei laufender Unterhaltung der Hafenbecken immer auch belastetes Sediment in einer Mächtigkeit im Dezimeterbereich an der Beckensohle anzutreffen ist.

Fahrrinne im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke

Die Fahrrinne ist im Zuge mehrfacher Vertiefungen bis in Bereiche tiefliegender, pleistozäner Substrate vertieft worden. Im Hamburger und Wedeler Bereich besteht die Sohle zu einem großen Anteil aus saalezeitlichem Geschiebelehm und -mergel und in untergeordnetem Maße örtlich aus glazifluviatilen Sanden. Auf der Sohle befindet sich eine Lage aus überwiegend mobilen, teilsuspendierten Fein- und Mittelsanden ("active layer"), die durch die Tideströmung bewegt und in Suspension gehalten werden. Aufgrund der beständigen Einmischung von Schwebstoffen und verunreinigten Sedimenten aus dem oberstromigen Bereich handelt es sich hier teilweise um ein

anthropogen belastetes Sediment, das im Bereich der Delegationsstrecke mittlere Mächtigkeiten von 3 – 5 dm erreichen, örtlich in sehr strömungsintensiven Abschnitten aber auch vollständig fehlen kann. Im Bereich der Fahrrinnenböschungen ist die Mächtigkeit der rezenten Sedimente allgemein geringer. Auch in Böschungsbereichen ist es wahrscheinlich, dass diese über stärker strömungsexponiert anstehenden festen Substraten weitgehend fehlen. Abschätzungen zu den Verhältnissen sind jedoch aus den zur Verfügung stehenden Bohrunterlagen nur schwer möglich, da es sich hier einerseits um nur schmale, linienhafte Strukturen handelt und die vorhandenen Bohrungen andererseits bis zu 30 Jahre alt sind und entsprechend keinen Bezug zur aktuellen Morphologie im Bereich der Fahrrinne haben.

Fahrrinne im Bereich der Bundesstrecke

In der stromabwärtigen Fahrrinne ist davon auszugehen, dass rezente Sedimente praktisch die gesamte Fahrrinnensohle bedecken. Die Verteilung ist jedoch heterogen und abhängig von der Art der im Untergrund anstehenden natürlichen Sedimente. Soweit es sich um steife und feste Substrate wie Klei handelt, sind Verhältnisse zu erwarten, die dem Hamburger Bereich ähnlich sind. Dies bedeutet, dass auch hier grundsätzlich teilsuspendierte, allgemein sandig ausgeprägte rezente Sedimente mit mittleren Mächtigkeiten von 3 – 5 dm flächendeckend auftreten. Als zusätzliche morphologische Strukturen sind in der Fahrrinne auftretende sog. "Riesentrüffel" anzutreffen. Dabei handelt es sich um quer zur der Fahrrinne orientierte dünenartige Sandbarren, die Höhen von mehreren Metern und Breiten von bis zu mehreren hundert Metern erreichen können. Diese bestehen im Gegensatz zu den in Suspension befindlichen sohnnahen Sedimenten aus durch ihr Eigengewicht weitgehend konsolidierten Sanden und werden beständig durch Erosion und Anlagerung von herangetriebenen Sedimenten umgeformt. Die Riesentrüffel sind entsprechend als morphologisch hochdynamische Strukturen ("Transportkörper") anzusehen und können sich in Dimensionen von 10er Metern in wenigen Wochen bewegen. Entsprechend bestehen diese wie die teilsuspendierten rezenten Sande ebenfalls aus belastetem Material, das die aktuelle Schwebstoffbelastung der Elbe repräsentiert.

In Fahrrinnenabschnitten, in denen rolliges Material ansteht, kann es zu Ausbildung von so genannten "Übertiefen" kommen. Von diesen strömungsbedingten Ausspülungen (Auskolkungen) sind überwiegend anstehende natürliche Substrate wie holozäne oder pleistozäne Sande betroffen. Diese Bereiche erreichen je nach Lage Tiefen unter Fahrrinnensohlniveau von bis zu 10 Metern und mehr. Sie liegen daher üblicherweise außerhalb der von Baggerungen betroffenen Bereiche. Da die Übertiefen von überwiegend starken Strömungen ausgeformt werden, können sie als besonders umlageungsintensive Beiche angesehen werden, in denen Mischungen aus rezenten, belasteten und natürlichen Substraten vorherrschen.

In den Böschungsbereichen der Fahrrinne stehen verschiedene Substrate an, die je nach Konsistenz unterschiedliche morphologische Strukturen ausbilden, die wiederum die Verbreitung von rezenten Sedimenten an den Böschungen steuern. Relativ erosionsbeständige Substrate wie Klei oder Torf bilden in strömungsexponierten Bereichen relativ stabile und entsprechend steile Böschungsneigungen aus. Rezente Sande weisen in diesen Bereichen, insbesondere in Prallhanglage vermutlich nur geringe

Schichtmächtigkeiten auf oder fehlen. In Gleithanlage sind dagegen größere Mächtigkeiten anzunehmen, die auch 3 – 5 dm erreichen können.

Böschungen aus sandigen Substraten werden in stärkerem Maß durch Rutschungen betroffen und bilden flachere Neigungen aus. Hinsichtlich der Verbreitung von rezenten Sedimenten in diesen Bereichen dürften jedoch ähnliche Verhältnisse anzunehmen sein wie bei erosionsbeständigen Substraten.

Seitenräume im Bereich der Bundesstrecke

Als Seitenraum wird der Teil der Gewässersohle definiert, der zwischen der Oberkante der Fahrrinnenböschung und der Uferlinie liegt. Er umfasst damit die Watt-, Flach- und Tiefwasserzone des Gewässerbetts.

Im Gegensatz zur Fahrrinne werden die Seitenräume in starkem Maß durch Sedimentation betroffen. Bei den sich abgelagerten Sedimenten handelt es sich zum Teil um seit den 30er Jahren des 20. Jahrhunderts sedimentierte, relativ stark belastete Sedimente ("alte" rezente Sedimente) und zum Teil um rezente, aufgrund der rückläufigen Schwebstoffbelastung aktuell geringer belastete Sedimente. Diese Sedimente stellen vielfach eine Mischung aus älteren und jüngeren rezenten Sedimenten dar, die sich durch eine tendenziell höhere Belastung von den aktuell abgelagerten Sedimenten unterscheiden. Unter besonderen Umständen können auch mächtigere ältere Sedimentlagen mit deutlich höheren Belastungen [ACKERMANN & STAMMERJOHANN 1996] auftreten, wie dies im Mühlenberger Loch der Fall ist. Üblicherweise liegen derartige Bereiche jedoch im Bereich der Ufer und Wattzone und damit fernab der im geplanten Vorhaben zu baggernden Bereiche.

Sedimentationen haben vor allem in strömungsberuhigten Seitenbereichen und Nebenelben stattgefunden und weniger in den den stärker durchströmten tiefen Flach- und Tiefwasserzonen. Die Analysenergebnisse der Probennahmen zur vorherigen Fahrrinnenpassung zeigen jedoch, dass auch in den tiefen Bereichen des Gewässerbetts mindestens in den oberen 1,5 dm belastete Sedimente anzutreffen sind. Dies gilt generell auch für Wattbereiche. Als Grund hierfür kommen Ablagerungen von rezenten belasteten Sedimenten in Betracht, aber auch Umlagerungsvorgänge, die im Wattbereich wellenbedingt sind. In der Wattzone sind entsprechend mindestens 3 dm durchmischtes und damit auch belastetes Sediment zu veranschlagen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Gewässersohle aus verschiedenartigen und teilweise belasteten Sedimenten besteht. Hinsichtlich der Mächtigkeit und Verbreitung belasteter, rezente Sedimente bestehen insbesondere im Bereich der Fahrrinnenböschungen Unsicherheiten, doch lassen sich für die Baggerabtragsflächen folgende Größenordnungen veranschlagen:

Aus den Bohrunterlagen lässt sich ableiten, dass auf der Fahrrinnensohle im Mittel 5 dm rezentes Sediment anzutreffen ist. Im Bereich von Riesenriffeln kann dieses Material auch über die gesamte Baggertiefe anstehen. In anderen Bereichen ist allerdings auch damit zu rechnen, dass auch unbelastete holozäne Sande unter einer geringmächtigen Bedeckung durch rezente Sedimente vorkommen, bzw. natürliches Substrat wie Mergel freiliegt.

Im Bereich der abzutragenden Seitenräume sind die rezenten Sedimente in geringerer Mächtigkeit ausgeprägt und in der Verbreitung vermutlich auch lückenhaft ausgebildet, so dass ihre mittlere Schichtdicke mit höchstens 3 dm veranschlagt wird. Dies gilt nicht nur für die annähernd durchgängig vorgesehene seitliche Überbaggerung von 5 m an der Böschung, sondern auch für die zu baggernden fahrrinnenfernen Bereiche wie die Hafenbecken und die Verbreiterungen im Bereich der Begegnungsstrecke.

4.4.3 Charakterisierung der Abtragsflächen

Im Folgenden werden zunächst die zur Charakterisierung der Abtragsflächen genutzten Quellen und sowie das angewandte Verfahren zur Interpretation der Datengrundlagen beschrieben und begründet. Abschließend erfolgt die Beschreibung der Abtragsflächen.

4.4.3.1 Verfahren

Zur Charakterisierung der Abtragsflächen und zur Abschätzung der Belastung der gebaggerten Sedimente mit Schadstoffen und zur Abschätzung der Belastung der auf den jeweiligen Verbringungsflächen abgelagerten Baggergutkontingente werden zusätzlich zu den in Kap. 4.4.3.2 dargestellten Schadstoffbelastungen folgende Informationen benötigt:

1. Lage, Ausdehnung und Tiefe der Abtragsflächen in der bestehenden Fahrrinne sowie den zusätzlich zu baggernden Seitenräumen
2. Verbringungsort des Baggerguts
3. Untergrundaufbau der Abtragsflächen
4. Anteile der anstehenden rezenten (anthropogen belasteten) und natürlichen (unbelasteten) Substrate.

Zu 1. Allgemeine Informationen zur Lage und Untergliederung der Abtragflächen, der Art und Menge der zu baggernden Substrate sowie die Lage (Angabe Stromkilometer) und Aufnahmekapazität der Verbringungsflächen sind in der Vorhabensbeschreibung (Unterlage B.2) dargestellt. Während insbesondere die Delegationsstrecke und die hier gebaggerten Sedimente für 11 Teilabschnitte detailliert beschrieben sind, erfolgt die Darstellung der Bundesstrecke als Übersicht.

Zu 2. Detaillierte Informationen zu den Abtragsflächen sind dem Bagger- und Verbringungsplan [PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006a] zu entnehmen. Während der Bereich der Delegationsstrecke zu einem Baggerabschnitt zusammengefasst ist, wird die Bundestecke in 28 Baggerabschnitte unterteilt. Für jeden Baggerabschnitt sind Informationen zu den anfallenden Menge Baggergutes und den Verbringungsorten angegeben. Die auftretenden Substrate werden hinsichtlich ihrer Baggerbarkeit in Bodenklassen nach DIN 18311 [VOB 2002] unterschieden. Die in-

nerhalb der einzelnen Baggerabschnitte abgetragenen Sedimente werden nach der jeweiligen Bodenklasse auf unterschiedliche Verbringungsorte verteilt.

Zu 3. Angaben zum Untergrundaufbau des Gewässerbetts der Tideelbe in der Bundesstrecke sind im "Gutachten für die Nassbaggerarbeiten" dargestellt [BAW 1999]. Die Darstellung erfolgt ebenfalls auf Grundlage der Bodenklassen nach DIN 18311.

Zu 4. Informationen zu den Anteilen an rezenten, belasteten und natürlichen, unbelasteten Sedimenten sind in den vorliegenden Daten nicht enthalten. Auf Grundlage der im Bagger- und Verbringungsplan differenzierten Bodenklassen lassen sich jedoch indirekt Rückschlüsse auf die Zusammensetzung des Baggerguts und die enthaltenen Substrate schließen.

4.4.3.1.1 Verfahrensbeschreibung

Ableitung von Substrattypen aus Bodenklassen (n. DIN 18311)

Im Bagger- und Verbringungsplan [PROJEKTbüro FAHRRINNENANPASSUNG 2006a] werden die abzutragenden Sedimente in Bodenklassen zusammengefasst, die sich in die nachfolgend aufgeführten Substrate übersetzen lassen:

Bodenklasse AB:

Zusammengefasst sind die Bodenklassen A und B.

Bei der Bodenklasse A handelt es sich um fließende Substrate, d. h. bindiges, feinkörniges Material von flüssig-breiiger Beschaffenheit sowie rolliges Material.

Die Bodenklasse B stellt weiche bis steife bindige Substrate dar, d. h. feinkörniges, plastisches Material.

In der Bodenklasse AB sind somit folgende Substrate zusammengefasst: rezenter belasteter Schlick (Bodenklasse A) und unbelasteter holozäner Klei (Bodenklasse B).

Bodenklasse C:

Die Bodenklasse C umfasst steife bis feste bindige Substrate.

Die Substrate dieser Bodenklasse entsprechen glazigenen Geschiebelehmen und – mergeln, es sind somit ausschließlich unbelastete Sedimente enthalten.

Bodenklasse D-I:

Zusammengefasst sind die Bodenklassen D-I. Dabei handelt es sich um verschiedene rollige Substrate, d. h. schluffige Feinsande bis Mittelsande.

In dieser Bodenklasse werden unbelastete glazifluviale oder holozäne, marin-brackische Sande zusammengefasst, es sind aber außerdem auch rezente, belastete schluffsandige bis sandige Sedimente in unterschiedlichen Anteilen enthalten.

Bodenklasse JK:

Zusammengefaßt werden die Bodenklassen J und K. Dabei handelt es sich um grobsandige Materialien (Korngröße 0,63 – 2 mm) mit unterschiedlichen Anteilen Kies (Korngrößen > 2 mm).

Es sind mit glazifluviatilen, groben Sande überwiegend unbelastete Substrate enthalten. In geringen Anteilen können jedoch außerdem auch rezente, belastete Grobsande auftreten.

Ermittlung der Baggergutvolumen und Abtragstiefen

Die zugrundeliegende Unterteilung der Abtragsfläche in Baggerabschnitte folgt der Untergliederung im Bagger- und Verbringungsplan [PROJEKTbüro FAHRRINNENANPASSUNG 2006a]. Einzelne Abschnitte wurden zusätzlich weiter unterteilt, um eine Anpassung an die Grenzen der UG-Abschnitte gemäß der Beschreibung des Ist-Zustands oder um eine differenziertere Auflösung zu erreichen (so im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke gemäß Verfahrensbeschreibung (Unterlage B.2). Insgesamt erfolgt so eine Unterteilung der Abtragsfläche (Delegationsstrecke und Bundesstrecke) in insgesamt 44 Baggerabschnitte (siehe Tabelle 4-49).

Die Abschätzung der Verteilung der Baggermengen in Fahrrinne und Seitenraum wurde abschnittsweise durch GIS-gestützte Berechnung der Flächengröße aufgrund von Planzeichnungen⁵ durchgeführt. Die Abschätzung der mittleren Abtragstiefe erfolgte aus den Planunterlagen (Unterlage B.2). Die im Bagger- und Verbringungsplan [PROJEKTbüro FAHRRINNENANPASSUNG 2006a] abschnittsweise angegebenen Baggermengen wurden gemäß der errechneten Anteile auf Fahrrinne und Seitenräume umgerechnet.

Im Ergebnis wurden für die Fahrrinne wie auch für die Seitenräume der Baggerabschnitte Fläche, mittlere Abtragstiefe und Gesamtbaggervolumen ermittelt, wobei die angegebenen Volumina den Angaben des Bagger- und Verbringungsplans entsprechen.

Ermittlung der Belastung einzelner Baggergutkontingente

Die Verbringung von Teilmengen des Baggerguts (Baggergutkontingente) auf die Verbringungsflächen erfolgt gemäß Bagger- und Verteilungsplan auf Grundlage der Zuordnung zu den unterschiedlichen Bodenklassen. So sind für jeden Baggerabschnitt Angaben zum Baggervolumen der jeweiligen (zusammengefassten) Bodenklassen AB, C, D-I und JK vorhanden und ihr jeweiliger Verbringungsort benannt. Da die Klassifikation der Substrate in Bodenklassen unabhängig von der Belastung mit Schadstoffen erfolgte, ist die Belastung der einzelnen Bodenklassen abhängig vom Anteil der enthaltenen belasteten und unbelasteten Substrate. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in allen angegebenen Bodenklassen Anteile belasteten wie auch un-

⁵ in den Flächenangaben der Abtragsfläche pro Baggerabschnitt sind nur die tatsächlich zu baggernden Bereiche berücksichtigt, Bereiche mit ausreichenden Tiefen (Übertiefen) wurden ausgespart.

belasteten Materials enthalten sein können, allerdings in unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit.

Es war daher Aufgabe dieser Begutachtung, die für die Fahrrinne und den Seitenbereich bereits getrennten Baggervolumina in die jeweiligen Bodenklassen und die darin enthaltenen Anteile belasteten und unbelasteten Materials weiter aufzuteilen. Danach konnte durch Zusammenfassung der Baggermengen einer Klasse und eines Bereichs die Belastung des auf die unterschiedlichen Verbringungsstellen zu transportierende Baggerguts bestimmt werden.

Die Zuordnung auf die Bodenklassen und ihre jeweils belasteten/unbelasteten Mengenteile basierte auf den Kenntnissen von dem geologischen Aufbau des Elbtals, wobei unterstellt wurde, dass die Schichtmächtigkeiten der belasteten Sedimente an der Gewässersohle in der Fahrrinne 0,5 m und in den gebaggerten Seitenräumen 0,3 m (Peilmaß) betragen und tiefer gelegene Sedimente geogen und damit unbelastet sind.

Unter Berücksichtigung dieser Vorgaben erfolgte die Zuordnung der errechneten Volumina belasteten Sediments zu den Bodenklassen der einzelnen Baggerabschnitte in folgender Reihenfolge:

Bodenklasse D-I → *Bodenklasse AB* → *Bodenklasse JK* → *Bodenklasse C*

Dabei wurden je Bodenklasse zunächst der Seitenraum und nachfolgend die Fahrrinne herangezogen.

Dabei wurde das errechnete Volumen belasteten Sediments zunächst den Sanden der Bodenklasse D-I zugeordnet (entsprechend einem Anteil der in der Bodenklasse enthaltenen rezenten, belasteten Sande). Dabei wurde das zuzuordnende Volumen zunächst aus der belasteten Tiefe des Seitenbereichs, dann aus der belasteten Tiefe der Fahrrinne zugeordnet. Sind in Seitenbereich und ggf. Fahrrinne noch Restvolumina der Bodenklasse D-I verblieben, wurden diese einem unbelasteten Anteil der Sande (Bodenklasse D-I) zugeschlagen. War das Gesamtvolumen der Bodenklasse D-I in den Seitenräumen oder in der Fahrrinne kleiner als das berechnete Volumen belasteten Sediments, wurde im zweiten Schritt wird die Bodenklasse AB betrachtet, die sich aus Schlick und Klei zusammensetzt. Wiederum wurden in Seitenraum bzw. Fahrrinne belastete Tiefenbereiche zugeordnet (entsprechend einem Anteil belasteten Schlicks), die verbleibenden Restvolumina der Bodenklasse AB wurden entsprechend dem Anteil an unbelastetem Klei zugeschlagen. Als dritte Bodenklasse wurde ggf. die Bodenklasse JK in gleicher Weise verteilt, zuletzt die Bodenklasse C.

Die Vorgehensweise soll am Beispiel des Baggerabschnitts 17 (Glückstadt, km 659,8 – 660,7) erläutert werden. Für diesen Abschnitt wird ein Gesamtbagger volumen von 334.489 m³ angegeben, dass sich zu 80 % auf die Bodenklasse AB (Schlick und Klei) und zu 20 % auf D-I (schluffige Sande bis Mittelsande) verteilt. Aus den GIS-Unterlagen ergibt sich ein Anteil von 282.283 m³ (mithin eine Entnahmetiefe von 96 cm) in der Fahr rinne und 52.206 m³ (167 cm) im Seitenraum. Durch die Auflockerung bei der Entnahme

ergibt sich eine rechnerische Tiefe von 1,11 m in der Fahrrinne und 1,92 m im Seitenraum. Das Material der Klasse D-I wird zuerst zugewiesen. Es setzt sich zu 0,3 m (gelockert 0,35 m) belastetem Material aus dem Seitenraum (9.500 m^3) und 57.389 m^3 belasteten Materials aus der Fahrrinne (gelockert 0,23 m) zusammen. In diesem Fall besteht die Gesamtmenge des D-I-Materials aus belastetem Material, da die potentielle Menge (in der Fahrrinne gelockert bis 0,58 m) nicht ausgeschöpft werden konnte. Das Material der Klasse AB besteht zunächst aus unbelastetem Material des Seitenraums (Restvolumen von 42.705 m^3), da hier der belastete Bereich bereits ausgeschöpft ist. Das restliche Material verteilt sich mit 88.511 m^3 auf belastetes Material (Resttiefe bis 0,5 m gelockert 0,35 m Entnahmetiefe) und 136.374 m^3 unbelasteten Materials aus der Fahrrinne. In der Summe aus Fahrrinne und Seitenraum ergibt sich für das D-I-Material ein Belastungsanteil von 100 % und für das AB-Material von 33 %.

Die Ergebnisse der Zuordnung können den Tabellen im Anhang (Tabellen 8-2 bis 8-4) entnommen werden. Diese sind zunächst getrennt für Fahrrinne und Seitenraum erstellt und abschließend zusammengefasst.

Für die verschiedenen Bodenklassen eines jeden Teilvolumens (Fahrrinne und Seitenräume der Baggerabschnitte) wurde auf diesem Wege schließlich über das Mischungsverhältnis von belastetem und unbelastetem Anteil die Berechnung der jeweiligen spezifischen Belastung durchgeführt, wobei jeweils die mittlere Belastung der jeweiligen UG-Abschnitte zugrunde gelegt wurde.

4.4.3.1.2 Verfahrensbegründung

Für eine begründete Bewertung der Auswirkungen von Baggergutumlagerungen sind Informationen zur Belastung des abgetragenen Sedimentes grundlegend. Über die Belastung des Baggergutes entscheidet das Belastungsniveau am Entnahmeort jedoch nur in dem Fall singulär, wenn ausschließlich anthropogen belastetes Sediment gebaggert wird. Im Rahmen des geplanten Vorhabens werden jedoch auch unbelastete, natürliche Substrate abgetragen, so dass die Belastung des Baggerguts vor allem durch den Anteil der eingemischten unbelasteten Sedimente bestimmt wird. Eine geeignete Datengrundlage zur Abschätzung des Mischungsanteils können Bohrprofilenaufnahmen darstellen, die hinsichtlich der angetroffenen Substrate (bspw. Klei, Mergel) und Bodenarten (Sand, Schluff, Ton) unterscheiden. Entscheidend ist dabei die Differenzierung von anthropogen belasteten, rezenten Schichten und unbelasteten natürlichen Substraten. Da die Unterscheidung belasteter und unbelasteter Sedimente, vor allem hinsichtlich der sandigen Varianten, ohne analytischen Nachweis von Schadstoffen in der Regel nicht möglich ist, werden bei der Aufnahme von Bohrprofilen rezent belastete Sedimente nicht als solche ausgewiesen. Dies gilt auch für die vorliegenden Bohrdaten, die durch die BAW-DH hinsichtlich der Baggerbarkeit der Elbesedimente ausgewertet wurden [BAW 1999].

Um repräsentative Aussagen zur Verteilung der rezenten Sedimente in Fläche und Tiefe zu erhalten, wäre bei der vergleichsweise großen Ausdehnung des Untersu-

chungsgebietes eine sehr hohe Anzahl von Bohrungen erforderlich, die darüber hinaus mit einem erheblichen analytischen Aufwand verbunden wäre.

Das im Rahmen dieser Untersuchung angewendete Verfahren zur Ermittlung der belasteten Anteile im Baggergut basiert auf den Auswertungen durch die BAW, die rund 240 Bohrungen berücksichtigt, die zwischen 1973 und 1999 ausgeführt wurden [BAW 1999].

4.4.3.2 Charakterisierung der Baggerabschnitte und des Baggerguts hinsichtlich der Belastung mit Schadstoffen

Tabelle 4-49 gibt einen Überblick über die Lage (Stromkilometer) und Größe der einzelnen Baggerabschnitte sowie die mittleren Abtragstiefen, Baggervolumina und gebaggerten Bodenklassen. Die angegebenen Belastungsanteile des Baggerguts resultieren aus der in Kapitel 4.4.3.1.1 dargestellten Verfahrensweise.

Die den Kalkulationen zugrunde liegenden Berechnungen (Volumina, Tiefen, Flächengrößen) werden im Anhang aufgeführt (Tabelle 8-2 ff.).

Die Lage der Baggerabschnitte ist außerdem in der Übersichtskarte (Anlage 1) dargestellt.

Eine Beschreibung und Bewertung der Belastung der gemäß Bagger- und Verteilungsplan zu verbringenden Baggergutkontingente wird im Abschnitt 6.3 gegeben. Allgemein ist der Anteil belasteten Sediments im Baggergut umso geringer, je größer die mittlere Abtragstiefe ist ("Verdünnungseffekt" durch unbelastetes Sediment).

Im **UG-Abschnitt "Hamburg"** (Baggerabschnitte Nr. 1 – 8) werden ausschließlich Mergel (Bodenklasse C) und schluffige Feinsande bis Mittelsande (Bodenklasse D-I) abgetragen. Der größere Teil des Baggerguts stammt aus der Fahrrinne, die mittleren Abtragstiefen betragen 0,57 – 0,84 m. Dabei handelt es sich überwiegend um rezente, belastete Sande (> 60 %) und in geringerem Maße um Mergel (30 – 40 %): In den Seitenräumen fällt trotz großer mittlerer Baggertiefen von 0,61 – 4,20 m nur in den zu vertiefenden Häfen (Abschnitte Nr. 5, 6) und in Bereichen von Fahrrinnenverlegungen (Nr. 1) Baggergut in größeren Mengen an. In welchem Umfang es sich um belastete rezente Sande handelt, ist vor allem in den Baggerabschnitten Parkhafen und Waltershofer Hafen unsicher. Es ist nicht auszuschließen, dass im Untergrund in größeren Anteilen unbelastete glazifluviale oder holozäne Sande anstehen.

Im **UG-Abschnitt "Wedel"** (Baggerabschnitte 9 – 13) stellen sich die Verhältnisse in der Fahrrinne ähnlich dar, wie zuvor beschrieben. In den Seitenbereichen fallen im Bereich der einzurichtenden Begegnungsstrecke (km 636 – 644) große Mengen Baggergut an, bei dem es sich jedoch zu einem großen Teil um unbelastete holozäne Sande (Bodenklasse D-I), glazifluviale Sande (Bodenklasse D-I, Bodenklasse JK) sowie Mergel handelt.

Im **UG-Abschnitt "Glückstadt"** (Baggerabschnitte 14 – 26) wird kein Mergel angetroffen. Demgegenüber steht hier in etwa der Hälfte der Baggerabschnitte in großen Anteilen Klei an (Bodenklasse B). Sande treten in diesen Abschnitten zurück, so dass

ein Teil der belasteten Sedimente als belasteter "Schlick" (Bodenklasse A) zu klassifizieren ist. Die übrigen Baggerabschnitte werden in starkem Maße durch Sande (Bodenklasse D-I) charakterisiert. Zum Teil treten in diesen Bereichen mit Anteilen von 20 – 50 % auch unbelastete glazifluviatile Sande (Bodenklasse JK) auf. Das Baggergut stammt zum ganz überwiegenden Teil aus der Fahrrinne (mittlere Abtragstiefen 0,42 – 1,13 m). Die Anteile an belasteten Sanden sind entsprechend hoch. Die Abtragstiefen in den Seitenräumen betragen etwa 1 – 2 m, die flächenhafte Ausdehnung und damit das Aufkommen von Baggergut ist entsprechend gering. Es handelt sich hier um Material, das aus der seitlichen Überbaggerung stammt.

Die oben dargestellte Situation gilt in groben Zügen auch für den **UG-Abschnitt "Brunsbüttel"** (Baggerabschnitte 27– 33). Zweifelsfrei als glazifluviatil und damit als unbelastet anzusprechende Sande (Bodenklasse JK) treten hier jedoch nicht auf. Der Anteil belasteten Sediments im Baggergut ist heterogen und erreicht mit 10 – 90 % zum Teil hohe Werte, da die mittleren Abtragstiefen häufig deutlich unter 1 m liegen. Als zu baggernder Seitenraum ist im UG-Abschnitt "Brunsbüttel" neben der seitlichen Überbaggerung und Anpassungen der Fahrrinnenkurven vor allem der geplante Wartepplatz Brunsbüttel zu nennen. Er reicht von der Fahrrinne bis in Ufernähe, das hier anstehende Substrat stellt zu 80 % unbelasteter Klei dar. Der veranschlagte relativ geringe Anteil des belasteten Sediments (12 %) resultiert aus der Bodenklasse D-I bei einer unterstellten Belastungstiefe von 3 dm.

Auch im **UG-Abschnitt "Cuxhaven"** (Baggerabschnitte 34 – 42) stammt das Baggergut überwiegend aus der Fahrrinne, die Anteile aus den Seitenbereichen gehen auf 3 bis 4 % zurück. Da hier größere Abtragstiefen von 0,97 – 2,1 m erreicht werden, nimmt das belastete Sediment mit 23 – 50 % geringere Anteile ein, als dies im Abschnitt "Brunsbüttel" der Fall ist.

Im **UG-Abschnitt "Außenelbe"** (Baggerabschnitte 43 und 44) fällt bis zum seeseitigen Ausbauende (km 748,3) nahezu ausschließlich sandiges Baggergut der Bodenklasse D-I aus der Fahrrinne an. Bei mittleren Baggertiefen von 1 – 2 m ist der Anteil belasteten Sediments gering bis mittel (24 – 43 %). Zwischen km 748,3 und 755,3 werden keine Baggerungen durchgeführt, es fällt in diesem Bereich entsprechend kein weiteres Baggergut an (Unterlage B.2).

Insgesamt beträgt das Baggergutaufkommen gemäß des den obigen Ausführungen zugrundeliegenden Bagger- und Verteilungsplans etwa 38,4 Mio. m³ (Schutenmaß). Dabei stammt der überwiegende Teil aus der Fahrrinne, lediglich 8,1 Mio. m³ sind dem mischungsbedingt geringer belasteten Baggergut aus den Seitenräumen zuzuordnen. Bezogen auf die Länge der Abtragsstrecke stammt das relativ größte Baggergutaufkommen mit 5 Mio. m³ aus dem UG-Abschnitt "Wedel". Die höchsten absoluten Mengen Baggergut fallen mit etwa 10 Mio. m³ im UG-Abschnitt "Brunsbüttel" an.

Tabelle 4-49: Charakterisierung der Abtragsflächen hinsichtlich Abtragstiefe sowie Art und Menge des abgegrabenen Baggerguts

Baggerabschnitt	Abtragsflächen (km)	Gesamtabtragsbereich				Teilbereich Fahrrinne				Teilbereich Seitenraum				
		Abtragsvolumen* [m ³]	Anteile der Bodenklassen n. DIN 18311 [%]				Flächenanteil [%]	Mittlere Abtragstiefe	Abtragsvolumen* [m ³]	Anteil belasteten Sediments	Flächenanteil [%]	Mittlere Abtragstiefe	Abtragsvolumen* [m ³]	Anteil belasteten Sediments
			AB	C	D-I	JK								
1	619,0 - 624,7	1.536.400	-	70	30	-	0,97	0,84	1.348.746	0,59	0,03	4,20	187.654	0,07
2	Vorh. (624,5)	115.000	-	80	20	-	-	-	-	-	1,00	0,61	115.000	0,50
3	624,7 - 625,0	563.500	-	70	30	-	0,53	0,51	151.869	0,98	0,47	1,53	411.631	0,20
4	625,0 - 627,9	357.650	-	60	40	-	0,99	0,58	353.719	0,86	0,01	1,43	3.931	0,21
5	Parkh. (627,5)	73.600	-	-	100	-	-	-	-	-	1,00	0,90	73.600	0,34
6	Wh. H. (627,5)	547.400	-	100	-	-	-	-	-	-	1,00	2,13	547.000	0,14
7	627,9 - 630,7	537.050	-	40	60	-	0,91	0,62	394.051	0,80	0,09	2,24	142.999	0,14
8	630,7 - 632,0	343.103	-	40	60	-	0,95	0,67	283.942	0,75	0,05	2,40	59.160	0,13
9	632,0 - 633,5	329.651	-	40	60	-	0,93	0,60	263.658	0,84	0,07	2,15	65.993	0,14
10	633,5 - 636,4	170.199	-	80	20	-	0,90	0,31	123.479	1,00	0,10	1,09	46.720	0,28
11	636,4 - 638,9	1.104.000	-	30	70	-	0,45	0,41	106.513	1,00	0,55	3,11	997.487	0,10
12	638,9 - 640,0	261.436	-	35	-	65	0,40	0,23	20.282	1,00	0,60	1,79	241.154	0,17
13	640,0 - 650,0	3.378.143	-	-	50	50	0,80	0,77	1.799.957	0,65	0,20	2,64	1.578.186	0,12
14	650,0 - 650,2	51.444	-	-	50	50	0,91	1,04	46.587	0,48	0,09	1,09	4.858	0,28
15	650,2 - 654,2	1.912.167	70	-	30	-	0,91	1,13	1.661.051	0,44	0,09	1,68	251.116	0,18
16	654,2 - 659,8	1.038.093	-	-	70	30	0,85	1,00	838.950	0,50	0,15	1,36	199.143	0,22
17	659,8 - 660,7	334.489	80	-	20	-	0,90	0,97	282.283	0,52	0,10	1,67	52.206	0,18
18	660,7 - 663,1	300.154	-	-	100	-	0,86	0,43	213.809	1,00	0,14	1,04	86.344	0,29
19	663,1 - 664,2	61.025	80	-	20	-	0,79	0,42	39.656	1,00	0,21	0,83	21.370	0,37
20	664,2 - 665,1	39.693	-	-	100	-	0,73	0,62	24.069	0,81	0,27	1,06	15.625	0,29
21	665,1 - 666,0	115.193	70	-	30	-	0,89	0,65	95.201	0,77	0,11	1,05	19.992	0,29
22	666,0 - 669,0	123.180	-	-	80	20	0,81	0,51	83.555	0,98	0,19	1,02	39.626	0,30
23	669,0 - 672,3	826.848	70	-	30	-	0,88	0,76	631.191	0,66	0,12	1,70	195.658	0,18
24	672,3 - 673,3	340.360	-	-	70	30	0,92	0,82	305.042	0,61	0,08	1,16	35.318	0,26
25	673,3 - 674,8	441.463	50	-	50	-	0,92	0,76	355.230	0,68	0,08	2,19	86.233	0,14
26	674,8 - 677,0	324.960	-	-	100	-	0,88	0,70	265.438	0,71	0,12	1,12	59.522	0,27
27	677,0 - 680,5	255.325	-	-	100	-	0,35	0,69	34.722	0,72	0,65	2,41	220.603	0,13
28	680,5 - 682,0	13.413	50	-	50	-	0,65	0,45	8.882	1,00	0,35	0,43	4.531	0,50
29	682,0 - 691,2	676.518	10	-	90	-	0,96	0,51	593.614	0,97	0,04	1,73	82.904	0,18
30	691,2 - 691,8	39.258	-	-	100	-	0,97	0,34	35.362	1,00	0,03	1,08	3.896	0,28
31	691,8 - 693,8	715.382	20	-	80	-	0,98	0,85	688.392	0,59	0,02	1,32	26.990	0,23
32	693,8 - 704,0	6.837.032	80	-	20	-	0,98	1,28	6.625.025	0,39	0,02	1,67	212.008	0,18
33	WPlatz (696,0)	1.500.000	80	-	20	-	-	-	-	-	1,00	2,62	1.500.000	0,12
34	704,0 - 704,8	28.962	-	-	100	-	0,98	0,97	28.198	0,52	0,02	1,05	764	0,29
35	704,8 - 708,1	909.414	-	-	100	-	0,97	0,97	864.363	0,52	0,03	1,66	45.052	0,18
36	708,1 - 709,6	447.055	50	-	50	-	0,96	1,47	425.482	0,34	0,04	1,79	21.573	0,17
37	709,6 - 711,5	725.055	-	-	100	-	0,97	1,35	702.134	0,37	0,03	1,57	22.921	0,19
38	711,5 - 713,3	776.456	60	-	40	-	0,98	1,31	759.981	0,38	0,02	1,32	16.475	0,23
39	713,3 - 716,5	1.354.675	-	-	100	-	0,97	1,38	1.297.415	0,36	0,03	1,91	57.260	0,16
40	716,5 - 718,6	338.297	80	-	20	-	0,96	1,14	325.809	0,44	0,04	0,94	12.489	0,32
41	718,6 - 722,5	1.479.806	-	-	90	10	0,97	1,08	1.419.265	0,46	0,03	1,63	60.541	0,19
42	722,5 - 727,0	2.250.719	-	-	100	-	0,97	2,10	2.176.756	0,24	0,03	2,10	73.963	0,14
43	727,0 - 732,5	306.917	-	-	100	-	0,97	2,06	298.300	0,24	0,03	2,06	8.617	0,15
44	732,5 - 748,0	4.482.066	5	-	95	-	0,97	1,11	4.297.416	0,45	0,03	1,60	184.650	0,19
Summe		38.362.551	-	-	-	-	-	-	30.269.394	-	-	-	8.092.763	-

*) Alle Angaben in Schutenmaß. Duchgezogene waagerechte Linien: Grenzen der UG-Abschnitte.

Abk.: Parkh. = Parkhafen; Vorh. = Vorhafen; Wh. H.= Waltershofer Hafen; WPlatz = Warteplatz Brunsbüttel

4.4.4 Charakterisierung der Baggergutablagerungsflächen

Hinsichtlich der Ablagerungsflächen liegen mittelbare und unmittelbare Informationen aus folgenden Datengrundlagen vor:

- Datensatz IFB-A zur vorherigen Fahrrinnenanpassung
- Datensatz IFB-N
- Sedimentkataster der BAW [BAW 2005]

Aus dem Bohrkataster der BAW-DH [1999] sind hinsichtlich der Verbringungsflächen und der in ihnen vorliegenden Verteilung belasteter rezenter Sedimente keine Informationen ableitbar (4.4.3.1.2).

Die Flächen der geplanten Ufervorspülungen sind vollständig in der Wattzone lokalisiert und erreichen landseitig die Uferlinie. Entsprechend ihrer Lage in erosionsgefährdeten Uferabschnitten sind die vor Ort anstehenden Sedimente sandig ausgebildet. Aufgrund der starken Wellenbelastung ist davon auszugehen, dass bei Sturmfluten im vorgelagerten Wattenbereich oberflächlich starke Umlagerungen stattfinden. Die Flächen sind daher durch Einmischung von schwebstoffbürtigen Schadstoffen belastet und entsprechen typologisch dem Substrattyp der "rezenten Sedimente". Sie sind entsprechend als abschnittstypisch spezifisch belastet anzusehen.

Die Flächen der Unterwasserablagerungsflächen Brokdorf, St. Margarethen, Scheelenkuhlen und Glameyer-Stack-Ost liegen im Bereich der Tiefwasserzone in Tiefen zwischen – 5 m MTnw und – 3 m MTnw. Die Umlagerungsintensität der Sedimente in dieser Tiefenzone ist im Einzelfall nur schwer einschätzbar. Analysendaten aus dem vorliegenden Schadstoffkataster (Datensätze IFB-A, IFB-N), die im Umfeld der Unterwasserablagerungsflächen erhoben wurden, zeigen jedoch, dass hinsichtlich der Sohlsedimente in der näheren Umgebung der betreffenden Flächen ausnahmslos Schadstoffbelastungen in abschnittsüblicher Belastungshöhe nachweisbar sind. Diese kann daher auch für die geplanten Verbringungsflächen selbst unterstellt werden.

Auch die Unterwasserablagerungsflächen Neufelder Sand und Medemrinne-Ost liegen in der Tiefwasserzone des Gewässerbetts. Sie befinden sich bereits im Bereich der ausgedehnten Wattenbereiche des Ästuars. Die hier typische intensive Sedimentdynamik dieses Bereichs zeigt sich bereits in den starken morphologischen Veränderungen, die sich in diesem Bereich auch innerhalb weniger Jahre vollzogen haben. Insgesamt ist davon auszugehen, dass die Belastung der hier liegenden Sedimente mindestens im oberflächennahen Bereich ebenfalls in dem abschnittstypischen Belastungsniveau angesiedelt ist.

Gleiches gilt umso mehr für die Bereiche der Umlagerungsstellen Medembogen und Neuer Luechtergrund, die im Bereich stark veränderlicher Rinnensysteme liegen.

Prinzipiell kann bei allen vorgesehenen Verbringungsflächen nicht ausgeschlossen werden, dass zusätzlich zum aktuellen Belastungsniveau der rezenten Sedimente zusätzliche Anteile älterer und höher belasteter rezenter Sedimente zu erhöhten spezifischen Belastungen der Flächen führen. Die hier dargestellte Einschätzung ist entsprechend als Mindesthöhe der aktuellen spezifischen Belastung in den betreffenden Flächen anzusetzen.

5 PROGNOSE OHNE DURCHFÜHRUNG DER MAßNAHME

Die Tideelbe ist als ein dynamisches System zu verstehen, das auch ohne Realisierung der Fahrrinnenanpassung natürlichen Veränderungen unterworfen ist. Anthropogene Einflüsse bewirken zusätzliche Veränderungen. Hiervon sind sowohl das Tidengewässer als Ganzes als auch die darin enthaltenen subhydrischen und semisubhydrischen Sedimente betroffen. Die Veränderungen können dauerhaft wirksam oder zeitlich begrenzt sein. Für die Nullvariante wird dabei ein Prognosezeitraum von 10 Jahren angesetzt.

Im Folgenden werden zunächst die natürlichen und anthropogenen Einflüsse sowie die dadurch bei anderen Kompartimenten zu erwartenden Veränderungen beschrieben.

Abschließend erfolgt die Prognose bezüglich der voraussichtlichen Entwicklung der Nähr- und Schadstoffbelastung der Sedimente.

5.1 Bei der Nullprognose zu berücksichtigende Maßnahmen und Veränderungen anderer Kompartimente

In Tabelle 5-1 werden die für das Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente, relevanten Vorhaben genannt, die unabhängig von der Fahrrinnenvertiefung im UG geplant werden und die zu Veränderungen des Gesamtsystems führen können.

Tabelle 5-1: Übersicht von in der Null-Prognose zu berücksichtigenden Baumaßnahmen mit potentieller Bedeutung für die Vordeichsböden [PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG 2006d]

Maßnahme	Planungsstand / voraussichtliche Fertigstellung	Prognostizierte Auswirkungen
Delegationsstrecke		
Umstrukturierung Tollerort-Terminal	Fertigstellung 2012	Geringe Veränderung der lokalen Tide- und Strömungsdynamik.
Umstrukturierung CT Mittlerer Freihafen	Vorplanung	Geringe Veränderung der lokalen Tide- und Strömungsdynamik.
LIFE-Projekt Borghorster Elbewiesen	beantragt, Fertigstellung unklar	Gewinnung zusätzlicher Vordeichsflächen, Geringe Veränderung der lokalen Tide- und Strömungsdynamik.
Hafen HH: Westerweiterung Eurogate	Fertigstellung 2010	Geringe Veränderung der lokalen Tide- und Strömungsdynamik.
Rückdeichung Holzhafen / Billwerder Insel	Fertigstellung 2009	Gewinnung zusätzlicher Vordeichsflächen, Geringe Veränderung der lokalen Tide- und Strömungsdynamik.
Bundessstrecke		
Hafenerweiterung Stade / Bützfleth, Abschnitt 1	beantragt 2006	Geringe Veränderung der lokalen Tide- und Strömungsdynamik.
Cuxhaven: Liegeplätze 5 und 6	Vorplanung	Geringe Veränderung der lokalen Tide- und Strömungsdynamik.

Die tidebeeinflussend wirkenden anthropogenen Maßnahmen wurden von der BAW-DH modelliert und in einem gesonderten Gutachten dargestellt [Unterlage H.1e, BAW 2006f]. Daraus ableitbare schutzgutspezifische Aussagen sind dem zusammenfassenden UVU-Bericht (Unterlage E) zu entnehmen.

Nach der Modellierung der BAW-DH (Unterlage H.1e) führen insbesondere die Verfüllungen von Hafenecken im Hamburger Hafen zu einer Verminderung des Schwingungsvolumens mit der Folge einer leichten Verstärkung der Tideschwankungen. Das MThw steigt um bis zu 1 cm und das MTnw fällt um bis zu 2 cm ab, so dass der Tidenhub um bis zu 3 cm zunimmt. Die höchste Zunahme liegt bei km 640. Die Veränderungen der mittleren Tidenströmungen sind auf die Maßnahmenbereiche begrenzt. Dort nimmt die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um bis zu 0,07 m/s ab. Die genannten Maßnahmen führen insgesamt auch zu einer leichten Zunahme der Salzgehalte um max. 0,2 PSU. Hiermit verbunden ist auch eine leichte Stromaufverschiebung der Salzgehalte.

Neben den Tideverhältnissen sind auch diejenigen Maßnahmen bedeutsam für die Schwebstoff- bzw. Sedimentgüte der Tideelbe, die sich im Bereich der Mittel- und Oberelbe auf Frachten von Nähr- und Schadstoffen auswirken sowie diejenigen, die zu einer Mobilisierung von Schwebstoffen in der angrenzenden Deutschen Bucht beitragen. Die spezifische Belastung der Elbesedimente mit Schad- und Nährstoffen ist dabei wesentlich von dem Mischungsgrad von oberstromig herantransportierten, belasteten und von durch die Tidenströmungen in die Unterelbe eingetragenen, unbelasteten Sedimente abhängig.

Natürliche Trends wie der durch einen Klimawandel bedingte Anstieg des Meeresspiegels können sich auf den Sedimenteintrag in die äußere Tideelbe auswirken. Mit einem durch den Klimawandel (Zunahme von starken Niederschlagsereignissen) induzierten erhöhten Bodenabtrag im Einzugsgebiet der Elbe sind auch Veränderungen in den Nähr- und Schadstofffrachten zu erwarten.

Für die Prognose der Nullvariante werden folgende Entwicklungen unterstellt:

- Für die Parameter "jährlicher Oberwasserabfluss", "Sturmfluthöhe", "Salzgehalt" werden keine Veränderungen angenommen.
- Für den säkularen Anstieg des "Meereswasserspiegels" (Mean Sea Level, MSL), d. h. dem Mittel aller Tidewasserstände gemessen in Cuxhaven, werden 25 cm pro Jahrhundert angesetzt. Andere Schätzungen gehen von höheren Werten aus (z. B. BAW [2006a], Unterlage H.1a: 90 cm). Gemessen wurden in den letzten 50 Jahren rund 10 cm in 100 Jahren.
- Die Salzgehalte in der Tideelbe werden sich innerhalb des Prognosezeitraums nur unwesentlich ändern.
- Die Häufigkeit von Sturmfluten, die bereits seit 1950 deutlich zugenommen hat, wird weiterhin ansteigen.
- Maßnahmen zur Verminderung der punktförmigen Schadstoffeinträge an der Mittel- und Oberelbe werden weiterhin durchgeführt (kommunale Kläranlagen).

- keine entscheidende Veränderung der Unterhaltungs- und Verklappungsstrategie auf der Bundes- und Delegationsstrecke. Dies bedeutet insbesondere, dass keine schwerpunktmäßige Verbringung an Land geplant ist und dass keine Zunahme der Gewässerunterhaltung durch Schlickeggen und Umlagerungen im Bereich der Delegationsstrecke (Abschnitt "Hamburg" und obere Teile von "Wedel") stattfindet. In diesem Zusammenhang ist bei unveränderter Baggerstrategie auch der Anfall an Baggergut in Lage und Intensität nicht signifikant verändert. Die derzeit durchgeführten Umlagerungen an Tonne E3 werden nicht als Bestandteil des aktuellen Unterhaltungskonzepts angesehen und finden in der Nullprognose keine Berücksichtigung.

5.2 Entwicklung der Schad- und Nährstoffbelastung

Nährstofffracht und -belastung

Die Jahresfrachten von Nährstoffen sind im Jahr 2004 gegenüber dem Vergleichsjahr 1989 um 30 – 70 % zurückgegangen [ARGE 2005b]. Der seit den 1990er Jahren bestehende Trend zu einer leichten Abnahme der Nährstofffrachten setzt sich auch 2004 fort. Es wird davon ausgegangen, dass innerhalb des Prognosezeitraums der Nullprognose die Nährstofffracht tendenziell weiter sinkt oder mindestens stagniert, jedoch keine Umkehrung des Trends einsetzt.

Der Trend zur leichten Verminderung der Frachten ist hinsichtlich der Sedimentgüte nicht an den Stickstoffparametern ablesbar (Gesamt-N-Gehalt, Gehalt an organisch gebundenem N, an gelöstem Nitrat, Nitrit, Ammonium). Gesamt-N und Ammonium im Porenwasser werden auch zukünftig bei feinkörnigen Sedimenten (Schlicke) in hohen Gehalten auftreten. Hinsichtlich der Phosphor-Gehalte der Sedimente sind keine Veränderungen in der Zeitspanne 1994 – 2005 feststellbar. Es wird deshalb erwartet, dass die ggf. leicht abnehmenden Frachten sich im Prognosezeitraum nicht in veränderten Sedimenteigenschaften widerspiegeln.

Schadstofffracht und -belastung

Die Belastung der Sedimente durch organische und anorganische Schadstoffe ist für viele Stoffe leicht, bisweilen auch deutlich rückläufig [ARGE 2004b, 2005b]. Es wird davon ausgegangen, dass innerhalb des Prognosezeitraums der Nullprognose die Schadstoffeinträge in die Elbe und damit auch die Schadstofffracht durch die Tideelbe weiter sinkt oder stagniert, jedoch keine Umkehrung des Trends einsetzt. Die durch die aktuellen Messungen nachgewiesenen Veränderungen bei den Schadstoffgehalten in den Sedimenten seit 1994 betreffen bevorzugt die Abschnitte "Vierlande" und "Hamburg", d. h. die Bereiche, die von den Einträgen von Oberstrom am stärksten betroffen sind. Insbesondere die Abschnitte "Außenelbe", "Cuxhaven" und "Brunsbüttel" sind so stark von den aus der deutschen Bucht eingetragenen Schwebstoffen abhängig, dass eine deutliche Verbesserung der Situation seit 1994 nicht erkennbar ist. Daher wird auch für diese Bereiche innerhalb des Prognosezeitraums von 10 Jahren zwar nicht mit einer Verschlechterung gerechnet, allerdings wird erwartet, dass

auch die Verbesserungen der meßbaren Spurengehalte nur sehr langsam und daher nur in geringem Maße eintreten werden.

5.3 Bedeutung der Nullprognose für die Auswirkungsprognose

Die dargestellten Veränderungen der Sedimentqualität des UG beschreiben die Veränderungen des Ist-Zustands, die auch ohne Durchführung des Vorhabens im UG eintreten werden. Die gegenüber dem Ist-Zustand vorhabensbedingt eintretenden Änderungen werden in folgendem Abschnitt dargestellt. Dort wird gezeigt, dass die vorhabensbedingten Veränderungen von lokaler Bedeutung sind, die sich aus den vorhabensbedingten Sedimentumlagerungen ergeben. Während die auch ohne die Maßnahme stattfindenden Veränderungen großflächiger Natur sind und schneller auf die Sedimente der Fahrrinne und langsamer auf die Sedimente des Seitenraums übergreifen, werden die Auswirkungen der Maßnahme zusätzlich zu den langfristigen Trends stattfinden.

6 PROGNOSE DER AUSWIRKUNGEN BEI DURCHFÜHRUNG DES VORHABENS

6.1 Übersicht über die vorhabensbedingten Maßnahmen

Das im Rahmen der Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt geplante Vorhaben wird durch den Träger des Vorhabens detailliert dargestellt [Unterlage B.2, PROJEKTBURO FAHRINNENANPASSUNG 2006c], so dass an dieser Stelle lediglich ein Überblick gegeben wird. Dabei wird vor allem auf Aspekte eingegangen, die hinsichtlich des Schutzgutes Wasser, Teilbereich Sedimente, bedeutsam sind.

Im Rahmen des Vorhabens ist die Baggerung von Sedimenten im Bereich der aktuellen Fahrrinne sowie in überwiegend fahrrinnennahen Seitenbereichen (Bereich zwischen Fahrrinnenrändern und Ufern) geplant. Dabei soll die Fahrrinne zwischen km 619,5 (CT Altenwerder, Süderelbe) bzw. km 624 (mittlerer Freihafen, Norderelbe) und km 755,3 (Außenelbe) von derzeit $-15,8$ m NN bis $-16,98$ m NN um im Mittel $1,5$ m auf künftig $-17,3$ m NN bis -19 m NN vertieft werden (Abbildung 6-1). Verbreiterungen der Fahrrinne resultieren aus der seitlichen Überbaggerung von 5 m, Änderungen von Kurvenradien sowie aus der Einrichtung einer Begegnungsstrecke zwischen km 636 und km 644 (Tabelle 6-1). Bestandteil des Vorhabens ist außerdem die Vertiefung von Hafenzufahrten im Hamburger Hafen (Parkafen, WaltershoferHafen, Vorhafen).

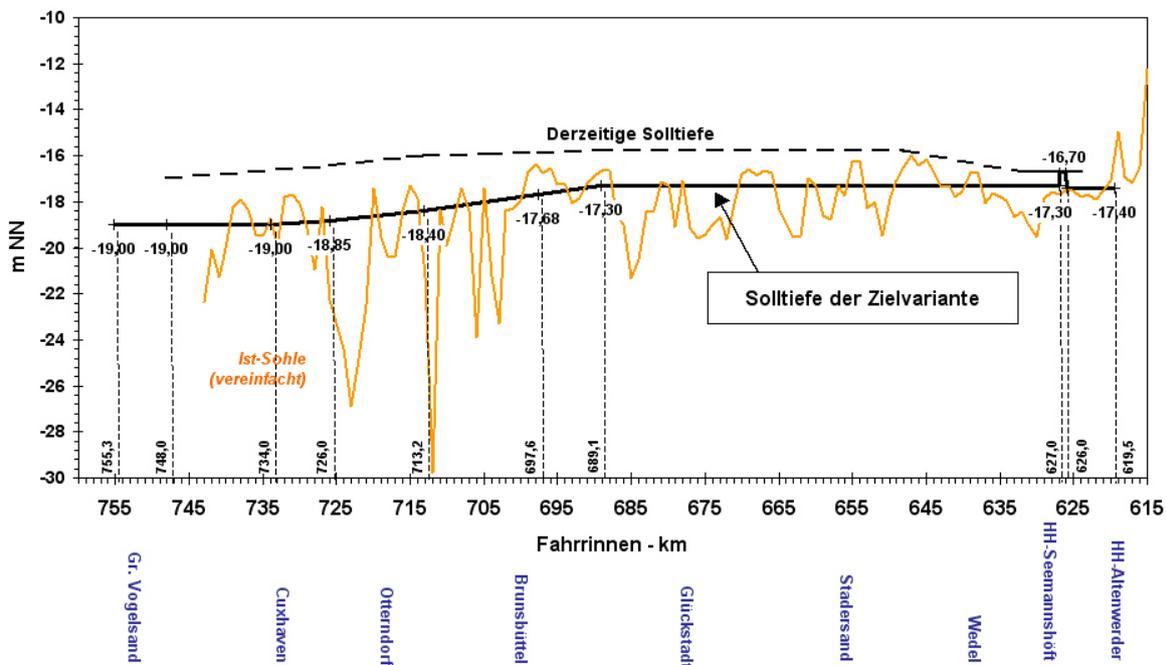


Abbildung 6-1: Solltiefen der Ausbauvariante im Längsprofil (PROJEKTBURO FAHRINNENANPASSUNG 2006c)

**Tabelle 6-1: Regelbreiten der Fahrrinne im Ist- und Soll-Zustand
[PROJEKTbüro FAHRRINNENANPASSUNG 2006c]**

Teilstrecke	km	Ist-Regelbreite (m)	Soll-Regelbreite (m)
Bundesstrecke:			
Seeseitiges Ausbauende	755,3 bis 748	-	400
km 748 bis Störkurve	748 bis 680	400	400
Störkurve bis Lühekurve	680 bis 644	300	320
Lühekurve bis Wedel	644 bis 643	300	385
Wedel bis Tinsdal (Landesgrenze)	643 bis 638,9	300 abnehm. auf 250	385
Delegationsstrecke:			
Tinsdal (Landesgrenze) bis Blankenese	638,9 bis 636	250	385
Blankenese bis Nienstedten	636 bis 632	250	270
Nienstedten bis Övelgönne	632 bis 628	230	250
Övelgönne bis BAB7	628 bis 626,5	230	250
BAB7 bis Köhlbrand	626,5 bis 626	230 bis 260	250 bis 260
Norderelbe			
Mündung Köhlbrand bis Wendekreis Vorhafen	626 bis 624,4	260 abnehm. auf 210	260 abnehm. auf 210
Süderelbe			
Mündung Köhlbrand bis Rethel-Wendekreis	624,5 bis 621,8	200 abnehm. auf 180	200 abnehm. auf 180 (Verlegung um 15 m)
Rethel-Wendekreis bis südl. Wendekreis CTA	621,8 bis 619,5	200	200

Tabelle 6-2: Übersicht über die Verbringungsflächen [PROJEKTbüro FAHRRINNENANPASSUNG 2006c]

Ort	km	Kapazität in Mio. m ³	Fläche in ha
Unterwasserablagerungsflächen			
Medemrinne Ost	711 - 717	12,27	627,9
Neufelder Sand	702 - 707	10,2	490,3
Glameyer Stack-Ost	714 - 717	1,85	62,6
St. Margarethen	690 - 692	1,3	27,6
Scheelenkuhlen	685 - 687	2,3	48,3
Brokdorf	683 - 685	0,75	26,7
Übertiefenverfüllung			
St. Margarethen	688,8 - 689,1	0,1	6
Ufervorspülungen			
Brokdorf	683 - 684,5	0,118	12,9
Glückstadt/Störmündung (unterhalb)	678,5 - 681,5	1,57	113,7
Glückstadt/Störmündung (oberhalb)	676 - 678	1,36	105,7
Kollmar (A, B, C)	664 - 668	0,306	44,3
Hetlingen	648,5 - 650,5	0,13	14,1
Lühe (Wisch)	643,8 - 644,5	0,286	13,9
Wittenbergen	636 - 638	0,2	24,9
Spülfelder			
Schwarztonnensand	663,5 - 665	0,92	61,9
Pagensand*	660,5 - 662,5	1,295	37,7
Umlagerungsstellen			
Medembogen	Mündungstrichter	2,5	60
Neuer Luechtergrund	Außenelbe	max. 2,5	60
Sonstige Verwendung			
Abgabe an Dritte	s. Vorhabensbeschreibung		
Gesamt	-	39,955	-
Gesamt (ohne Spülfeld Pagensand)	-	38,660	-

*) für ausbaubedingte Unterhaltsbaggermengen vorgesehen

Bei den gebaggerten Sedimenten handelt es sich hauptsächlich um Grob- bis Mittelsande, Feinsande, schluffige Feinsande und Schluff, die zum Teil mit Schadstoffen belastet sind. Daneben treten auch schadstofffreie Kleie und Geschiebemergel auf.

Insgesamt fallen durch den Ausbau (inkl. Begegnungsstrecke und eines Warteplatzes vor Brunsbüttel, vgl. Unterlage B.2) im Profilmäß⁶ 33,4 Mio. m³ Baggergut an (entsprechend ca. 38,5 Mio. m³ Schutenmaß) an, die sich auf rd. 28,4 Mio. m³ in der Bundesstrecke und rd. 5 Mio. m³ in der Delegationsstrecke verteilen (Unterlage B.2).

Das Baggergut wird auf zahlreichen Verbringungsflächen abgelagert, wobei der überwiegende Teil des gebaggerten Materials im Bereich des Gewässers verbleibt. Nur etwa 5% des Baggerguts wird oberhalb MThw verbracht. Dabei handelt es sich um Teile der Ufervorspülungen (UVSP) Hetlingen und Wittenbergen sowie um das Spülfeld Schwarztonnensand. Außerdem ist die Verbringung von Material aus der künftigen Unterhaltsbaggerung auf dem Spülfeld Pagensand vorgesehen.

Die Verbringung des größten Teil des anfallenden Baggerguts (85%) erfolgt im Bereich des Gewässers unterhalb der MTnw-Linie als Übertiefenverfüllung (ÜTV), Unterwasserablagerungsfläche (UWA), zu einem geringen Teil auch im stromseitigen Abschnitt von Ufervorspülungen (UVSP) oder in Umlagerungsstellen (US). Die Verbringung von etwa 10 % des Baggerguts erfolgt zwischen MTnw- und MThw-Linie in den UVSP.

Die Ablagerungsflächen übernehmen neben der Baggergutunterbringung zum Teil auch strombauliche Funktionen und werden hierfür speziell gegen Erosion gesichert.

Eine Übersicht der geplanten Verbringungsstellen zeigt Tabelle 6-2.

Bezogen auf das Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente, sind solche Maßnahmenkomponenten von direkter Relevanz, die zu einer Veränderung der Sedimentqualität hinsichtlich der Nähr- und Schadstoffsituation am Ort der Abgrabung wie auch auf den Verbringungsflächen führen. Mit Ausnahme der Spülfelder Schwarztonnensand und Pagensand sind somit alle Verbringungsflächen wie auch die Abtragsflächen betroffen.

Einrichtung und Aufbau der Verbringungsflächen

Die Einrichtung und Bauausführung der Verbringungsflächen wird detailliert in der Vorhabensbeschreibung (Unterlage B.2) beschrieben. An dieser Stelle erfolgt daher lediglich eine Zusammenfassung mit Blick auf die Ausführung der Beschickung mit Baggergut und der Abdeckung der Oberfläche.

Unterwasserablagerungsflächen (UWA)

Um die Verdriftung von eingebrachtem Material insbesondere bei Einspülungen von Baggergut zu verhindern, erfolgt zunächst die Errichtung eines Dammes, der in seiner Konstruktion an die lokal vorherrschenden Strömungsverhältnisse angepasst ist. So wird im Fall der UWA Medemrinne-Ost zunächst stromseitig ein 2,5 m hoher Wall aus Schüttsteinen auf einer Sinkstückgründung eingebaut. In den übrigen UWA weist der

⁶ Das Profilmäß bezieht sich auf das Volumen des gewachsenen Bodens an der Gewässersohle.

erste Umfassungswall eine Höhe von etwa 1 m auf und besteht aus geeignetem sandigen Baggergut. Die Beschickung erfolgt durch Hinterschüttung des Walles (Verklappung und Verspülung) bis zur Walloberkante. Parallel wird eine nachlaufende Korngemischbeschickung des Walles durchgeführt. Je nach Höhe der jeweiligen UWA erfolgt bei gleichem Verfahren der Einbau in mehreren Ebenen bis zur geplanten Sollhöhe. Eine besondere Abdeckung der Oberfläche ist nicht vorgesehen, lediglich im Bereich der Böschung und der Böschungschulter erfolgt eine Abdeckung mit Schüttgut (Korngemisch).

Bei der UWA Medemrinne-Ost erfolgt oberhalb des Schüttsteinwalles eine Beschickung mit Baggergut bis zur geplanten Sollhöhe. Die sich natürlicherweise einstellende Böschung wird mit Korngemisch abgedeckt und auf diese Weise gesichert. Wie auch bei den übrigen UWA handelt es sich bei dem verwendeten Korngemisch um geeignetes sandiges, relativ grobkörniges Baggergut. Der Einbau erfolgt in der UWA Medemrinne-Ost nachlaufend zur Einbringung von Baggergut, so dass stärker belastetes Baggergut durch die entstehende Abdeckung gegen Verdriftung und spätere Erosion gesichert ist. Die Korngemischabdeckung erfolgt dabei in der UWA Medemrinne-Ost insgesamt auf etwa 30% der Gesamtfläche. Beim Einbau des Baggerguts erfolgt darüber hinaus keine besondere Abdeckung der übrigen Oberfläche durch spezielle Materialien.

In der UWA Neufelder Sand erfolgt ebenfalls eine Sicherung der Böschung und der Böschungschulter durch Korngemischabdeckung. Diese nimmt hier etwa 10 % der Gesamtfläche ein.

Bei den zum Bau der Unterwasserablagerungen verwendeten Materialien handelt es sich bis auf Sinkstücke und Schüttgut um Material aus den Abtragsflächen lediglich Bei Schüttgut handelt es sich um in Steinbrüchen gewonnenes schadstofffreies, geogenes Material von grober Textur (grobsandig bis steinig).

Übertiefenverfüllung (ÜTV)

Die Beschickung der Übertiefenverfüllung erfolgt zunächst durch Mergel, um einen filterstabilen Aufbau zu erreichen. Nachfolgend erfolgt bis zur geplanten Sollhöhe der Einbau von Sand. Eine besondere randliche Sicherung ist nicht erforderlich.

Ufervorspülungen (UVSP)

Im Gegensatz zu den UWA ist hier keine absolut lagefeste Ablagerung vorgesehen, eine besondere randliche Sicherung gegen Erosion wird daher nicht ausgeführt. Ein übermäßiger Abtrag durch Erosion soll durch Verwendung von relativ erosionsstabilem Material geeigneter Korngrößen vermieden werden. Die Böschungsneigungen der UVSP betragen zwischen MTnw und der geplanten Sollhöhe von etwa 1 dm unterhalb MThw 1:10 bis 1:20, die verbleibende Oberfläche ist bis zum Ufer nahezu eben. Der Einbau des sandigen Baggerguts erfolgt durch Einspülung.

Zeitlicher und räumlicher Bauablauf

Mit den Baumaßnahmen wird zunächst im Mündungstrichter der Elbe begonnen. Hier erfolgt zunächst die Bereitstellung der UWA Medemrinne-Ost und der UWA Neufelder

Sand, um frühzeitig große Aufnahmekapazitäten für Baggergut zu schaffen. Gleichzeitig ist hier die Beschickung mit Baggergut vorgesehen, das stromab km 695 gewonnen wird. Zeitnah folgt die Vorbereitung der UWA Glameyer Stack-Ost, UWA und ÜTV St. Margarethen, UWA und UVSP Brokdorf, UWA Scheelenkuhlen. Die Beschickung mit Baggergut erfolgt weitgehend parallel zur Einrichtung. Mit dem Beginn der Baggerung bindiger Substrate wird zwei Monate (UG-Abschnitte "Glückstadt" und "Brunsbüttel") bzw. drei Monate nach Baubeginn begonnen (UG-Abschnitte "Wedel" und "Hamburg"). Dabei werden in den UG-Abschnitten "Glückstadt" und "Brunsbüttel" Klei und Sand sowie in den UG-Abschnitten "Wedel" und "Hamburg" Mergel und Sand gebaggert und in die Verbringungsflächen verbracht.

Die Verbringung folgt allgemein dem Prinzip einer ortsnahen Deponierung des Baggerguts. Dabei werden die Verbringungsstellen in der Regel mit stromauf abgetragenen Sedimenten beschickt. Eine Ausnahme stellen die in der Hamburger Delegationsstrecke gebaggerten Mergel und Sande dar. Diese werden zum überwiegenden Teil in die UWA Medemrinne-Ost verbracht.

Weitere Informationen können der Vorhabensbeschreibung (Unterlage B.2) entnommen werden.

6.2 Methodische Vorgehensweise

Im Rahmen der Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen ist zu prüfen, ob im Bereich der Abtragsflächen sowie im Bereich der Ablagerungsflächen erheblich negative Änderungen der Sedimentqualität eintreten werden.

Hierzu wird die Belastung der gebaggerten Sedimente in Abhängigkeit von Entnahmeort und Substrattyp abgeschätzt und mit der abschnittstypischen Belastung der Verbringungsflächen verglichen.

6.2.1 Bewertungsverfahren

Verfahren

Die Bewertung der Belastung des Baggerguts und der Verbringungsflächen erfolgt analog der Vorgehensweise bei der Beschreibung und Bewertung des Ist-Zustands nach der Methodik zur Umweltrisikoeinschätzung (URE) [BFG 2001; ACKERMANN, SCHUBERT & KREBS 2003]. Dabei wird zunächst gemäß Tabelle 4-34 (S.65) die Belastung durch die einzelnen Schadstoffe bewertet. Die Gesamteinstufung ergibt sich aus der schlechtesten Einzeleinstufung.

Das Bewertungsverfahren wird auf das abzulagernde Baggergut wie auch auf die Verbringungsflächen⁷ angewendet und die Einzelbewertungen sowie die Gesamtbe-

⁷ Dabei beschränkt sich dieses Teilgutachten auf die Ablagerungsflächen innerhalb des Gewässers gemäß WHG. Die Bewertung landseitiger Verbringung von Baggergut (Spülfelder, Teile der UVSP) erfolgt im Teilgutachten zum Schutzgut Boden (Unterlage H.3).

wertungen von Verbringungsflächen und dem auf ihnen abgelagerten Baggergut verglichen. Die Bewertung der vorhabensbedingten Änderungen erfolgt vorrangig auf Basis der künftigen mittleren Schadstoffgehalte in den Ablagerungsflächen.

Dabei erfolgt die Mittelung in der Form, dass die Gehalte der verschiedenen abzulagernden Substrate anteilig gewichtet in den Mittelwert für die Ablagerungsfläche eingehen. Da es möglich ist, dass bei der Baggerung und bei der Umlagerung keine vollständige Vermischung der unterschiedlichen Substrate erfolgt und damit höher belastetes Sediment an der Oberfläche der Ablagerung liegt, werden entsprechende Hinweise in den Text aufgenommen.

Verfahrensgrundlagen und Verfahrensbegründung

Als Grundlage der Ermittlung der Belastungsniveaus von Baggergut und Verbringungsflächen dient die im Rahmen der Beschreibung und Bewertung des Ist-Zustands dargestellte Belastungssituation mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen. Wie die Beschreibung und Bewertung des Ist-Zustands erfolgt somit auch die Prognose auf Basis der spezifischen Sedimentbelastung in der Feinkornfraktion < 20 µm. Aussagen über die Änderung der absolute Belastung der Sedimente werden nicht getroffen.

Für die **spezifische Belastung der gebaggerten Sedimente** werden die Belastungsspektren der jeweiligen Untersuchungsabschnitte herangezogen, aus denen das Baggergut stammt. Bei den Abtragsflächen handelt es sich überwiegend um Bereiche in der Fahrrinne selbst sowie um Fahrrinnen-nahe Bereiche. Hier tritt als belastetes Sediment überwiegend kontinuierlich umgelagertes Material auf, das die aktuelle Belastung der Sedimente und Schwebstoffe widerspiegelt. Für die Ermittlung der spezifischen Belastung des Baggerguts wird somit das Belastungsspektrum des Sediment-Typs "U" zugrunde gelegt (s. Abschnitt 4.2.2.1). In Abhängigkeit von beigemischten Anteilen unbelasteten, natürlichen Materials im Baggergut werden hinsichtlich der Gesamt-Belastung Abschläge vergeben und die Belastungsanteile im Baggergut berechnet (näheres hierzu in Abschnitt 4.4.3.1.1). Aus den zugrundegelegten Belastungswerten des Sedimenttyps "U" lässt sich das umgelagerte Baggergutvolumen unter zu Zuhilfenahme der Anteile belasteter und unbelasteter Sedimente in beliebigen Teilmengen beschreiben und bewerten.

Für die **spezifische Belastung der Sedimente in den Verbringungsflächen** werden die Belastungsspektren der jeweiligen Untersuchungsabschnitte herangezogen, in denen die betreffenden Flächen lokalisiert sind. Bei den hier anstehenden Ablagerungen handelt es sich um überwiegend festliegendes Material, das in der jüngsten, oberflächlich anstehenden Sedimentschicht der aktuellen Belastung der frischen Sedimente entspricht. Im oberflächennahen Untergrund können in stärkerem Maße auch ältere Ablagerungen aus der Zeit vor 1992 auftreten. Diese können gegenüber der aktuellen Schwebstoffbelastung potenziell erhöhte Belastungswerte aufweisen.

Da im Zuge von Probenahmen überwiegend Material aus den oberen 1 – 2 dm entnommen wird, können auch Anteile älterer Sedimente enthalten sein. Die Belastungswerte wären gegenüber der aktuellen Schwebstoffbelastung entsprechend erhöht, spiegeln jedoch die Belastungssituation in den Fahrrinnen-fernen Seitenberei-

chen und damit auch in den Verbringungsflächen wider. Für die Ermittlung der spezifischen Belastung der Verbringungsflächen wird somit das Belastungsspektrum des Sediment-Typs "F" zugrunde gelegt (s. Abschnitt 4.2.2.1).

Die gewählte Verfahrensweise zur Beschreibung der Belastungssituation in den Verbringungsflächen begründet sich in dem Umstand, dass eine Differenzierung der oberflächennahen Sedimente in den Verbringungsflächen in aktuelle rezente Sedimente und ältere, höher belastete, rezente Sedimente mit vertretbarem Aufwand nicht möglich ist. Um eine repräsentative Datengrundlage zu schaffen, die zur Beschreibung und Bewertung der Belastungssituation in den Verbringungsstellen geeignet ist, wäre in allen 20 Teilflächen der Verbringungsflächen ein umfangreicher Sondierungs- und Analysenaufwand erforderlich.

Gleiches gilt hinsichtlich einer Abgrenzung der rezenten belasteten Sedimente von unbelasteten, natürlichen Sedimenten im Tiefenprofil.

Aus den zugrundegelegten Belastungswerten des Sedimenttyps "F" lässt sich für die Verbringungsflächen somit das aktuelle Belastungsniveau bis in eine Tiefe beschreiben, in der üblicherweise Probenahmen stattfinden, d. h. für die oberen 2 – 3 dm.

Besonderheiten

1. Da im UG-Abschnitt "Außenelbe" für die Sedimente des Typs "U" keine ausreichende Datengrundlage vorhanden ist, wird hier ersatzweise das Datenkollektiv "Typ F" herangezogen. Diese Herangehensweise ist insofern gerechtfertigt, da die Unterschiede zwischen den Typen "F" und "U" hinsichtlich der meisten Parameter nur klein sind. Da die Sedimente der Typs "F" tendenziell höher belastet sind als die des Typs "U", erfolgt aufgrund dieser Vorgehensweise keine Unterschätzung der tatsächlichen spezifischen Gehalte des Baggergutes.
2. Für die Einstufung der Sedimente im Abschnitt "Cuxhaven" für die Gruppe der umgelagerten Sedimente (Typ "U") wird hinsichtlich TBT ein Gehalt von 50 µg/kg festgesetzt, da in der vorhandenen Datengrundlage aufgrund des geringen n (n=1) keine Ableitung begründeter Durchschnittswerte möglich ist.
3. Für die Einstufung der Sedimente in den Abschnitten "Cuxhaven" und "Außenelbe" für die Gruppe der umgelagerten Sedimente (Typ "U") werden hinsichtlich der Parameter KW und PeCB die Belastungswerte des Abschnitts "Brunsbüttel" (Typ "U") zugrunde gelegt, da in der verwendeten Datengrundlage keine Werte hinsichtlich dieser Parameter vorliegen. Aufgrund dieser Vorgehensweise erfolgt keine Unterschätzung der tatsächlichen spezifischen Gehalte des Baggergutes, da Werte aus stärker belasteten Abschnitten verwendet wurden.

Bewertungsmaßstab der vorhabensbedingten Auswirkungen

Der verwendete Bewertungsmaßstab ist an HABAK-WSV [BFG 1999] und URE [BFG 2001] angelehnt. Die vorhabensbedingte Änderung der Schadstoffsituation wird als "gering negativ" eingestuft, wenn sich die Belastung eines einzelnen Schadstoffs gegenüber dem Ist-Zustand um mindestens Faktor 2 erhöht ohne dass sich die Gesamteinstufung ändert.

Die vorhabensbedingten Auswirkung wird als "erheblich negativ" eingestuft, wenn sich die Gesamteinstufung der Fläche gegenüber dem Ist-Zustand um mindestens – 1 Wertstufe ändert.

Die dargelegte Einstufung erfolgt vorbehaltlich einer langfristigen Wirkungsdauer (> 3 Jahre). Sofern eine höchstens mittelfristige Wirkungsdauer eintritt (≤ 3 Jahre) werden vorhabensbedingte Auswirkungen im ersten o.g. Fall als "gering negativ" und im zweiten o.g. Fall als "neutral" eingeschätzt (Tabelle 6-3).

Tabelle 6-3: Bewertungsmaßstab zur Ermittlung der Erheblichkeit von negativen Auswirkungen auf die spez. Schadstoffgehalte

Auswirkung	Dauer der Auswirkung	Grad der Veränderung	Grad der Erheblichkeit
Änderung der Gesamteinstufung um mindestens – 1	langfristig(> 3 Jahre)	"deutlich negativ"	"erheblich negativ"
	mittelfristig (≤ 3 Jahre)	"gering negativ"	"unerheblich negativ"
	kurzfristig(≤ 3 Monate)	"neutral"	"neutral"
Gehaltszunahme eines Parameters um > Faktor 2 <u>ohne</u> Änderung der Gesamteinstufung	langfristig(> 3 Jahre)	"gering negativ"	"unerheblich negativ"
	mittelfristig (≤ 3 Jahre)	"neutral"	"neutral"

6.3 Beschreibung und Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen

Die Prognose der vorhabensbedingten Auswirkungen erfolgt getrennt nach den direkten, baubedingten und den indirekten, anlage- und betriebsbedingten Wirkungen. Die Sedimente werden dabei von Effekten betroffen, die entweder zu einer Änderung der örtlichen Schadstoffbelastung führen oder aber die physikochemischen Eigenschaften der Sedimente verändern, woraus wiederum Änderungen des Stoffaustausches mit dem Wasserkörper resultieren können.

Eine Bewertung und Prüfung auf Erheblichkeit der vorhabensbedingten Auswirkungen auf das Schutzgut Sedimente kann dabei nur hinsichtlich solcher Effekte erfolgen, die geeignet sind, die Wertigkeit der Sedimente bezüglich der Schadstoffbelastung zu verändern. Um eine Vergleichbarkeit von Sedimenten unterschiedlicher Feinkörnigkeit zu erreichen, erfolgt die Bewertung der Sedimente aufgrund ihrer spezifischen (relativen) Belastung.

Vorhabensbedingte Änderungen des Stoffaustausches der Sedimente mit dem Wasserkörper bewirken aufgrund der überwiegend geringen ausgetauschten Konzentrationen meist keine substanziellen Veränderungen der Schadstoffgehalte der Sedimente und sind damit hinsichtlich der Bewertung in der Regel nicht relevant. Die Wirkungen des geplanten Vorhabens auf den Stoffaustausch werden daher im Rahmen der Prognose beschrieben und die Änderungen der Stoffflüsse gegenüber dem Wasserkörper zur Kenntnis gegeben. Die Prüfung der Erheblichkeit der Auswirkungen von vorhabensbedingten Änderungen des Stoffaustausches auf andere Schutzgüter (ins-

bes. durch Stoffemissionen) erfolgt jeweils in den betreffenden Unterlagen (Unterlage H.2a: Wasser: Oberirdische Gewässer, Teilbereich Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt und Unterlage H.5a – c: Tiere und Pflanzen, aquatisch.

6.3.1 Baubedingte Auswirkungen

6.3.1.1 Beschreibung und Bewertung der vorhabensbedingten Veränderungen im Bereich der Abtragsflächen

Im Folgenden wird zunächst allgemein die Struktur und Dynamik im Bereich der Fahrrinnensohle und der Fahrrinnenböschung dargestellt. Anschließend werden die vorhabensbedingten Veränderungen auf den Abtragsflächen beschrieben und bewertet.

Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Fahrrinnensohle

Die Fahrrinne ist bis in eine Tiefe eingeschnitten, in der natürlicherweise vorwiegend holozäne und pleistozäne Sande anstehen. An der Fahrrinnensohle tritt Klei in der Regel nicht mehr auf. Örtlich kann hier jedoch Geschiebemergel anstehen.

Die Fahrrinnensohle selbst ist durch starke Sedimentumlagerungsprozesse gekennzeichnet. Hier anstehende rollige Sedimente sind durch die hydrodynamischen Transportvorgänge, durch die Unterhaltungsbaggerungen sowie durch Auswirkungen des Schiffsverkehrs in ständiger Umlagerung begriffen. Diese Sedimente sind entsprechend überwiegend sandig und jung. Auch über an der Sohle anstehenden Geschiebemergeln findet sich auf Grund der Umlagerungsprozesse in der Regel eine mehrere Dezimeter mächtige Lage junger Sedimente. Streckenweise treten in Bereichen mit verminderter Strömungsgeschwindigkeit statt der Sande auch feinkörnige, rezente Sedimente ("Schlick") an der Gewässersohle auf.

Durch die Baggerung erfolgen an der Fahrrinnensohle durch die Freilegung von rezenten belasteten wie auch natürlichen unbelasteten Sedimenten direkte Auswirkungen:

- Bei einer Freilegung von rezenten, belasteten Sedimenten tritt vor Ort gegenüber dem Ist-Zustand keine Veränderung der Schadstoffsituation ein, dem Grad der Wirkung nach ist die Auswirkung als "neutral" einzustufen.
- Bei der Freilegung unbelasteter Sedimente verbessert sich die Schadstoffsituation vor Ort, die vorhabensbedingten Auswirkungen sind demnach als "positiv" zu bezeichnen.

Bei einer Freilegung von Sedimenten als Folge von Baggerungen ist jedoch davon auszugehen, daß sich kurzfristig erneut rezente, meist sandige Sedimente einstellen, die den lokalen Strömungsgeschwindigkeiten entsprechen.

Insgesamt sind damit durch Baggerungen im Bereich der Fahrrinnensohle keine Veränderungen des Substrattyps zu erwarten, da infolge von Erosions- und Sedimentationsprozessen die freigelegten Sedimente kurzfristig überprägt werden. Die vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Abtragsflächen im Bereich der Fahrrinnensohle sind entsprechend nicht dauerhaft und daher als "**neutral**" zu bewerten.

Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Fahrrinnenböschung

Im Bereich der Fahrrinnenböschung können verschiedene Substrate auftreten. Dabei kann es sich um natürliche Sedimente wie Klei, Geschiebemergel sowie holozäne oder glazifluvialtile Sande handeln, aber auch um ältere, rezente Sedimente. Die anstehenden Substrate sind in unterschiedlicher Mächtigkeit von rezenten Sedimenten überdeckt, können in besonders steilen oder strömungsexponierten Bereichen aber auch freiliegen.

Fahrrinnenböschungen werden durch Baggerungen insofern betroffen, als dass auch in Abschnitten ohne Verbreiterung der Fahrrinne beiderseits eine seitliche Überbaggerung von 5 m angesetzt wird. Davon ausgenommen ist der Abschnitt Hamburg, wo aufgrund der Beschaffenheit der Ufer streckenweise keine Überbaggerung im Seitenbereich ausgeführt wurde.

Die sich bei der Baggerung einstellende Böschungsneigung ist abhängig vom anstehenden Substrattyp. Feste, bindige Sedimente wie Geschiebemergel oder Klei bilden steile Unterwasserböschungen, während sich in Sanden durch Hangrutschungen flache Neigungen einstellen. Als Folge der Sohlvertiefung stellen sich sekundär durch Erosionsvorgänge und Abrutschungen (morphologischer Nachlauf) weitere morphologische Änderungen (Freilegungen, Ausspülungen, Überdeckungen) ein. Die o. g. Veränderungen können somit zu Veränderungen des anstehenden Substrattyps führen.

Die Informationsdichte zur Abschätzung der Veränderungen der Sedimenttypen im Böschungsbereich ist gering, da den vorliegenden Schichtenverzeichnissen [BAW 1999] nicht entnommen werden kann, in welcher Mächtigkeit die anstehenden jungen Sedimente die tieferliegenden natürlichen Sedimente überlagern (Erläuterung in Abschnitt 4.4.3.1.2). Zusätzlich ist davon auszugehen, dass die Schichtmächtigkeit der rezenten Sedimentdecke aufgrund der Abhängigkeit von der Exposition sehr heterogen ausgebildet ist, so dass die rezenten Sedimente in stärker strömungsexponierten Bereichen fehlen und hier natürliche Substrate oberflächlich anstehen.

Die folgenden Darstellungen beschreiben und bewerten daher die potentiell möglichen Fälle von Veränderungen der anstehenden Substrattypen und die Konsequenzen hinsichtlich der Bewertung der spezifischen Schadstoffbelastung. Hinsichtlich der Wirkungsdauer kann eine langfristige Wirkung der Maßnahme nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, wenngleich im Falle einer sekundären, natürlichen Überdeckung von durch die Baggerungen freigelegten Sedimenten auch häufig von einer nur mittelfristigen Wirkung ausgegangen werden kann.

Fall 1:

Es werden durch die Baggerung natürliche Sedimente entfernt und natürliche Sedimente freigelegt.

Bewertung: Die spezifischen Gehalte an Schwermetallen und organischen Schadstoffen verändern sich an der Oberfläche und im Untergrund durch die Freilegung nicht.

Die vorhabensbedingten Auswirkungen sind in diesem Fall als "**neutral**" zu bezeichnen.

Fall 2:

Es werden rezente Sande oder Schlicke entfernt und natürliche Sedimente des Untergrundes freigelegt. Durch Umlagerungsdynamik erfolgt möglicherweise eine erneute Überdeckung mit rezenten Sedimenten.

Bewertung: Die spezifischen Gehalte an Schwermetallen und organischen Schadstoffen verringern sich in dem Fall, dass die freigelegten Sedimente nicht erneut von rezenten, belasteten Substraten überdeckt werden. Im Falle einer neuerlichen Überdeckung stellt sich die für den betreffenden UG-Abschnitt typische Belastungssituation erneut ein, die spezifische Belastung der Gewässersohle wird sich entsprechend nicht verändern.

Die vorhabensbedingten Auswirkungen sind in diesem Fall als "**positiv**" bzw. als "**neutral**" zu bezeichnen.

Fall 3:

Es werden natürliche Sedimente entfernt und im Untergrund rezente belastete Sedimente freigelegt. Durch Umlagerungsdynamik erfolgt möglicherweise eine erneute Überdeckung mit rezenten Sedimenten.

Bewertung: Durch die Freilegung erhöht sich die spezifische Belastung am Entnahmeort auf das für den UG-Abschnitt typische Belastungsniveau. In dem Fall, dass es sich um ältere rezente Sedimente handelt, kann sich auch eine Belastung einstellen, die über der aktuellen rezenten spezifischen Belastung der Sedimente liegt. Auch im Falle einer neuerlichen Überdeckung durch rezentes Sediment wird die Belastung höher als im Ist-Zustand sein.

Der dargelegte Fall kann nur an solchen Positionen auftreten, an denen die natürlicherweise auftretende geologische Situation (junges rezentes Material über liegenden natürlichen Sedimenten) gestört ist. Dies kann z. B. dort der Fall sein, wo infolge von Rutschungen an der Böschung liegende rezente und belastete Sedimente von umgelagerten natürlichen Sedimenten überdeckt wurden. Die dargestellte Situation ist überwiegend theoretischer Natur, und als wenig wahrscheinlich einzuschätzen. Darüber hinaus sind keine Punkte bekannt, an denen dieser Fall auftritt. Grundsätzlich ist aber zu vermuten, dass nur sehr geringe Flächenanteile betroffen sind.

Im Fall 3 erfolgt **keine Bewertung**, da aufgrund der geringen Ausdehnung der betroffenen Fläche keine Erheblichkeit begründbar ist.

Fall 4:

Es werden rezente, belastete Sedimente entfernt und im Untergrund rezente, belastete Sedimente freigelegt. Durch Umlagerungsdynamik erfolgt möglicherweise eine erneute Überdeckung mit rezenten Sedimenten.

Bewertung: Durch die Freilegung wie auch Überdeckung erhöht sich die spezifische Belastung am Entnahmeort nicht. Die vorhabensbedingten Auswirkungen sind in diesem Fall als "**neutral**" zu bezeichnen.

Fall 5:

Es werden rezente, belastete Sedimente abgetragen und im Untergrund ältere rezente und höher belastete Sedimente freigelegt. Durch Umlagerungsdynamik erfolgt möglicherweise eine erneute Überdeckung mit rezenten Sedimenten.

Bewertung: Durch die Freilegung erhöht sich die spezifische Belastung am Entnahmeort. Über die Höhe der Zunahme kann im Einzelnen keine Angaben gemacht werden. Die vorhabensbedingten Auswirkungen sind je nach Grad der Belastungszunahme als "**gering negativ**" oder auch als "**deutlich negativ**" einzustufen.

Bei einer Überdeckung mit rezenten Sedimenten erhöht sich die spezifische Belastung am Entnahmeort nicht, sondern verbleibt auf dem gleichem Niveau. Die vorhabensbedingten Auswirkungen sind in diesem Fall als "**neutral**" zu bezeichnen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass erheblich negative Wirkungen nur im Fall 5 auftreten können.

Potenziell von vorhabensbedingten Auswirkungen betroffene Bereiche

Auf der geplanten Ausbaustrecke kann eine erhebliche Verschlechterung der spezifischen Schadstoffbelastung insbesondere im Bereich des Mühlenberger Lochs eintreten. Hier ist im ehemaligen Mündungsbereich der Alten Süderelbe seit ihrer Abdämmung in den 60er Jahren eine mehrere Meter mächtige Schicht hochbelasteter feinkörniger Schlicke sedimentiert [ACKERMANN & STAMMERJOHANN 1996]. Vergleichbare Situationen treten in der Unterelbe in unmittelbarer Nähe der Fahrrinne nicht auf, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die dargestellte Situation lediglich am Mühlenberger Loch auftritt.

Im Zuge des Vorhabens ist im Bereich des Mühlenberger Lochs zwischen km 633 und km 635,5 die Verbreiterung der Fahrrinne um bis zu 20 m geplant.

Bei einer mittleren Baggertiefe von etwa 7 dm werden etwa 1700 m² Böschungfläche in diesem Bereich freigelegt. Hier besteht die Möglichkeit der Freilegung von alten, hochbelasteten (rezenten) Sedimenten, deren Belastungsniveau höher ist als das der aktuell im Gewässer vorliegenden Sedimente. Die potenziellen vorhabensbedingten Auswirkungen in diesem Bereich sind als "neutral" bis "erheblich negativ" einzustufen. Eine exakte Aussage über den Anteil der erheblich betroffenen Teilfläche kann jedoch aus folgenden Gründen nicht getroffen werden:

- Die Verbreitung des im o. g. Bereich potenziell anstehenden hochbelasteten Sediments ist unbekannt.
- Es ist von einer heterogenen Oberflächenstruktur der Böschung auszugehen. In diesem Zusammenhang ist eine Abschätzung der Anteile von freiliegenden hochbelasteten alten Ablagerungen und von durch rezente Sedimente überdeckten Bereichen nicht möglich.
- Es ist davon auszugehen, dass sich nach Durchführung der vorhabensbedingten Maßnahmen kurzfristig erneut eine heterogene Böschungsstruktur aus freiliegenden und neu überdeckten Bereichen ausbildet. Auch für diesen Fall können keine begründbaren Abschätzungen erfolgen.

Die Klärung der Untergrundverhältnisse in diesem Bereich kann ausschließlich hinsichtlich des Ist-Zustands und nur durch engmaschige Probennahme in Verbindung

mit Schadstoffanalytik erreicht werden. Hieraus liessen sich jedoch wiederum nur sehr begrenzt begründete Aussagen zum Zustand nach Durchführung der vorhabensbedingten Maßnahmen ableiten. Zusammenfassend wird daher festgestellt, dass der erhebliche Aufwand, der zur Feststellung der Untergrundsituation erforderlich wäre, in keinem angemessenen Verhältnis zur Möglichkeit einer belastbaren Aussage steht.

Vorsorglich wird daher in einer "worst-case-Analyse" unterstellt, dass im gesamten Böschungsabschnitt höher belastete Sedimente freigelegt werden. Hiervon werden etwa 1700 m³ Böschungsfläche betroffen, für die eine Änderung der Wertstufe um – 1 festzustellen ist. Die vorhabensbedingte Auswirkung ist bei langfristiger Wirksamkeit als deutlich und damit auch als "**erheblich negativ**" einzustufen.

Bei der Verbreiterung fallen in diesem Bereich maximal 25.000 m³ Baggergut an⁸, die gemäß Bagger- und Verbringungsplan in die UWA Medemrinne-Ost (UG-Abschnitt Außenelbe) verbracht werden sollen.

Von gutachterlicher Seite wird empfohlen, bei Baggerungen in dem genannten Bereich das Baggergut stichprobenartig auf seine Belastung hin zu untersuchen und bei nachgewiesener hoher Belastung des Baggerguts die vorgesehene Verbringungsstrategie anzupassen.

6.3.1.2 Beschreibung und Bewertung der vorhabensbedingten Veränderungen der Sedimentbelastung im Bereich der Verbringungsflächen

6.3.1.2.1 Veränderungen durch die Baggergutverbringung gemäß Verbringungskonzept

Ziel des Verbringungskonzepts ist die Deponierung des Baggerguts bei gleichzeitiger Verfolgung strombaulicher Maßnahmen. Dabei sollen nachteiligen morphologischen Trends entgegengewirkt und ökologische Ausbaufolgen vermieden bzw. vermindert werden.

In Tabelle 6-4 werden die Verbringungsflächen hinsichtlich des jeweils abzulagernden Baggerguts charakterisiert. In der Regel erfolgt die Ablagerung des Baggerguts auf der zum Abtragsort stromab nächstgelegenen Ablagerungsstelle. Auf diese Weise wird erreicht, dass ein Großteil des Baggerguts in nur möglichst wenig gering belastete Gewässerabschnitte verbracht wird.

Im Folgenden werden die berechneten spezifischen Schadstoffgehalte des abzulagernden Baggerguts und die Schadstoffgehalte im Bereich der Verbringungsflächen bewertet und verglichen. Als Grundlage zur Berechnung der Belastung des Baggerguts wurde dabei jeweils die mittlere spezifische Belastung von häufig umgelagerten Sedimenten des UG-Abschnitts herangezogen, in dem die Sedimente abgetragen

⁸ Unterstellt wird eine Verlegung von im Mittel 15 m.

Tabelle 6-4: Charakterisierung der Baggergutzusammensetzung in den Verbringungsflächen hinsichtlich Herkunft, Bodenklasse und Belastung

UG-Abschnitt	Baggerabschnitt	km	Bodenklasse AB n. DIN 18311		Bodenklasse C n. DIN 18311		Bodenklasse D-K n. DIN 18311		Summe [m ³]
			[m ³]	b.A.	[m ³]	b.A.	[m ³]	b.A.	
UVSP WITTENBERGEN (km 636 – 638)									
3 WED	9	632,0 - 633,5	-	-	-	-	40.000	1	
3 WED	10	633,5 - 636,4	-	-	-	-	10.000	1	
3 WED	11	636,4 - 638,9	-	-	-	-	150.000	0,26	
		Summe					200.000		200.000
UVSP LÜHE-WISCH (km 643 / 644)									
3 WED	12	638,9 - 640,0	-	-	-	-	170.000	0,36	
3 WED	13	640,0 - 650,0	-	-	-	-	113.738	0,40	
4 GLU	14	650,0 - 650,2	-	-	-	-	2.262	0,46	
		Summe					286.000		286.000
UVSP HETLINGEN (km 649 – 650)									
3 WED	13	640,0 - 650,0	-	-	-	-	127.465	0,40	
4 GLU	14	650,0 - 650,2	-	-	-	-	2.535	0,46	
		Summe					130.000		130.000
SP SCHWARZTONNENSAND (km 663 – 665)									
3 WED	13	640,0 - 650,0	-	-	-	-	239.242	0,40	
4 GLU	14	650,0 - 650,2	-	-	-	-	4.758	0,46	
4 GLU	15	650,2 - 654,2	676.000	0,16	-	-	-	-	
		Summe	676.000				244.000		920.000
UVSP KOLLMAR A, B, C (km 664 – 668)									
3 WED	13	640,0 - 650,0	-	-	-	-	300.033	0,40	
4 GLU	14	650,0 - 650,2	-	-	-	-	5.967	0,46	
		Summe					306.000		306.000
UVSP GLÜCKSTADT STÖRMÜNDUNG OBERHALB (km 676 – 678)									
3 WED	13	640,0 - 650,0	-	-	-	-	1.313.870	0,40	
4 GLU	14	650,0 - 650,2	-	-	-	-	26.130	0,46	
		Summe					1.340.000		1.340.000
UVSP GLÜCKSTADT STÖRMÜNDUNG UNTERHALB (km 677 – 682)									
3 WED	13	640,0 - 650,0	-	-	-	-	1.267.787	0,40	
4 GLU	14	650,0 - 650,2	-	-	-	-	25.214	0,46	
4 GLU	15	650,2 - 654,2	-	-	-	-	207.000	1	
		Summe					1.500.000		1.500.000
UVSP BROKDORF (km 683 – 685)									
4 GLU	15	650,2 - 654,2	-	-	-	-	367.000	1	
4 GLU	16	654,2 - 659,8	-	-	-	-	503.000	0,45	
		Summe					870.000		870.000
UWA SCHEELENKUHLN (km 685 – 687)									
4 GLU	16	654,2 - 659,8	-	-	-	-	535.000	0,45	
4 GLU	17	659,8 - 660,7	-	-	-	-	67.000	1	
4 GLU	18	660,7 - 663,1	-	-	-	-	300.000	0,80	
4 GLU	19	663,1 - 664,2	-	-	-	-	12.000	0,22	
4 GLU	20	664,2 - 665,1	-	-	-	-	40.000	0,60	
4 GLU	21	665,1 - 666,0	-	-	-	-	35.000	1	
4 GLU	22	666,0 - 669,0	-	-	-	-	123.000	0,76	
4 GLU	23	669,0 - 672,3	-	-	-	-	248.000	1	
4 GLU	24	672,3 - 673,3	-	-	-	-	341.000	0,57	
4 GLU	25	673,3 - 674,8	-	-	-	-	221.000	1	
4 GLU	26	674,8 - 677,0	-	-	-	-	211.680	0,63	
5 BRU	27	677,0 - 680,5	-	-	-	-	166.320	0,21	
		Summe					2.300.000		2.300.000
ÜTV ST. MARGARETHEN (km 692)									
3 WED	12	638,9 - 640,0	-	-	50.000	0	-	-	
4 GLU	26	674,8 - 677,0	-	-	-	-	28.000	0,63	
5 BRU	27	677,0 - 680,5	-	-	-	-	22.880	0,21	
		Summe			50.000		50.000		100.000

UG- Abschnitt	Bagger- abschnitt Nr.	km	Bodenklasse AB n. DIN 18311		Bodenklasse C n. DIN 18311		Bodenklasse D-K n. DIN 18311		Summe [m ³]
			[m ³]	b.A.	[m ³]	b.A.	[m ³]	b.A.	
UWA ST. MARGARETHEN (km 690 - 692)									
4	GLU	26	674,8 - 677,0	-	-	-	-	63.120	0,63
5	BRU	27	677,0 - 680,5	-	-	-	-	88.880	0,21
5	BRU	28	680,5 - 682,0	-	-	-	-	7.000	1
5	BRU	29	682,0 - 691,2	-	-	-	-	609.000	0,97
5	BRU	30	691,2 - 691,8	-	-	-	-	39.000	0,93
5	BRU	31	691,8 - 693,8	-	-	-	-	493.000	0,72
Summe								1.300.000	1.300.000
UWA NEUFELDER SAND (km 702 - 707)									
4	GLU	15	650,2 - 654,2	663.000	0,16	-	-	-	-
4	GLU	17	659,8 - 660,7	268.000	0,33	-	-	-	-
4	GLU	19	663,1 - 664,2	49.000	0,92	-	-	-	-
4	GLU	21	665,1 - 666,0	81.000	0,56	-	-	-	-
4	GLU	23	669,0 - 672,3	579.000	0,35	-	-	-	-
4	GLU	25	673,3 - 674,8	221.000	0,15	-	-	-	-
5	BRU	28	680,5 - 682,0	7.000	0,66	-	-	-	-
5	BRU	29	682,0 - 691,2	68.000	0	-	-	-	-
5	BRU	31	691,8 - 693,8	143.000	0	-	-	79.000	0,72
5	BRU	32	693,8 - 704,0	4.399.000	0,23	-	-	1.367.000	1
6	CUX	34	704,0 - 704,8	-	-	-	-	28.140	0,51
6	CUX	35	704,8 - 708,1	-	-	-	-	909.860	0,50
6	CUX	36	708,1 - 709,6	-	-	-	-	224.000	0,66
6	CUX	37	709,6 - 711,5	-	-	-	-	725.000	0,36
6	CUX	38	711,5 - 713,3	-	-	-	-	311.000	0,94
6	CUX	39	713,3 - 716,5	-	-	-	-	78.000	0,35
Summe				6.478.000				3.722.000	10.200.000
UWA MEDEM Rinne OST (km 711 - 717)									
2	HH	1-8	619,0 - 632,0	-	-	2.676.250	0,26	1.397.800	0,96
3	WED	9	632,0 - 633,5	-	-	131.850	0,24	157.800	1
3	WED	10	633,5 - 636,4	-	-	136.150	0,75	24.050	1
3	WED	11	636,4 - 638,9	-	-	331.300	0	622.800	0,26
3	WED	12	638,9 - 640,0	-	-	42.000	0	-	-
5	BRU	32	693,8 - 704,0	1.071.000	0,23	-	-	-	-
6	CUX	36	708,1 - 709,6	224.000	0	-	-	-	-
6	CUX	38	711,5 - 713,3	466.000	0	-	-	-	-
6	CUX	39	713,3 - 716,5	-	-	-	-	1.277.000	0,35
6	CUX	40	716,5 - 718,6	271.000	0,29	-	-	68.000	1
6	CUX	41	718,6 - 722,5	-	-	-	-	1.480.000	0,45
6	CUX	42	722,5 - 727,0	-	-	-	-	1.692.240	0,23
7	AUS	43	727,0 - 732,5	-	-	-	-	230.760	0,24
Summe				2.032.000		3.317.500		6.949.800	12.300.000
UWA GLAMEYER STACK - OST (km 714 - 717)									
6	CUX	42	722,5 - 727,0	-	-	-	-	558.800	0,23
7	AUS	43	727,0 - 732,5	-	-	-	-	76.200	0,24
7	AUS	44	732,5 - 748,0	-	-	-	-	765.000	0,46
Summe								1.400.000	1.400.000
US MEDEMBOGEN (Mündungstrichter)									
7	AUS	44	732,5 - 748,0	-	-	-	-	2.500.000	0,46
Summe								2.500.000	2.500.000
US NEUER LUECHTERGRUND (Außenelbe)									
7	AUS	44	732,5 - 748,0	224.000	0	-	-	993.000	0,46
Summe				224.000				993.000	1.217.000
N. N.									
5	BRU	33	WaPlatz (696,0)	1.200.000	0	-	-	300.000	0,58
Summe				1.200.000				300.000	1.500.000
Gesamtsumme				10.610.000		3.367.550		24.390.000	38.369.000

Abk.: b.A.: belasteter Anteil; WaPlatz: Warteplatz Brunsbüttel

wurden (Probenkollektiv Sediment-Typ "U")⁹. Die Belastungsanteile der einzelnen Baggergutkontingente können Tabelle 6-4 entnommen werden (zur Ermittlung der Belastungsanteile s. Abschnitt 4.4.3.1).

Als Bewertungsgrundlage für die Belastung in den Verbringungsflächen wurde die Einstufung der überwiegend festliegenden Sedimente des UG-Abschnitts herangezogen, in dem die Verbringungsstellen gelegen sind (Probenkollektiv Sediment-Typ "F").

UVSP Wittenbergen

Die Verbringungsfläche UVSP Wittenbergen liegt im UG-Abschnitt "Wedel". Auf der Verbringungsfläche ist die Ablagerung von 200.000 m³ relativ schadstoffarmen sandigen Baggerguts geplant.

Die Ablagerung erfolgt zum Teil außerhalb des schutzgutspezifischen Untersuchungsgebietes in mit höherer Vegetation bestandenen Wattbereichen wie auch oberhalb MThw. Diese Bereiche sind nicht Bestandteil des Teilgutachtens zum Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente. Die Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen in den genannten Teilflächen erfolgt in Unterlage H.3 (Teilgutachten Boden).

Die abzulagernden Sedimente werden überwiegend ortsnah in den Baggerabschnitten 9, 10 und 11 im UG-Abschnitt "Wedel" aus dem Bereich der Fahrrinne und der Begegnungsstrecke entnommen¹⁰. Das Material der Abschnitte 9 und 10 wird als spezifisch relativ hoch belastet eingestuft (Tabelle 4-49). Die im Bereich der geplanten Begegnungsstrecke entnommenen Sedimente enthalten dagegen nur zu einem geringen Anteil belastete rezente Sedimente (etwa zu einem Viertel).

Aufgrund der relativ hohen Beimischung von unbelasteten Sedimenten wird es im Bereich der Verbringungsfläche UVSP Wittenbergen insgesamt zu einer geringfügigen Verbesserung der Gehalte vieler Schadstoffe kommen. Die Gesamteinstufung des abgelagerten Baggerguts erfolgt aufgrund der relativ hohen TBT-Gehalte in die Wertstufe 2. Gleiches gilt auch für die Einschätzung der im UG-Abschnitt "Wedel" bestehenden Gesamtbelastungssituation.

Die Ablagerung des Baggerguts ist daher bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen UG-Abschnitt "Wedel" als "**neutral**" einzustufen.

Bei der Bewertung der Sedimentqualität wird eine vollständige Vermischung der Baggergutkontingente aus den verschiedenen UG-Abschnitten unterstellt. Beim Einbau der Sedimente ist jedoch in der Regel keine vollständige Homogenisierung gewährleistet. Je nach Abfolge des Einbaus der Sedimente aus den unterschiedlich belasteten UG-Abschnitten und Kompartimenten können an der Oberfläche daher auch geringfügige Verschlechterungen oder Verbesserungen der Sedimentqualität eintreten.

⁹ Ausnahme: UG-Abschnitt "Außenelbe": Es wurde das Datenkollektiv Typ "F" herangezogen, da für den Typ "U" keine ausreichende Datengrundlage zur Verfügung stand.

¹⁰ Der überwiegende Teil des in den Baggerabschnitten 9, 10, 11 anfallenden Sediments wird in die UWA Medemrinne-Ost verbracht. Die der Prognose für die UVSP Wittenbergen zugrunde gelegten Anteile an den Gesamtkontingenten aus den o. g. Baggerabschnitten betragen jeweils 20% des gebaggerten Gesamtvolumens.

Tabelle 6-5: Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Verbringungsflächen im Abschnitt "Wedel"

Schadstoff	Einheit	Abschnitt Wedel [†]		UVSP Wittenbergen		UVSP Lühe-Wisch		UVSP Hetlingen		Natürlicher Hintergrund	
		Belastung u. Wertstufe im Ist-Zustand		Belastung u. Wertstufe als Prognose		Belastung u. Wertstufe als Prognose		Belastung u. Wertstufe als Prognose			
Zink	[mg/kg]	620	2	286	3	256	3	265	3	100	5
Arsen	[mg/kg]	38,0	3	19,4	4	17,9	4	18,4	4	10	5
Cadmium	[mg/kg]	3,00	2	1,15	3	1,32	3	1,39	3	0,3	5
Chrom	[mg/kg]	100,0	3	85	4	83,7	4	83,9	4	80	5
Kupfer	[mg/kg]	79	3	43	4	40	4	41	4	20	5
Quecksilber	[mg/kg]	2,00	2	1,01	3	0,88	3	0,92	3	0,2	5
Nickel	[mg/kg]	57	3	36	4	35	4	35	4	30	5
Blei	[mg/kg]	85	4	53	4	48	4	50	4	25	5
PCB 28	[µg/kg]	1,55	4	0,67	4	0,56	4	0,60	4	0	5
PCB 52	[µg/kg]	1,61	3	0,81	4	0,68	4	0,72	4	0	5
PCB 101	[µg/kg]	2,8	3	1,94	4	1,6	4	1,7	4	0	5
PCB 118	[µg/kg]	1,3	4	0,67	4	0,6	4	0,6	4	0	5
PCB 138	[µg/kg]	5,93	3	4,71	3	3,94	4	4,17	3	0	5
PCB 153	[µg/kg]	8,1	3	5,38	3	4,5	4	4,8	4	0	5
PCB 180	[µg/kg]	4,6	3	3,0	3	2,5	3	2,7	3	0	5
∑ 7 PCB	[µg/kg]	29,47	3	17,40	4	14,60	4	15,46	4	0	5
α-HCH	[µg/kg]	1,35	2	0,56	3	0,47	3	0,50	3	0	5
γ-HCH	[µg/kg]	1,18	2	0,4	3	0,35	3	0,37	3	0	5
HCB	[µg/kg]	10,6	2	8,7	2	7,3	2	7,7	2	0	5
PeCBI	[µg/kg]	1,6	3	1,43	3	1,20	3	1,27	3	0	5
p,p' DDT	[µg/kg]	1,9	3	1,3	3	1,05	3	1,11	3	0	5
p,p' DDE	[µg/kg]	6,37	2	2,91	3	2,45	3	2,60	3	0	5
p,p' DDD	[µg/kg]	2,81	4	4,12	3	3,48	3	3,73	3	0	5
∑ 6 PAK	[µg/kg]	1.656	3	846	4	722	4	769	4	50	5
∑ 16 PAK	[µg/kg]	3.240	3	1.818	4	1.550	4	1.648	4	100	5
KW	[mg/kg]	348	3	218	4	191	4	199	4	50	5
TBT	[µg/kg]	152	2	123	2	103	2	109	2	0	5
Wertstufe		2		2		2		2		-	
Änderung		-		0		0		0		-	
Erheblichkeit		-		nein		nein		nein		-	

[†]) Einstufung für festliegende Sedimente (Typ "F")

Bei einem abschließenden Einbau von Sedimenten aus dem oberstromigen Bereich werden im ungünstigsten Fall oberflächennah Sedimente abgelagert, die relativ hohe Schadstoffgehalte aufweisen. Diese würden bei der zugrunde gelegten Baggergutzusammensetzung der Baggerabschnitte 9 und 10 maximal der im UG-Abschnitt "Wedel" typischerweise auftretenden Belastungsniveaus entsprechen. Die Maßnahme wäre in diesem Fall dennoch als auswirkungsneutral zu bezeichnen, da keine Verschlechterung der Schadstoffsituation eintritt. Entscheidende Verbesserungen der oberflächennahen Belastungssituation werden sich dagegen bei abschließendem Einbau von Sedimenten aus dem maximal stromab gelegenen Baggerabschnitts 11 einstellen, da diese zum großen Teil aus dem weniger belasteten Baggergut der Seitenbereichen bestehen (Tabelle 6-4).

UVSP Lühe (Wisch)

In der UVSP Lühe (Wisch) ist die Ablagerung von 286.000 m³ sandigen Baggerguts geplant. Das Baggergut stammt nahezu vollständig aus dem Abschnitt "Wedel" und zu einem geringen Teil aus dem UG-Abschnitt "Glückstadt".

Die Ablagerung erfolgt zum Teil außerhalb des schutzgutspezifischen Untersuchungsgebietes in mit höherer Vegetation bestandenen Wattbereichen. Diese Bereiche sind nicht Bestandteil des Teilgutachtens zum Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente. Die Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen in den genannten Teilflächen erfolgt im Teilgutachten zum Schutzgut Boden (Unterlage H.3).

Alle abzulagernden Baggergutkontingente enthalten zu einem erheblichen Anteil (54 – 64%) unbelastete Sedimente. Die Sedimentqualität auf der Verbringungsfläche wird sich bei Ablagerung des Baggerguts daher nicht verschlechtern. Tendenziell werden sich bezüglich verschiedener Schadstoffparameter auch Verbesserungen der Belastungssituation einstellen (Tabelle 6-5).

Eine Änderung der Gesamteinstufung tritt nicht ein, die Verbringungsfläche verbleibt in Wertstufe 2. Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen als "**neutral**" einzustufen.

UVSP Hetlingen

Die Verbringungsfläche UVSP Hetlingen liegt zum größeren Teil im UG-Abschnitt "Wedel", etwa 30 % der Fläche befindet sich bereits im UG-Abschnitt "Glückstadt". Auf der Verbringungsfläche ist die Ablagerung von 130.000 m³ sandigen Baggerguts geplant. Die Sedimente stammen ganz überwiegend aus dem Abschnitt "Wedel" und zum geringen Teil aus dem UG-Abschnitt "Glückstadt".

Die Ablagerung erfolgt zum Teil außerhalb des schutzgutspezifischen Untersuchungsgebietes in mit höherer Vegetation bestandenen Wattbereichen wie auch oberhalb MThw. Diese Bereiche sind nicht Bestandteil des Teilgutachtens zum Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente. Die Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen in den genannten Teilflächen erfolgt im Teilgutachten zum Schutzgut Boden (Unterlage H.3).

Die abzulagernden Baggergutkontingente enthalten zu einem erheblichen Anteil (54 – 60%) unbelastete Sedimente. Im UG-Abschnitt "Wedel" wird sich bei Ablagerung des Baggerguts die Sedimentqualität auf der Verbringungsfläche daher nicht verschlechtern. Tendenziell werden sich bezüglich verschiedener Schadstoffparameter Verbesserungen der Belastungssituation einstellen (Tabelle 6-5). Eine Änderung der Gesamteinstufung tritt nicht ein, die Verbringungsfläche verbleibt in Wertstufe 2. Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen UG-Abschnitt "Wedel" als "**neutral**" einzustufen.

Auch im UG-Abschnitt "Glückstadt" erfolgt im Bereich der Verbringungsfläche keine Verschlechterung der Sedimentqualität (Tabelle 6-6). Tendenziell werden sich bezüglich verschiedener Schadstoffparameter auch hier Verbesserungen der Belastungssituation einstellen. Eine Änderung der Gesamteinstufung tritt nicht ein, die Verbringungsfläche verbleibt in Wertstufe 2. Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der

vorhabensbedingten Auswirkungen im UG-Abschnitt "Glückstadt" als **"neutral"** einzustufen.

Bei der Bewertung der Sedimentqualität wird eine vollständige Vermischung der Baggergutkontingente aus den verschiedenen UG-Abschnitten unterstellt. Je nach Abfolge des Einbaus der Sedimente aus den unterschiedlich belasteten UG-Abschnitten und Kompartimenten können aber auch geringfügige Verschlechterungen oder Verbesserungen der Sedimentqualität in den oberflächennahen Bereichen eintreten.

UVSP Kollmar (A, B, C)

In der UVSP Kollmar A, B, C ist in drei Teilgebieten die Ablagerung von 306.000 m³ sandigen Baggerguts aus den UG-Abschnitten "Wedel" und "Glückstadt" vorgesehen. Das abzulagernde Material stammt überwiegend aus dem UG-Abschnitt "Wedel".

Tabelle 6-6: Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Verbringungsflächen im Abschnitt "Glückstadt"

Schadstoff	Einheit	Abschnitt Glückstadt [†]		UVSP Hetlingen		UVSP Kollmar A, B, C		UVSP Glückstadt (oberhalb)		Natürlicher Hintergrund	
		Belastung u. Wertstufe im Ist-Zustand		Belastung u. Wertstufe als Prognose		Belastung u. Wertstufe als Prognose		Belastung u. Wertstufe als Prognose			
Zink	[mg/kg]	514	2	265	3	265	3	265	3	100	5
Arsen	[mg/kg]	32,0	3	18,4	4	18,4	4	18,4	4	10	5
Cadmium	[mg/kg]	3,00	2	1,39	3	1,39	3	1,39	3	0,3	5
Chrom	[mg/kg]	95,0	4	83,9	4	83,9	4	83,9	4	80	5
Kupfer	[mg/kg]	59	4	41	4	41	4	41	4	20	5
Quecksilber	[mg/kg]	2,00	2	0,92	3	0,92	3	0,92	3	0,2	5
Nickel	[mg/kg]	55	3	35	4	35	4	35	4	30	5
Blei	[mg/kg]	87	4	50	4	50	4	50	4	25	5
PCB 28	[µg/kg]	1,99	4	0,60	4	0,60	4	0,60	4	0	5
PCB 52	[µg/kg]	2,18	3	0,72	4	0,72	4	0,72	4	0	5
PCB 101	[µg/kg]	5,3	3	1,7	4	1,7	4	1,7	4	0	5
PCB 118	[µg/kg]	2,0	4	0,6	4	0,6	4	0,6	4	0	5
PCB 138	[µg/kg]	7,57	3	4,17	3	4,17	3	4,17	3	0	5
PCB 153	[µg/kg]	9,6	3	4,8	4	4,8	4	4,8	4	0	5
PCB 180	[µg/kg]	5,8	3	2,7	3	2,7	3	2,7	3	0	5
∑ 7 PCB	[µg/kg]	35,05	3	15,46	4	15,46	4	15,46	4	0	5
α-HCH	[µg/kg]	0,97	3	0,50	3	0,50	3	0,50	3	0	5
γ-HCH	[µg/kg]	0,57	3	0,37	3	0,37	3	0,37	3	0	5
HCB	[µg/kg]	13,6	2	7,7	2	7,7	2	7,7	2	0	5
PeCBI	[µg/kg]	3,01	2	1,27	3	1,27	3	1,27	3	0	5
p.p' DDT	[µg/kg]	2,84	3	1,11	3	1,11	3	1,11	3	0	5
p.p' DDE	[µg/kg]	6,20	2	2,60	3	2,60	3	2,60	3	0	5
p.p' DDD	[µg/kg]	19,83	2	3,73	3	3,73	3	3,73	3	0	5
∑ 6 PAK	[µg/kg]	1.430	3	769	4	769	4	769	4	50	5
∑ 16 PAK	[µg/kg]	3.617	3	1.648	4	1.648	4	1.648	4	100	5
KW	[mg/kg]	568	3	199	4	199	4	199	4	50	5
TBT	[µg/kg]	154	2	109	2	109	2	109	2	0	5
Wertstufe		2		2		2		2		-	
Änderung		-		0		0		0		-	
Erheblichkeit		-		nein		nein		nein		-	

[†]) Einstufung für festliegende Sedimente (Typ "F")

Die Ablagerung erfolgt zum Teil außerhalb des schutzgutspezifischen Untersuchungsgebietes in mit höherer Vegetation bestandenen Wattbereichen. Diese Bereiche sind nicht Bestandteil des Teilgutachtens zum Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente. Die Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen in den genannten Teilflächen erfolgt im Teilgutachten zum Schutzgut Boden (Unterlage H.3).

Die abzulagernden Baggergutkontingente enthalten zu einem erheblichen Anteil (54 – 60%) unbelastete Sedimente. Die Sedimentqualität auf der Verbringungsfläche wird sich daher bei Ablagerung des Baggerguts nicht verschlechtern. Tendenziell werden sich bezüglich verschiedener Schadstoffparameter Verbesserungen der Belastungssituation einstellen (Tabelle 6-6). Eine Änderung der Gesamteinstufung tritt nicht ein, die Verbringungsfläche verbleibt in Wertstufe 2. Die Ablagerung des Baggerguts ist entsprechend als "**neutral**" einzustufen.

Bei der Bewertung der Sedimentqualität wird eine vollständige Vermischung der Anteile aus den verschiedenen UG-Abschnitten unterstellt. Je nach Reihenfolge des Einbaus der Sedimente aus den unterschiedlich belasteten UG-Abschnitten und Kompartimenten können aber auch geringfügige Verschlechterungen oder Verbesserungen der Sedimentqualität in den oberflächennahen Bereichen eintreten.

UVSP Glückstadt/Störmündung (oberhalb)

Die Verbringungsfläche UVSP Glückstadt / Störmündung (oberhalb) liegt zu etwa zwei Drittel im UG-Abschnitt "Glückstadt"; etwa ein Drittel der Fläche befindet sich bereits im UG-Abschnitt "Brunsbüttel". Auf der Verbringungsfläche ist die Ablagerung von 1.340.000 m³ sandigen Baggerguts geplant. Die Sedimente stammen ganz überwiegend aus dem Abschnitt "Wedel" und nur zum geringen Teil aus dem UG-Abschnitt "Glückstadt".

Die Ablagerung erfolgt zum Teil außerhalb des schutzgutspezifischen Untersuchungsgebietes in mit höherer Vegetation bestandenen Wattbereichen. Diese Bereiche sind nicht Bestandteil des Teilgutachtens zum Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente. Die Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen in den genannten Teilflächen erfolgt im Teilgutachten zum Schutzgut Boden (Unterlage H.3).

Die abzulagernden Baggergutkontingente enthalten zu einem erheblichen Anteil (54 – 60%) unbelastete Sedimente. Im UG-Abschnitt "Glückstadt" tritt auf der Verbringungsfläche entsprechend keine Verschlechterung der Sedimentqualität oder eine Änderung der Gesamteinstufung ein (Tabelle 6-6), die Verbringungsfläche verbleibt in Wertstufe 2. Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen im UG-Abschnitt "Glückstadt" als "**neutral**" einzustufen.

Auch im UG-Abschnitt "Brunsbüttel" erfolgt im Bereich der Verbringungsfläche keine Verschlechterung der Sedimentqualität (Tabelle 6-7). Eine Änderung der Gesamteinstufung tritt nicht ein, die Verbringungsfläche verbleibt in Wertstufe 2. Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen auch im UG-Abschnitt "Brunsbüttel" als "**neutral**" einzustufen.

Tabelle 6-7: Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Verbringungsflächen im Abschnitt "Brunsbüttel" (1)

Schadstoff	Einheit	Abschnitt Brunsbüttel [†]		UVSP Glückstadt (oberhalb)		UVSP Glückstadt (unterhalb)		UWA / UVSP Brokdorf		Natürlicher Hintergrund	
		Belastung u. Wertstufe im Ist-Zustand		Belastung u. Wertstufe als Prognose		Belastung u. Wertstufe als Prognose		Belastung u. Wertstufe als Prognose			
Zink	[mg/kg]	389	3	265	3	277	3	270	3	100	5
Arsen	[mg/kg]	34,0	3	18,4	4	19,9	4	22,9	3	10	5
Cadmium	[mg/kg]	1,00	3	1,39	3	1,61	3	2,14	3	0,3	5
Chrom	[mg/kg]	92,0	4	83,9	4	82,4	4	75,2	5	80	5
Kupfer	[mg/kg]	45	4	41	4	43	4	45	4	20	5
Quecksilber	[mg/kg]	1,00	3	0,92	3	0,93	3	0,74	3	0,2	5
Nickel	[mg/kg]	53	3	35	4	36	4	40	4	30	5
Blei	[mg/kg]	64	4	50	4	54	4	62	4	25	5
PCB 28	[µg/kg]	1,33	4	0,60	4	0,62	4	0,50	4	0	5
PCB 52	[µg/kg]	1,67	3	0,72	4	0,80	4	0,89	4	0	5
PCB 101	[µg/kg]	3,1	3	1,7	4	1,7	4	1,3	4	0	5
PCB 118	[µg/kg]	1,0	4	0,6	4	0,6	4	0,6	4	0	5
PCB 138	[µg/kg]	4,13	3	4,17	3	4,21	3	3,04	4	0	5
PCB 153	[µg/kg]	6,0	3	4,8	4	4,8	4	3,2	4	0	5
PCB 180	[µg/kg]	2,4	3	2,7	3	2,6	3	1,6	4	0	5
∑ 7 PCB	[µg/kg]	19,96	4	15,46	4	16,22	4	14,27	4	0	5
α-HCH	[µg/kg]	0,30	4	0,50	3	0,55	3	0,57	3	0	5
γ-HCH	[µg/kg]	0,54	3	0,37	3	0,37	3	0,26	3	0	5
HCB	[µg/kg]	5,6	3	7,7	2	8,7	2	9,9	2	0	5
PeCBI	[µg/kg]	1,19	3	1,27	3	1,23	3	0,69	4	0	5
p.p' DDT	[µg/kg]	0,99	4	1,11	3	1,02	3	0,33	4	0	5
p.p' DDE	[µg/kg]	2,85	3	2,60	3	2,86	3	3,08	2	0	5
p.p' DDD	[µg/kg]	13,27	2	3,73	3	4,85	3	8,10	3	0	5
∑ 6 PAK	[µg/kg]	1.420	3	769	4	976	4	1.564	3	50	5
∑ 16 PAK	[µg/kg]	3.496	3	1.648	4	2.051	3	3.144	3	100	5
KW	[mg/kg]	190	4	199	4	203	4	174	4	50	5
TBT	[µg/kg]	154	2	109	2	107	2	65	2	0	5
Wertstufe		2		2		2		2		-	
Änderung		-		0		0		0		-	
Erheblichkeit		-		nein		nein		nein		-	

[†]) Einstufung für festliegende Sedimente (Typ "F")

Bei der Bewertung der Sedimentqualität wird eine vollständige Vermischung der Anteile aus den UG-Abschnitten unterstellt. Je nach Abfolge des Einbaus der Sedimente aus den unterschiedlich belasteten UG-Abschnitten und Kompartimenten können aber auch geringfügige Verschlechterungen oder Verbesserungen der Sedimentqualität in den oberflächennahen Bereichen eintreten.

UVSP Glückstadt/Störmündung (unterhalb)

Die Verbringungsfläche UVSP Glückstadt/Störmündung (unterhalb) liegt im UG-Abschnitt "Brunsbüttel". Es ist die Ablagerung von 1.500.000 m³ sandigen Baggerguts aus dem UG-Abschnitt "Wedel" (Anteil etwa 65 %) und dem UG-Abschnitt "Glückstadt" (Anteil etwa 35 %) vorgesehen.

Die Ablagerung erfolgt zum Teil außerhalb des schutzgutspezifischen Untersuchungsgebietes in mit höherer Vegetation bestandenen Wattbereichen. Diese Berei-

che sind nicht Bestandteil des Teilgutachtens zum Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente. Die Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen in den genannten Teilflächen erfolgt im Teilgutachten zum Schutzgut Boden (Unterlage H.3).

Die abzulagernden Baggergutkontingente enthalten zu einem erheblichen Anteil (54 – 60%) unbelastete Sedimente. Es wird sich daher keine Verschlechterung der Sedimentqualität einstellen. Eine Änderung der Gesamteinstufung tritt nicht ein, die Verbringungsfläche verbleibt in Wertstufe 2 (Tabelle 6-7). Die Ablagerung des Baggerguts ist daher bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen als "**neutral**" einzustufen.

Bei der Bewertung der Sedimentqualität wird eine vollständige Vermischung der Anteile aus den verschiedenen UG-Abschnitten unterstellt. Je nach Reihenfolge des Einbaus der Sedimente aus den unterschiedlich belasteten UG-Abschnitten und Kompartimenten können in den oberflächennahen Bereichen aber auch geringfügige Verschlechterungen oder Verbesserungen der Sedimentqualität eintreten.

UWA und UVSP Brokdorf

Die Verbringungsflächen UWA und UVSP Brokdorf liegen im UG-Abschnitt "Brunsbüttel". Hier ist eine Ablagerung von 870.000 m³ sandigen Baggerguts aus dem UG-Abschnitt "Glückstadt" vorgesehen.

Die Ablagerung erfolgt zum Teil außerhalb des schutzgutspezifischen Untersuchungsgebietes in mit höherer Vegetation bestandenen Wattbereichen. Diese Bereiche sind nicht Bestandteil des Teilgutachtens zum Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente. Die Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen in den genannten Teilflächen erfolgt im Teilgutachten zum Schutzgut Boden (Unterlage H.3).

Eine Verschlechterung der Sedimentqualität wird nicht eintreten. Ebenfalls tritt keine Änderung der Gesamteinstufung ein, die Verbringungsfläche verbleibt in Wertstufe 2 (Tabelle 6-7). Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen als "**neutral**" einzustufen.

Bei der Bewertung der Sedimentqualität wird eine vollständige Vermischung der Anteile aus den UG-Abschnitten unterstellt. Je nach Reihenfolge des Einbaus der Sedimente aus den unterschiedlich belasteten UG-Abschnitten und Kompartimenten können in den oberflächennahen Bereichen aber auch geringfügige Verschlechterungen oder Verbesserungen der Sedimentqualität eintreten. Als ungünstig wird der oberflächennahe Einbau von Sedimenten aus dem Baggerabschnitt 15 angesehen (Tabelle 4-49), da hier überwiegend schadstoffhaltige rezente Sedimente entnommen werden. Vom gutachterlichen Standpunkt aus ist zu empfehlen, zunächst höher belastetes Material aus dem Sohlbereich der Fahrrinne einzubauen und für die Herstellung der oberen Bereiche der Verbringungsfläche geringer belastetes Material aus maximal stromab gelegenen Abschnitten der Seitenbereiche zu nutzen (s. auch Abschnitt 4.4.3.2).

UWA Scheelenkuhlen

Die Verbringungsfläche UWA Scheelenkuhlen liegt im UG-Abschnitt "Brunsbüttel". In der Unterwasserablagerungsfläche ist die Ablagerung von 2.300.000 m³ sandigen

Baggerguts vorgesehen, das ganz überwiegend aus dem UG-Abschnitt "Glückstadt" stammt.

Eine Verschlechterung der Sedimentqualität und der Gesamteinstufung tritt nicht ein, die Verbringungsfläche verbleibt in Wertstufe 2 (Tabelle 6-8). Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen als "neutral" einzustufen.

Bei der Bewertung der Sedimentqualität wird eine vollständige Vermischung der Anteile aus den UG-Abschnitten unterstellt. Je nach Reihenfolge des Einbaus der Sedimente aus den unterschiedlich belasteten UG-Abschnitten und Kompartimenten können aber auch geringfügige Verschlechterungen oder Verbesserungen der Sedimentqualität in den oberflächennahen Bereichen eintreten.).

Tabelle 6-8: Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Verbringungsflächen im Abschnitt "Brunsbüttel" (2)

Schadstoff	Einheit	Abschnitt Brunsbüttel ⁺		UWA Scheelen- kuhlen		ÜTV St. Marga- rethen		UWA St. Marga- rethen		UWA Neufelder Sand		Natürlicher Hintergrund	
		Belastung u. Wertstufe im Ist-Zustand		Belastung u. Wertstufe als Prognose									
Zink	[mg/kg]	389	3	268	3	156	4	305	3	187	4	100	5
Arsen	[mg/kg]	34,0	3	22,8	3	14,3	4	26,9	3	17,8	4	10	5
Cadmium	[mg/kg]	1,00	3	2,08	3	0,81	4	0,93	4	0,68	4	0,3	5
Chrom	[mg/kg]	92,0	4	75,4	5	78,9	4	81	4	80,8	4	80	5
Kupfer	[mg/kg]	45	4	44	4	27	4	40	4	30	4	20	5
Quecksilber	[mg/kg]	1,00	3	0,74	4	0,38	4	0,85	3	0,52	4	0,2	5
Nickel	[mg/kg]	53	3	39	4	33	4	41	4	36	4	30	5
Blei	[mg/kg]	64	4	62	4	37	4	71	4	47	4	25	5
PCB 28	[µg/kg]	1,33	4	0,50	4	0,19	4	0,95	4	0,42	4	0	5
PCB 52	[µg/kg]	1,67	3	0,87	4	0,29	4	1,05	3	0,52	4	0	5
PCB 101	[µg/kg]	3,1	3	1,3	4	0,5	4	2,1	3	0,9	4	0	5
PCB 118	[µg/kg]	1,0	4	0,6	4	0,2	4	1,0	4	0,5	4	0	5
PCB 138	[µg/kg]	4,13	3	2,99	4	0,96	4	3,01	4	1,43	4	0	5
PCB 153	[µg/kg]	6,0	3	3,2	4	1,1	4	4,3	4	1,9	4	0	5
PCB 180	[µg/kg]	2,4	3	1,6	4	0,6	4	2,5	4	1,1	4	0	5
∑ 7 PCB	[µg/kg]	19,96	4	14,03	4	4,59	4	15,55	4	7,30	4	0	5
α-HCH	[µg/kg]	0,30	4	0,56	3	0,17	4	0,38	4	0,18	4	0	5
γ-HCH	[µg/kg]	0,54	3	0,25	3	0,10	4	0,20	3	0,12	4	0	5
HCB	[µg/kg]	5,6	3	9,6	2	2,9	3	5,9	3	2,8	3	0	5
PeCBI	[µg/kg]	1,19	3	0,69	4	0,26	4	1,35	3	0,66	4	0	5
p,p' DDT	[µg/kg]	0,99	4	0,34	4	0,16	4	1,26	3	0,52	4	0	5
p,p' DDE	[µg/kg]	2,85	3	3,01	2	0,94	4	2,47	3	0,98	4	0	5
p,p' DDD	[µg/kg]	13,27	2	7,96	3	2,59	4	8,52	3	3,40	3	0	5
∑ 6 PAK	[µg/kg]	1.420	3	1523	3	486	4	825	4	490	4	50	5
∑ 16 PAK	[µg/kg]	3.496	3	3.057	3	965	4	1.465	4	923	4	100	5
KW	[mg/kg]	190	4	173	4	94	4	247	4	147	4	50	5
TBT	[µg/kg]	51	3	64	2	22	3	89	2	39	3	0	5
Wertstufe		2		2		2⁺⁺		2		3		-	
Änderung		-		0		0⁺⁺		0		+1		-	
Erheblichkeit		-		nein		nein		nein		nein		-	

⁺) Einstufung für festliegende Sedimente (Typ "F")

⁺⁺) Bzgl. der Gesamtbewertung siehe Text

Insgesamt weist das abzulagernde Baggergut relativ hohe Anteile belasteter Sedimente auf (Tabelle 4-49). Vom gutachterlichen Standpunkt aus ist zu empfehlen, zunächst höher belastetes Material aus den Sohlbereichen der Fahrrinne einzubauen und für die Herstellung der oberen Bereiche der Verbringungsfläche geringer belastetes Material aus maximal stromab gelegenen Abschnitten der Seitenbereiche zu nutzen (s. auch Abschnitt 4.4.3.2).

ÜTV St. Margarethen

Die Verbringungsfläche ÜTV St. Margarethen liegt im UG-Abschnitt "Brunsbüttel". In der Übertiefenverfüllung ist zunächst die Ablagerung von 50.000 m³ Geschiebemergel vorgesehen. Im oberen Bereich der Übertiefenverfüllung ist der Einbau von 50.000 m³ sandigem Baggergut vorgesehen, das zu etwa gleichen Teilen aus den UG-Abschnitten "Glückstadt" und "Brunsbüttel" stammt.

Sofern bei der Bewertung der Sedimentqualität eine vollständige Vermischung der Anteile aus den UG-Abschnitten unterstellt wird, ist davon auszugehen, dass sich die Belastungssituation hinsichtlich vieler Schadstoffe verbessern wird (Tabelle 6-5). Die Gesamteinstufung würde sich unter dieser Voraussetzung von Wertstufe 2 um + 1 in Wertstufe 3 ändern.

Bei dem geplanten Einbau des in Anteilen belasteten Sands (20 – 60 %) in den oberen Abschnitt der ÜTV sind jedoch im Bereich der Oberfläche höhere Belastungen als die prognostizierte mittlere Belastung zu erwarten. Bei der Bewertung wird daher lediglich das vollständige vermischte sandige Baggergut zugrunde gelegt. In diesem Fall wird die Verbringungsfläche in Wertstufe 2 verbleiben. Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen entsprechend als "**neutral**" einzustufen.

Je nach Reihenfolge des Einbaus der sandigen Sedimente aus den unterschiedlich belasteten UG-Abschnitten und Kompartimenten können weitere Verbesserungen der Sedimentqualität in den oberflächennahen Bereichen erreicht werden. Dies ist dann der Fall, wenn der Einbau des geringer belasteten Materials aus UG-Abschnitt "Brunsbüttel" zuletzt erfolgt.

UWA St. Margarethen

Die Verbringungsfläche UWA St. Margarethen liegt im UG-Abschnitt "Brunsbüttel". Es ist die Ablagerung von 1.300.000 m³ sandigen Baggerguts vorgesehen, das überwiegend aus dem UG-Abschnitt "Brunsbüttel" stammt.

Eine Verschlechterung der Sedimentqualität und der Gesamteinstufung tritt nicht ein, die Verbringungsfläche verbleibt in Wertstufe 2 (Tabelle 6-8). Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen als "**neutral**" einzustufen.

Bei der Bewertung der Sedimentqualität wird eine vollständige Vermischung der Anteile aus den UG-Abschnitten unterstellt. Da das Baggergut relativ gleichmäßig hohe Anteile belasteten Materials enthält, ist keine Reduzierung der spezifischen Sedimentbelastung in den oberflächennahen Bereichen möglich.

UWA Neufelder Sand

Die UWA Neufelder Sand liegt zum überwiegenden Teil im UG-Abschnitt "Brunsbüttel", etwa 30 % der Fläche befindet sich bereits im UG-Abschnitt "Cuxhaven". Auf der Verbringungsfläche ist die Ablagerung von insgesamt 10.200.000 m³ Baggergut vorgesehen. Dabei handelt es sich um rund 6.500.000 m³ Schlick und Klei aus den UG-Abschnitten "Glückstadt" und "Brunsbüttel" sowie um etwa 3.700.000 m³ sandiges Baggergut aus dem UG-Abschnitt "Cuxhaven".

Im UWA-Teilbereich im UG "Brunsbüttel" ist nach Ablagerung des Baggerguts eine Verbesserung der Sedimentqualität zu verzeichnen (Tabelle 6-8). Die Gesamteinstufung der Verbringungsfläche ändert sich um + 1 zu Wertstufe 3.

Auch im UG-Abschnitt "Cuxhaven" erfolgt im Bereich der Verbringungsfläche eine Verbesserung der Sedimentqualität (Tabelle 6-9). Die Gesamteinstufung des Teilbereichs im UG-Abschnitt "Cuxhaven" ändert sich um + 1 zu Wertstufe 3.

Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen in den UG-Abschnitten "Brunsbüttel" und "Cuxhaven" als "**positiv**" einzustufen.

Bei der Bewertung der Sedimentqualität wird eine vollständige Vermischung der Anteile aus den UG-Abschnitten unterstellt. Je nach Abfolge des Einbaus der Sedimente aus den unterschiedlich belasteten UG-Abschnitten und Kompartimenten können aber auch geringfügige Verschlechterungen oder Verbesserungen der Sedimentqualität in den oberflächennahen Bereichen eintreten. Weiter reduzierte Schadstoffbelastungen lassen sich in den oberflächennahen Bereichen bei abschließendem Einbau des sandigen Baggerguts erreichen.

UWA Medemrinne Ost

Die UWA Medemrinne Ost liegt im UG-Abschnitt "Cuxhaven". Auf der Verbringungsfläche ist die Ablagerung von insgesamt 12,3 Mio. m³ Baggergut vorgesehen. Dabei handelt es sich um rund 2 Mio. m³ Schlick und Klei aus den UG-Abschnitten "Brunsbüttel" und "Cuxhaven" mit relativ geringen Anteilen belasteten Sediments (rund 20%), rund 3,2 Mio. m³ Mergel mit Beimengungen belasteter rezenter Sedimente aus den UG-Abschnitten "Hamburg" und "Wedel" (belasteter Anteil etwa 25%) und weiterhin um etwa 4,8 Mio. m³ sandiges Baggergut aus dem UG-Abschnitt "Cuxhaven" (belasteter Anteil etwa 30%) sowie rund 2,2 Mio. m³ sandiges Baggergut aus den UG-Abschnitten "Hamburg" und "Wedel" (belasteter Anteil insgesamt etwa 80%).

Die Bewertung der vorhabensbedingten Auswirkungen erfolgt aufgrund der mittleren Belastung der abgelagerten Sedimente gegenüber der vor Ort herrschenden Belastungssituation. Hinsichtlich der untersuchten Schadstoffe ergeben sich zu gleichen Teilen Verbesserungen wie auch Verschlechterungen der Einstufungen um max. +/- 1 Wertstufe (Tabelle 6-8). Eine Erhöhung des Gehaltes mit Faktor > 2 zeigt sich für den Parameter p-p DDT. Da jedoch die Anzahl der Proben zur Einstufung der mittleren Belastungssituation im UG-Abschnitt "Cuxhaven" gering (n=4, siehe Tabelle 4-28, S.59) und die Messunsicherheit bezüglich DDT hoch ist, erfolgt bezüglich dieser Erhöhung keine Wertung.

Insgesamt ergibt sich hinsichtlich der mittleren Schadstoffbelastung keine Änderung der Gesamteinstufung der Sedimente im Bereich der Verbringungsfläche, sie verbleibt in Wertstufe 2. Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen als "**neutral**" einzustufen.

Da bei der Einbringung des Baggerguts in der Regel keine vollständige Vermischung der Anteile aus den UG-Abschnitten erreicht wird, können in Abhängigkeit von der Abfolge der einzubauenden Sedimente aus den unterschiedlich belasteten UG-Abschnitten und Kompartimenten Verschlechterungen oder Verbesserungen der Sedimentqualität in den oberflächennahen Bereichen eintreten. Die Einstufung der vorhabensbedingten Auswirkungen ist daher nur für den Fall gültig, dass oberflächennah keine spezifisch hoch belasteten Sedimente eingebaut werden.

Vor diesem Hintergrund ist insbesondere auf die spezifisch relativ hoch belasteten sandigen Sedimente aus dem UG-Abschnitt "Hamburg" (Baggerabschnitte 1 – 8, s. Tabelle 6-4) hinzuweisen, die mit 2,2 Mio. m³ etwa 18 % der Gesamtkapazität der UWA Medemrinne-Ost einnehmen. Diese weisen gegenüber den vor Ort anzutreffenden Sedimenten eine spezifische Belastung auf, die um den Faktor 2 – 4 erhöht ist. Das sandige Baggergut aus dem UG-Abschnitt Hamburg entspricht der Wertstufe 1, bei einer oberflächennahen Ablagerung würde für die oberflächennahe Sedimentdecke¹¹ entsprechend eine Verschlechterung der Wertstufe um – 1 eintreten. Aus diesem Grund wird von gutachterlicher Seite empfohlen, diese Sedimente nicht oberflächennah einzubauen.

Auch die sandigen Sedimente aus dem UG-Abschnitt "Wedel" (Baggerabschnitte 9, 10 und 11, s. Tabelle 6-4) weisen höhere Anteile belasteten Sediments auf (rund 50%). Die mittlere spezifische Belastung der Sedimente ist im UG-Abschnitt "Wedel" gegenüber der Belastung im UG-Abschnitt "Cuxhaven" etwa um den Faktor 2 erhöht. Die spezifische Belastung des Baggerguts der Baggerabschnitte 9, 10 und 11 weist jedoch aufgrund der relativ hohen Anteile unbelasteten Sediments ähnliche spezifische Belastungen auf wie im UG-Abschnitt "Cuxhaven" bzw. im Bereich der Verbringungsfläche UWA Medemrinne-Ost. Die Einstufung des Baggerguts erfolgt entsprechend in Wertstufe 2, die Ablagerung des Materials ist entsprechend als auswirkungsneutral anzusehen.

Gegenüber dem Ist-Zustand deutlich reduzierte Schadstoffbelastungen lassen sich in den oberflächennahen Bereichen bei abschließendem Einbau von sandigem Baggergut aus den UG-Abschnitten "Cuxhaven" und "Außenelbe" erreichen, da in diesen überwiegend nur geringe Anteile belasteten Baggerguts anzutreffen sind. Von gutachterlicher Seite wird empfohlen, zunächst das höher belastete Material aus dem UG "Hamburg" einzubauen und für die Herstellung der oberen Abdeckung der Verbringungsfläche geringer belastetes Material aus dem UG-Abschnitt "Wedel" und insbesondere aus den UG-Abschnitten "Cuxhaven" und "Außenelbe" zu nutzen.

¹¹ rechnerisch ergibt sich eine Fläche von 440 ha nicht durch Korngemisch und Schüttgut abgedeckter Oberfläche mit einer mittleren Tiefe von etwa 0,5 m.

Tabelle 6-9: Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Verbringungsflächen im Abschnitt "Cuxhaven"

Schadstoff	Einheit	Abschnitt Cuxhaven [†]		UWA Neufelder Sand		UWA Glameyer Stack-Ost		UWA Medemrinne Ost		Natürlicher Hintergrund	
		Belastung u. Wertstufe im Ist-Zustand		Belastung u. Wertstufe als Prognose		Belastung u. Wertstufe als Prognose		Belastung u. Wertstufe als Prognose			
Zink	[mg/kg]	351	3	187	4	141	4	243	3	100	5
Arsen	[mg/kg]	27,0	3	17,8	4	15,7	4	17,6	4	10	5
Cadmium	[mg/kg]	1,00	4	0,68	4	0,55	4	1,14	4	0,3	5
Chrom	[mg/kg]	82,0	4	80,8	4	82,2	4	81,8	4	80	5
Kupfer	[mg/kg]	56	4	30	4	27	4	38	4	20	5
Quecksilber	[mg/kg]	1,00	3	0,52	4	0,49	4	0,70	4	0,2	5
Nickel	[mg/kg]	49	4	36	4	36	4	35	4	30	5
Blei	[mg/kg]	59	4	47	4	42	4	46	4	25	5
PCB 28	[µg/kg]	3,29	3	0,42	4	0,31	4	0,45	4	0	5
PCB 52	[µg/kg]	1,62	3	0,52	4	0,46	4	0,84	4	0	5
PCB 101	[µg/kg]	2,3	3	0,9	4	0,4	4	1,3	4	0	5
PCB 118	[µg/kg]	0,7	4	0,5	4	0,4	4	0,65	4	0	5
PCB 138	[µg/kg]	3,47	4	1,43	4	1,02	4	3,17	4	0	5
PCB 153	[µg/kg]	5,3	3	1,9	4	1,3	4	3,89	4	0	5
PCB 180	[µg/kg]	1,2	4	1,1	4	0,7	4	2,03	3	0	5
∑ 7 PCB	[µg/kg]	23,72	3	7,30	4	5,17	4	13,2	4	0	5
α-HCH	[µg/kg]	0,22	4	0,18	4	0,09	4	0,35	4	0	5
γ-HCH	[µg/kg]	1,39	2	0,12	4	0,09	4	0,2	3	0	5
HCB	[µg/kg]	3,4	3	2,8	3	1,2	4	6,34	2	0	5
PeCBI	[µg/kg]	0,96	4	0,66	4	0,61	4	0,93	4	0	5
p.p' DDT	[µg/kg]	0,44	4	0,52	4	0,34	4	2,61	3	0	5
p.p' DDE	[µg/kg]	1,59	3	0,98	4	0,13	4	2,2	3	0	5
p.p' DDD	[µg/kg]	13,17	2	3,40	3	0,95	4	3,59	3	0	5
∑ 6 PAK	[µg/kg]	838	4	490	4	403	4	697	4	50	5
∑ 16 PAK	[µg/kg]	1.734	4	923	4	806	4	1.383	4	100	5
KW	[mg/kg]	244	4	147	4	138	4	180	4	50	5
TBT	[µg/kg]	51	3	37	3	18	4	61	2	0	5
Wertstufe		2		3		4		2		-	
Änderung		-		+ 1		+ 2		0		-	
Erheblichkeit		-		nein		nein		nein		-	

[†]) Einstufung für festliegende Sedimente (Typ "F")

Negativdruck: geringe Verschlechterung (Änderung der Belastung um mehr als Faktor 2 ohne Änderung der Gesamteinstufung)

UWA Glameyer Stack-Ost

Die Verbringungsfläche UWA Glameyer Stack-Ost liegt im UG-Abschnitt "Cuxhaven". Es ist die Ablagerung von 1.400.000 m³ sandigen, relativ gering belasteten Baggerguts vorgesehen, das zu etwa gleichen Teilen aus den UG-Abschnitten "Cuxhaven" und "Außenelbe" stammt.

Die Gesamteinstufung der UWA nach Ablagerung des zu verbringenden Baggerguts beträgt 4 und liegt damit um + 2 über der Wertstufe im Ist-Zustand. Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen entsprechend als "**positiv**" einzustufen.

US Medembogen

Die Umlagerungsstelle Medembogen liegt im UG-Abschnitt "Cuxhaven". Hier ist die Verklappung von 2.500.000 m³ sandigen Baggerguts aus dem UG-Abschnitt "Außenelbe" geplant.

Im Gegensatz zu den bisher behandelten Verbringungsflächen erfolgt in der Umlagerungsstelle Medembogen keine ortsfeste Deponierung des Baggergutes. Bereits während der Verspülung tritt je nach aktuell vorherrschendem Tidewasserstand eine mehr oder weniger starke Verteilung wie auch Sortierung des Spülguts statt. Im weiteren Verlauf erfolgt durch das Tidegeschehen eine weitere Verteilung des Materials, wobei die Verdriftungsstärke der einzelnen Kornfraktionen mit dem Feinheitsgrad zunimmt. Nach der Modellierung der BAW-DH (Unterlage H.1f) verbleiben dabei etwa 30 % des Materials 2 – 3 km unterhalb der Umlagerungsstelle in der Medemrinne. Dabei handelt es sich überwiegend um die Sandfraktion des Baggerguts. Die Grobschluffe verteilen sich seewärts bis Gelbsand und elbaufwärts über die Medemrinne bis Brokdorf. Feinere Kornfraktionen breiten sich auch auf den Wattflächen zwischen Neuwerker Watt und Brokdorf aus. Die Ablagerung der Sedimente betrifft somit nicht nur den Ort der Umlagerungsstelle im UG-Abschnitt "Cuxhaven" selbst, sondern auch Teile des UG-Abschnitts "Außenelbe".

Das angewandte Verfahren beruht auf spezifischen Schadstoffgehalten in der Fraktion < 20 µm und ist daher unabhängig von der Korngröße der zu betrachtenden Sedimente. Die Bewertung der vorhabensbedingten Maßnahmen kann daher unabhängig von der Entmischung des Baggerguts bei der Umlagerung erfolgen.

Die Sedimentqualität wird sich im Bereich des UG-Abschnitt "Cuxhaven" bei einer Ablagerung des Baggerguts nicht verschlechtern. Bezüglich des spezifischen Gehalts verschiedener Schadstoffparameter werden sich Verbesserungen der Belastungssituation einstellen (Tabelle 6-10). Die Gesamteinstufung des zu verbringenden Baggerguts erfolgt in Wertstufe 3 und liegt damit +1 über der Einstufung der Verbringungsfläche im Ist-Zustand. Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen im UG-Abschnitt "Cuxhaven" als "**positiv**" einzustufen.

In den durch Eintrieb von verdriftetem Spülgut betroffenen Bereichen im UG-Abschnitt "Außenelbe" erfolgt gegenüber dem Ist-Zustand keine Änderung in der Einstufung der Sedimente. Die vorhabensbedingten Auswirkungen im UG-Abschnitt "Cuxhaven" sind entsprechen als "**neutral**" einzustufen.

US Neuer Luechtergrund

Die Umlagerungsstelle Neuer Luechtergrund liegt im UG-Abschnitt "Außenelbe". Hier ist die Verklappung von maximal 2.500.000 m³ sandigen Baggerguts aus dem UG-Abschnitt "Außenelbe" vorgesehen.

Wie bei der Umlagerungsstelle Medembogen erfolgt auch in der US Neuer Luechtergrund keine ortsfeste Deponierung des Baggerguts. Entsprechend kommt es bei der Umlagerung zu einer Entmischung und Verdriftung des umgelagerten Materials. Die Sandfraktionen verbleiben dabei im Umkreis von 2 km um die Umlagerungsstelle, während die Feinkornfraktionen bis Bake A und Otterndorf verdriftet werden (vgl. Unterlage H.1f).

Tabelle 6-10: Prognose der Schadstoffbelastung und resultierende Wertstufe der Umlagerungsstellen (Abschnitte "Cuxhaven" und "Außenelbe")

Schadstoff	Einheit	Abschnitt Cuxhaven ⁺		U Medembogen		Abschnitt Außenelbe ⁺		U Neuer Luechtergrund ⁺		Natürlicher Hintergrund	
		Belastung u. Wertstufe im Ist-Zustand		Belastung u. Wertstufe als Prognose		Belastung u. Wertstufe als Prognose		Belastung u. Wertstufe im Ist-Zustand			
Zink	[mg/kg]	351	3	153	4	357	3	143	5	100	5
Arsen	[mg/kg]	27,0	3	17,4	4	24,0	3	16,0	4	10	5
Cadmium	[mg/kg]	1,00	4	0,62	4	1,00	4	0,56	4	0,3	5
Chrom	[mg/kg]	82,0	4	82,8	4	54,0	5	82,3	4	80	5
Kupfer	[mg/kg]	56	4	29	4	99	3	28	4	20	5
Quecksilber	[mg/kg]	1,00	3	0,57	4	1,00	3	0,50	4	0,2	5
Nickel	[mg/kg]	49	4	37	4	29	5	36	4	30	5
Blei	[mg/kg]	59	4	46	4	51	4	42	4	25	5
PCB 28	[µg/kg]	3,29	3	0,39	4	0,84	4	0,32	4	0	5
PCB 52	[µg/kg]	1,62	3	0,59	4	0,68	(4)*	0,48	4	0	5
PCB 101	[µg/kg]	2,3	3	0,6	4	1,3	4	0,5	4	0	5
PCB 118	[µg/kg]	0,7	4	0,6	4	-	-	0,5	4	0	5
PCB 138	[µg/kg]	3,47	4	1,31	4	2,30	4	1,07	4	0	5
PCB 153	[µg/kg]	5,3	3	1,7	4	2,6	4	1,4	4	0	5
PCB 180	[µg/kg]	1,2	4	0,9	4	1,3	4	0,7	4	0	5
∑ 7 PCB	[µg/kg]	23,72	3	6,64	4	-	-	5,42	4	0	5
α-HCH	[µg/kg]	0,22	4	0,12	4	0,68	(3)	0,09	4	0	5
γ-HCH	[µg/kg]	1,39	2	0,12	4	0,68	(2)	0,10	4	0	5
HCB	[µg/kg]	3,4	3	1,5	4	0,7	(4)	1,2	4	0	5
PeCBI	[µg/kg]	0,96	4	0,78	4	0,68	(4)	0,64	4	0	5
p.p' DDT	[µg/kg]	0,44	4	0,43	4	0,68	(4)	0,35	4	0	5
p.p' DDE	[µg/kg]	1,59	3	0,17	4	0,68	(4)	0,14	4	0	5
p.p' DDD	[µg/kg]	13,17	2	1,23	4	0,68	(4)	1,00	4	0	5
∑ 6 PAK	[µg/kg]	838	4	503	4	595	4	420	4	50	5
∑ 16 PAK	[µg/kg]	1.734	4	1.008	4	1.204	4	841	4	100	5
KW	[mg/kg]	244	4	163	4	-	-	143	4	50	5
TBT	[µg/kg]	29	3	23	3	17	4	19	4	0	5
Wertstufe		2		3		3		4		-	
Änderung		-		+ 1		-		+1		-	
Erheblichkeit		-		nein		-		nein		-	

*) in Klammern gesetzte Einstufungen ergeben sich rein rechnerisch aus der Berücksichtigung der halben Nachweisgrenze und anschließender Normierung

†) Einstufung für festliegende Sedimente (Typ "F")

Die Ablagerung der Sedimente betrifft somit nicht nur den Ort der Umlagerungsstelle im UG-Abschnitt "Außenelbe" selbst, sondern auch Teile des UG-Abschnitts "Cuxhaven". Die Entmischung der Sedimente während der Ablagerung hat auf das verwendete Verfahren keinen Einfluß, da dies auf spezifischen Schadstoffgehalten beruht und entsprechend unabhängig von den jeweiligen Korngrößenbestandteilen ist.

Im UG-Abschnitt "Außenelbe" wird sich bei Ablagerung des Baggerguts die Sedimentqualität insgesamt verbessern. Die Gesamteinstufung erfolgt in Wertstufe 4 und liegt damit +1 Wertstufe über dem Ist-Zustand. Die Ablagerung des Baggerguts ist bezüglich der vorhabensbedingten Auswirkungen im UG-Abschnitt "Außenelbe" als **positiv** einzustufen.

In den durch Verdriftung von Material betroffenen Teilen des UG-Abschnitts "Cuxhaven" kommt es zu einer geringfügigen Verbesserung der spezifischen Belastung. Die Änderung der Wertstufe beträgt +2, die Auswirkung wäre demnach als "positiv" zu werten. Allerdings ist die absolute Menge der eingetragenen Feinkornpartikel im Verhältnis zur Ablagerungsfläche gering (Unterlage H.1f), so dass die Auswirkungen im UG-Abschnitt "Cuxhaven" als "neutral" eingestuft werden.

6.3.1.2.2 Veränderungen durch zusätzliches Baggergutaufkommen

Bei der Einrichtung des Warteplatzes Brunsbüttel werden 1.500.000 m³ zusätzliches Baggergut anfallen, das nicht Bestandteil des oben dargestellten Bagger- und Verbringungsplans ist. Bei dem Baggergut handelt es sich zu 80 % um Klei, daneben werden etwa 300.000 m³ zum Teil belastete Sande abgetragen (Tabelle 4-49).

Die Herstellung soll zeitgleich zum Fahrrinnenausbau erfolgen, so dass das Baggergut in die UWA Neufelder Sand verbracht werden kann. Hieraus ergibt sich für die bisher hier zur Verbringung vorgesehenen sandigen Baggergutkontingente aus den UG-Abschnitten "Brunsbüttel" und "Cuxhaven" eine mengenmäßig entsprechende Verschiebung zu den stromab nächstgelegenen Verbringungsorten (UWA Medemrinne-Ost, Umlagerungsstellen).

Die vorgesehene Verbringung führt zu keiner wesentlichen Veränderung der bisher prognostizierten Belastungsniveaus für die UWA Neuenfelder Sand, UWA Medemrinne-Ost oder die Umlagerungsstellen. Die Gründe hierfür sind die (gegenüber den Kapazitäten der genannten UWA) geringen Mengen an anfallendem Baggergut sowie seine geringe spezifische Belastung ("Verdünnung" durch große Anteile natürlichen, unbelasteten Materials).

6.3.1.3 Beschreibung und Bewertung des Freisetzungspotentials von Schad- und Nährstoffen bei der Um- und Ablagerung

Wie in Abschnitt 4.2.2.3 dargestellt, unterscheiden sich die in den Sedimenten vorliegenden Schad- und Nährstoffen hinsichtlich ihrer Mobilität deutlich, insbesondere die Schadstoffe weisen nur eine eingeschränkte Mobilität auf. Der Austausch mit der freien Wassersäule ist bei festliegenden, reduzierten Sedimenten vernachlässigbar klein. Häufig umgelagerte und an der Gewässersohle suspendierte Sedimente stehen mit der freien Wassersäule in stärkerem Austausch, wobei die gelösten Nähr- und Schadstoffe an den Wasserkörper abgegeben werden.

Die Beschreibung und Bewertung der Stoffausträge aus landverbrachten Sedimenten erfolgt in Unterlage H.3. An dieser Stelle werden die Freisetzungspotentiale von im Bereich des Gewässers um- und abgelagerten Sedimenten beschrieben und hinsichtlich der Wirkungsstärke verbal-argumentativ zur Kenntnis gegeben.

Freisetzungspotential bei der Baggerung von Sedimenten

Bei der Baggerung von Sedimenten kommt es insbesondere bei der Abtragung von sandigen bzw. flüssigen, zuvor festliegenden Sedimenten zu einer Vergrößerung der

Oberfläche wie auch zur teilweisen Suspensierung von Sediment und Mobilisierung von Schwebstoffen. Im Kontakt mit der sauerstoffhaltigen Wassersäule erfolgen in sehr geringem Maße Änderungen der Bindungsformen und sehr geringe Freisetzungen von Schad- und Nährstoffen, die jedoch im Vergleich zu den im Elbwasser gelösten Konzentrationen vernachlässigbar sind. Bei plastischen und steifen Sedimenten (Klei, Geschiebemergel und -lehm, zum Teil auch teilkonsolidierte Schlicke) sind aufgrund der kompakten Struktur der abgetragenen Aggregate (Bröckel, Klumpen) keine nennenswerten Freisetzungen zu erwarten. Insgesamt sind die Freisetzungen bei der Baggerung in ihrer Höhe mit solchen aus natürlicherweise stattfindenden Umlagerungsprozessen vergleichbar. Im Zuge der Baggerungen treten die beschriebenen Auswirkungen örtlich in stärkerem Maße auf, sind jedoch zeitlich begrenzt. Die Erhöhung des Freisetzungspotentials von Nähr- und Schadstoffen bei der Baggerung ist daher als gering und als lediglich kurzfristig wirksam zu bezeichnen.

Freisetzungspotential bei der subhydrischen und semisubhydrischen Ablagerung von Baggergut

Während des Vorgangs der Ablagerung von Sedimenten werden Anteile der feinkörnigen Partikel resuspendiert und die im Porenwasser der Sedimente enthaltenen Nähr- und Schadstoffe zu großen Anteilen an den Wasserkörper abgegeben. Da es sich bei den abgelagerten rezente Sedimenten überwiegend um absolut nur gering belastete Sande handelt, ist bei der Ablagerung allgemein mit nur geringen Freisetzungen von Nähr- und Schadstoffen zu rechnen. Sofern im Baggergut in größeren Anteilen schluffige Sande enthalten sind, können lokal kurzfristig durch Vertrieb des Feinkorns auch mittlere Freisetzungen auftreten. Die Beurteilung dieser vorhabensbedingten Auswirkungen auf weitere Schutzgüter erfolgt in den betreffenden Unterlagen. Da nach der Ablagerung des Baggerguts der in die Sedimente eingedrungene Sauerstoff von Mikroorganismen schnell verbraucht wird, bilden sich in den abgelagerten Sedimenten kurzfristig erneut tiefe Redoxpotentiale aus. Der sich nachfolgend einstellende Stoffaustausch zwischen Sediment und Wasserkörper ist mit dem Ist-Zustand vergleichbar, nach der Ablagerung ist daher mit keinem erhöhten Freisetzungspotential von Nähr- und Schadstoffen zu rechnen.

Die obigen Ausführungen gelten eingeschränkt auch bei der Ablagerung von Baggergut im semisubhydrischen Milieu (Wattbereich). Hier bildet sich je nach Höhenlage ein teilentwässerter Horizont aus, in den bei Niedrigwasser ein Zutritt von Luftsauerstoff erfolgen kann. Dieser Horizont kann je nach Höhenlage, Korngröße und Drämfähigkeit des abgelagerten Sediments eine Mächtigkeit von Millimetern bis zu maximal einem Dezimeter erreichen.

In diesem Horizont kann es im Zuge von Umlagerungen durch Welleneinwirkung zur Mobilisierung von Schad- und Nährstoffen kommen, die ihrer Menge, Konzentration und ihrer räumlichen Ausdehnung nach jedoch zu keiner wesentlichen oder langfristigen Belastung von Elbwasser oder im weiteren Umfeld angrenzenden Kompartimenten führen [MIEHLICH et al. 1997a]. Durch den starken Wasseraustausch gilt dies auch für die sedimentgebundenen Spurenmetalle Cadmium, Kupfer und Zink, wenn diese in einem Milieu hoher Salinität abgelagert werden, unter dem die Mobilität durch Chloro-Komplexierung ansteigt. Dieser Effekt kann nur dann zu einem dauerhaft er-

höhten Freisetzungspotential führen, wenn die in der oxidierten Zone lagernden Sedimente absolut hohe Schwermetallgehalte aufweisen. Dies ist bei den hier geplanten Ablagerungsflächen nicht der Fall. Bei dem abgelagerten Baggergut handelt es sich neben unbelasteten, natürlichen Substraten ganz überwiegend um sandige rezente Sedimente, die nur geringe absolute Schadstoffgehalte aufweisen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass nach der Ablagerung von Sedimenten im subhydrischen und semisubhydrischen Milieu gegenüber dem Ist-Zustand keine erhöhten Freisetzungen von Schad- und Nährstoffen eintreten werden.

6.3.2 Anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen

Neben den direkt durch die geplanten Baumaßnahmen auftretenden vorhabensbedingten Auswirkungen sind auch indirekt durch den Betrieb des Bauwerks verursachte messbare Wirkungen zu beschreiben und hinsichtlich ihrer Erheblichkeit zu bewerten.

Wie in anderen Kompartimenten wirken auch in der Gewässersohle insbesondere die vorhabensbedingten Veränderungen der Hydrodynamik und der morphodynamischen Prozesse auf die Sedimente und ihre Belastung mit Nähr- und Schadstoffen ein.

Hierdurch können Änderungen der Sedimentverteilung und Veränderungen des physikochemischen Milieus der Sedimente entstehen. Im Folgenden werden die zugrunde liegenden Wirkfaktoren dargestellt und ihre Auswirkungen auf die Sedimente beschrieben und bewertet.

6.3.2.1 Änderung der Sedimentzusammensetzung und -verteilung

6.3.2.1.1 Wirkfaktorenkomplex

Veränderung der Strömungsgeschwindigkeiten

Die in der Tideelbe auftretenden mittleren Strömungsgeschwindigkeiten (mittlere Flut- und Ebbeströmungen) variieren in den verschiedenen Kompartimenten des Wasserkörpers zwischen $< 0,2$ (hohe Wattbereiche) und $0,9$ m/s (Hauptstrom). Hohe maximale Fließgeschwindigkeiten zwischen $1,2$ und $1,8$ (lokal max. 2) m/s können in der Fahrrinne auftreten [Unterlage H.1a, H.1c; BAW 2006a, 2006b]. In den Seitenbereichen nehmen die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten allgemein ab. Während im Tiefwasser noch maximale Geschwindigkeiten von $1 - 1,2$ m/s auftreten können, sinken diese in Flachwasserbereichen auf $0,6 - 0,9$ m/s bzw. in Wattbereichen $0,3 - 0,6$ m/s ab.

Maßnahmenbedingte Veränderungen der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten treten vor allem im Bereich der Fahrrinne und der Strombauwerke ein. Durch die Bündelung des Durchflusses auf die Hauptrinne und die abnehmende Rauigkeit der Gewässersohle ist allgemein eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeiten in der Fahrrinne zu erwarten, lediglich in Bereichen einer deutlichen Fließquerschnittsverbreiterung (so bspw. Begegnungsstrecke km 644 - 636) tritt eine Verringerung der

Fließgeschwindigkeit um bis zu 0,1 m/s ein. Im Bereich der Fahrrinne südlich des Medemsands werden mittlere Ebb- und Flutströmung um etwa 0,1 m/s zunehmen, während in der Medemrinne und den nördlich angrenzenden Watten und Nebenrinnen eine Verringerung der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten um 0,1 – 0,15, örtlich auch von 0,3 m/s erfolgen wird.

In den flacheren Randbereichen des Flachwassers und der Watten sowie in den Nebenelben ist in der Unterelbe aufgrund der Konzentration des Gesamtdurchflusses auf die Haupttrinne allgemein mit einer leichten Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten zu rechnen. Lediglich in Bereichen mit maßnahmenbedingter Erhöhung der Tidedynamik durch eine MThw-Erhöhung kann es auch örtlich zu einer geringfügig zunehmenden Strömung kommen.

Erhöhungen der mittleren Strömungsgeschwindigkeiten in Wattenbereichen um bis zu 0,1 m/s treten vor allem auf der Unterwasserablagerungsfläche (UWA) Medemrinne-Ost auf. Ufernahe Strömungserhöhungen um bis zu 0,1 m/s treten als Folge der o.g. Strombauwerke örtlich am südlichen Elbufer zwischen Cuxhaven und Groden auf.

Mit einer Zunahme der maximalen Strömungsgeschwindigkeiten ist auch eine Erhöhung der an der Gewässersohle morphologisch wirksamen Bodenschubspannung verbunden. Im Ist-Zustand liegt die Bodenschubspannung in den Wattflächen unter $0,4 \text{ N/m}^2$. In tiefen Rinnen treten allgemein Werte um $0,8 \text{ N/m}^2$ auf [BAW 2006a, 2006b]. Höhere Werte als 1 N/m^2 finden sich im Bereich der Fahrrinne. Maßnahmebedingte Zunahmen der Bodenschubspannungen von $0,2$ bis $0,3 \text{ N/m}^2$ sind auf die Ausbaubereiche und Tiefwasserbereich beschränkt, in den ufernahen Bereichen des hohen Watts werden nach den Berechnungen der BAW keine wesentlichen Zunahmen der Bodenschubspannungen eintreten.

Veränderungen des Geschiebe- und Suspensionstransports

Die Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten wirken sich direkt durch eine Intensivierung des Geschiebetransports aus, der überwiegend in Fahrrinne und angrenzenden Tiefwasserbereichen erfolgt. Im Ist-Zustand werden durch den mittleren Flutstrom westlich der Oste-Mündung über eine Tideperiode etwa $0,4 - 0,8 \text{ m}^3/\text{m}$ bewegt. Stromauf werden Werte bis max. $0,3 \text{ m}^3/\text{m}$ (entsprechend 75 kg/m) erreicht. Für den Ausbauzustand prognostiziert die BAW-DH im Bereich zwischen Glückstadt und Außenelbe insgesamt uneinheitliche Entwicklungen. So kommt es nach Modellierungen der BAW-DH (Unterlage H1.c) im Bereich des Altenbrucher Bogens und der Ostermündung zu einer Intensivierung des Geschiebetransports für Flut- und Ebbstrom (mit leichtem Überwiegen des stromab gerichteten Ebbstromtransports) während zwischen Rhinplate und Medemrinne eine Abschwächung des ebbstromorientierten Geschiebetransports (bis zu -15%) und damit eine Verstärkung des stromaufgerichteten Nettogeschiebetransports zu verzeichnen ist. Diese Tendenz setzt sich stromauf mit einer Zunahme von bis zu $+10\%$ bis Lühesand und Hanskalbsand fort. Eine Umkehr zu einem überwiegend stromabgerichteten Geschiebetransport setzt erst im Bereich der Hamburger Delegationsstrecke ein.

Auch der stromaufwärts gerichtete Nettotransport suspendierter Sedimente zeigt ausbaubedingte Änderungen. Der Schwerpunkt der Trübungszone liegt im Bereich

Rhinplate und weist hier mittlere Gehalte von 200 mg/l auf. Stromauf und stromab nehmen diese bis Wedel bzw. Osteriff auf 50 mg/l ab. Maßnahmenbedingt werden stromauf der Rhinplate Zunahmen von bis zu +10 mg/l und stromab örtlich Zu- wie auch Abnahmen zwischen – 15 mg/l und + 5 mg/l eintreten.

6.3.2.1.2 Vorhabensbedingte Auswirkungen

Änderung der Sedimentzusammensetzung

Eine Veränderung der Strömungsgeschwindigkeiten beeinflusst die Zusammensetzung und Ausprägung der Sedimente, da direkte Beziehungen zwischen Strömungsstärke und abgelagerten Partikelgrößen bestehen. Dabei bewirken Strömungszunahmen eine Erhöhung des Anteils von Sanden und eine Abnahme des Feinkornanteils. Mit abnehmendem Feinkornanteil verringern sich entsprechen die absoluten Gehalte an organischer Substanz (resp. die Gehalte an C, N, P) wie auch der enthaltenen Schadstoffe. Bei abnehmender Strömungsgeschwindigkeit kehren sich die beschriebenen Verhältnisse um und die absoluten Gehalte steigen. Da nach den Ergebnissen der Modellierung der BAW-DH (Unterlage H.1a) allgemein eine Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten eintreten wird, werden die Sedimente insbesondere in Bereichen stärkerer Änderungen, wie in der Fahrrinne, tendenziell sandigeren Charakter annehmen. Dies zeigt sich auch in den von der von der BAW-DH für den überwiegenden Teil der Unterelbe prognostizierten Zunahme der (überwiegend stromauf gerichteten) Geschiebetransportkapazitäten. Damit setzt sich ein Trend fort, der bereits seit der vorherigen Fahrrinnenanpassung festzustellen ist (s. Abschnitt 4.2.1.1). Hinsichtlich der spezifischen Schadstoffbelastung ergeben sich jedoch allein aus dem Effekt einer Verschiebung der mittleren Korndurchmesser keine Änderungen, da die Belastung allein durch das Mischungsverhältnis von marinen, unbelasteten Sanden und belasteten Schwebstoffen aus dem Oberlauf und dem Hamburger Hafen bestimmt wird. Dies gilt insbesondere für die sich im direkten Umfeld der Strombauwerke durch Strömungszunahmen ändernde Sedimentzusammensetzungen, da diese nur relativ kleinräumig wirksam ist (wenige Kilometer).

Änderung der Sedimentverteilung

Änderungen der spezifischen Stoffgehalte der Sedimente treten dann auf, wenn sich das Mischungsverhältnis von marinen Anteilen (Sande, Schluffe) und Schwebstoffen aus dem Oberlauf ändert. Nach den Modellierungen der BAW (Unterlage H.1a) werden vorhabensbedingt Änderungen der Geschiebe- und Suspensionstransportkapazitäten eintreten. Im Tiefwasser- / Fahrrinnenbereich zwischen Rhinplate und Hamburg (UG-Abschnitte "Glückstadt" bis "Hamburg") werden für den stromauf gerichteten Nettoschiebetransport Größenordnungen von bis zu + 10 % angegeben. Hieraus kann abgeleitet werden, dass parallel hierzu auch die Menge der aus dem Ästuar eingetragenen Schluffe und Feinsande zunimmt. Gleichzeitig wird die Belastung mit dem aus der Trübungszone stammenden Schwebstoff um etwa 5 % zunehmen. Hieraus ergibt sich tendenziell eine Verschiebung des Mischungsverhältnisses in Richtung mariner Anteile. Die spezifische Belastung der Sedimente wird entsprechend tendenziell eher

abnehmen, mindestens jedoch stagnieren. Im flutstromdominierten Stromabschnitt Medemrinne (UG-Abschnitt "Cuxhaven") bis Rhinplate (UG-Abschnitt "Glückstadt") werden die Suspensionskonzentrationen deutlich zurückgehen, so dass hier allgemein mit einem Rückgang der spezifischen Belastung zu rechnen ist. Anders stellen sich die Verhältnisse im ebbstromdominierten Bereich zwischen St. Margarethen und Cuxhaven südlich des Medemsands dar. Hier werden Zunahmen der suspendierten Sedimente um 3 – 5 mg/l prognostiziert (entsprechend einer Änderung von 5 – 10%). Gleichzeitig nimmt auch der ebbstromorientierte Geschiebetransport zu. Diese Entwicklungen können dahingehend interpretiert werden, dass einerseits allgemein der Anteil stromauf transportierter nur schwach belasteter Sedimente abnimmt und die Einmischung belasteter suspendierter Sedimente aus der Trübungskernzone im Bereich der Rhinplate zunimmt. Hieraus resultiert insgesamt eine stromab gerichtete Verschiebung von spezifischen Belastungsniveaus entlang der Fahrrinne. Im UG-Abschnitt "Außenelbe" werden gegenüber dem Ist-Zustand nur geringe bis keine Änderungen bezüglich der Transportkapazitäten von Geschieben und suspendierten Sedimenten eintreten.

Zusammengenommen sind die Entwicklungstendenzen wie folgt zu bewerten: Im UG-Abschnitt "Außenelbe" und stromauf St. Margarethen (UG-Abschnitt "Brunsbüttel" und stromauf gelegene UG-Abschnitte) werden keine Verschlechterungen der spezifischen Belastung der Sedimente eintreten. Im UG-Abschnitt "Cuxhaven" werden sich die spezifischen Belastungen nördlich des Medemsands tendenziell verringern und südlich des Medemsands tendenziell zunehmen. Eine Quantifizierung der Zu- bzw. Abnahmen ist nicht möglich. Es ist jedoch davon auszugehen, dass diese gradueller Natur sind und messtechnisch nicht zu erfassen sein werden. Hinsichtlich der spezifischen Belastung des Sedimente im UG-Abschnitt "Cuxhaven" sind somit zwar örtlich zu- bzw. Abnahmen zu erwarten, insgesamt werden jedoch keine Veränderungen der Belastungssituation eintreten.

Die oben dargestellten vorhabensbedingten Auswirkungen gelten unter der Voraussetzung, dass im Ausbauzustand innerhalb des Gewässerbetts keine Änderung der Unterhaltungsstrategie erfolgen wird. Nach den Modellierungen der BAW (Unterlage H.1c) wird es örtlich zu Zunahmen der Unterhaltsbaggermengen von 5 – 10 % kommen. Da die Verbringung dieser zusätzlich anfallenden Baggermengen außerhalb des Gewässerbetts geplant ist (SP Pagensand), ist das Schutzgut Sedimente durch den Anstieg der Baggermengen nicht betroffen. Auch dort, wo sich maßnahmenbedingt lokal neue Baggerschwerpunkte einstellen werden (so im Bereich der Begegnungsstrecke) wird das Schutzgut Sedimente nicht betroffen, wenn das hier anfallende Baggergut aus dem System entnommen wird.

Im Bereich der Norderelbe und des Köhlbrands prognostiziert die BAW (Unterlage H.1c) keine signifikante Zunahme der Baggermengen. Dies ist dahingehend zu interpretieren, dass sich das Verhältnis limnischer und mariner Sedimente im Hafengebiet nicht ändern und somit keine Verschlechterung der spezifischen Belastung der Sedimente eintreten wird.

Verdriftung erodierten Baggergutes

Starke Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit werden vor allem lokal im Bereich neu errichteter Strombauwerke an solchen Positionen auftreten, wo der Durchströmungsquerschnitt verengt wird. Dies ist auf den Bauwerken der Fall (bspw. UWA Medemrinne-Ost) oder in Böschungsbereichen (bspw. UWA Neufelder Sand). Insgesamt sind die Unterwasserablagerungsflächen derart konstruiert, dass bei mittleren Strömungsgeschwindigkeiten aufgrund der oberflächlich eingebauten Korngrößen (Korngemisch, Schüttgut) keine nennenswerte Erosion auftritt. Andere Bedingungen gelten für die Ufervorspülungen (UVSP), die nicht als vollständig lagestabile Bauwerke konzipiert wurden.

Wie in Abschnitt 6.3.1.2 dargestellt, weisen die abgelagerten Sedimente in allen Verbringungsstellen keine mittleren spezifischen Belastungen auf, die über den jeweils bereichstypischen Belastungsniveaus liegen. Die Verdriftung von Baggergut, insbesondere aus den UVSP, führt daher grundsätzlich zu keiner Verschlechterung der Belastungssituation im Umfeld der Bauwerke. Die bevorzugte Bewegungsrichtung erodierter Teilmengen ist mit Ausnahme des Altenbrucher Bogens flutstromorientiert, so dass Massentransporte in stromaufwärtige, spezifisch höher belastete Bereiche erfolgen. Die Abtragsmengen sind allerdings klein, so dass selbst eine Verdriftung von Teilmengen in spezifisch weniger belastete Bereiche keinen messbaren Effekt auf die dort vorliegende Belastungssituation hat. Die UWA Glameyer Stack-Ost hingegen befindet sich in ebbstromorientierter Lage. Hier erodiertes Sediment kann potenziell den wenig spezifisch belasteten UG-Abschnitt "Außenelbe" betreffen. Die hier abgelagerten Sedimente sind jedoch nur sehr gering spezifisch belastet, so dass eine stromabwärts gerichtete Verdriftung von Baggergut auch lokal keine Verschlechterung im UG-Abschnitt "Außenelbe" zur Folge haben würde.

6.3.2.2 Änderung des physikochemischen Milieus der Sedimente

6.3.2.2.1 Wirkfaktorenkomplex

Veränderung der Tidehochwasserstände

Nach Berechnungen der BAW [2006a, Unterlage H.1a] werden als Folge der Maßnahme Änderungen in der Höhe des mittleren Tidehochwassers (MThw) eintreten.

Dabei fällt das MThw im Bereich Cuxhaven bis Störmündung zwischen km 735 und 680 um -1 cm, lokal auch um -2 bis $-2,5$ cm (Cuxhaven). Dagegen steigt das MThw oberstromig bis Stadersand (km 655) gegenüber dem Ist-Zustand bis auf $+2,5$ cm an. Oberstromig Schulau bis Geesthacht (km 641 - 585) liegt der prognostizierte Anstieg gleichmäßig bei $+2$ cm.

Im Bereich der Außenelbe zwischen den km 755 bis 735 kommt es zu keiner Veränderung der Höhe des MThw.

Veränderung des mittleren Tideniedrigwassers, des mittleren Tidehubs und des Mittelwassers

Die von der BAW [2006a, Unterlage H.1a] prognostizierten Veränderungen des mittleren Tideniedrigwassers (MTnw) verhalten sich gegenüber dem MThw i. d. R. gegenläufig. So kommt es in Bereichen mit einem Anstieg des MThw zu einem Absink des MTnw bzw. bei einem Anstieg des MTnw zu gleichzeitigem Absink des MThw. Entsprechend erfolgt bei einem Anstieg des MThw eine Zunahme des Tidehubs bzw. bei einem Absink eine Verringerung desselben.

Im Bereich der Außenelbe tritt keine Veränderung des MTnw bzw. nur ein geringer Absink kleiner -1 cm ein, lediglich bei Cuxhaven werden lokal -2 bis $-2,5$ cm erreicht. Zwischen Otterndorf und Glückstadt (km 715 bis 710) erhöht sich das MTnw bis auf $+2$ cm. Oberstromig geht die Änderung des MTnw bis Mündung Ruthenstrom auf null zurück und erreicht bis St. Pauli einen Betrag von $-3,5$ cm. Oberhalb Hamburgs bis Geesthacht sinkt das MThw um -2 bis -1 cm. Die Änderungsbeträge des MTnw liegen damit größenordnungsmäßig im Bereich der MThw-Veränderungen. Hieraus ergibt sich auch in den Bereichen mit hohen Beträgen von MThw- und MTnw-Änderungen entsprechend keine oder eine nur geringe Veränderung des mittleren Tidehubs. Diese erreicht lediglich lokal einen Absink von maximal -1 cm (Bspw. Cuxhaven, St. Pauli), üblicherweise liegt sie zwischen $+0,5$ und $-0,5$ cm [BAW 2006a, Unterlage H.1a].

Veränderung des mittleren Tidehochwassers und des mittleren Tideniedrigwassers in den Nebenflüssen

Nach den Modellierungen der BAW [2006a, Unterlage H.1a] werden die Änderungen des MThw in den Mündungsbereichen der Nebenflüsse überwiegend nicht größer als $+2$ cm sein (Krückau, Butzflether Nebenelbe, Schwinge, Lühe, Wedeler Au, Este, Ilmenau). Im Falle des Ruthenstroms liegt sie bei $+1$ cm. Keine Veränderungen werden für Stör, Wischhafener Süderelbe, Flottbek, Seeve und Luhe prognostiziert. Absenkungen des MThw werden mit -1 cm im Freiburger Hafenspiel und mit -2 cm in der Oste eintreten.

Absenkungen des MTnw im Mündungsbereich werden mit -1 cm für Krückau, Butzflether Nebenelbe, Pinnau, Schwinge, Wedeler Au und Ilmenau angegeben. In Flottbek, Seeve und Luhe werden die Absenkungen weniger als -2 cm betragen. In der Lühe wird das MTnw um -2 cm, in der Este um -3 cm sinken.

Keine Veränderung des MTnw wird für den Ruthenstrom angegeben. Erhöhungen des MTnw werden mit $+1$ cm für die Stör und die Wischhafener Süderelbe prognostiziert. In der Oste wird das MTnw um $+4$ cm ansteigen.

Graduell starke Veränderungen treten damit lediglich in der Oste (Anstieg des MTnw um $+4$ cm) und der Este (Absink des MTnw um -3 cm) auf. Während sich die Änderungen des MThw über 10 - 20 Kilometer flussaufwärts fortsetzen, sind die Änderungen des MTnw auf den unmittelbaren Mündungsbereich begrenzt.

Veränderung der Überflutungsdauer

Die mit der ausbaubedingten Vergrößerung des Tidenhubs einhergehende Erhöhung des MThw bzw. Absenkung des MTnw führt zu einer Verlängerung der Überflutungsdauer in den hochgelegenen Wattbereichen, während sich die Überflutungsdauer in tiefgelegenen Wattbereichen verringert. Die hierdurch bedingten Veränderungen der Überflutungsdauer liegen in den betroffenen Bereichen oberhalb Glückstadt unter 2,5 Minuten.

Im umgekehrten Fall einer Verringerung des Tidenhubs tritt dagegen eine Verringerung der Überflutungsdauer in hochgelegenen Wattbereichen sowie eine Erhöhung in tiefgelegenen Wattbereichen ein. Im Bereich zwischen Altenbruch und Brunsbüttel (km 721 bis 695) prognostiziert die BAW [2006a] für die unteren Wattbereiche eine Zunahme der Überflutungsdauer von bis zu 7,5 Minuten. Von einer Verringerung der Überflutungsdauer betroffene hochgelegene Wattbereiche stellen das Neufelder Watt sowie nördlich und östlich der UWA "Medemrinne-Ost" gelegene Wattflächen. Hier wird die Überflutungsdauer um bis zu 7,5 Minuten (im Bereich der UWA "Medemrinne-Ost" örtlich bis 12,5 Minuten) zurückgehen.

Veränderung der Salzgehaltsverteilung

Die maßnahmenbedingten Änderungen der Tidedynamik bewirken eine stromaufwärts gerichtete Verschiebung der Brackwassergrenze sowie eine Veränderung der Salzgehalte in der Brackwasserzone. Für die Sedimente sind dabei die mittleren Salzgehalte maßgeblich. Gegenüber dem planerischen Ist-Zustand ergeben sich bei niedrigem Oberwasser hinsichtlich der Lage der Isohalinen 1 PSU, 5 PSU und 10 PSU Verschiebungen von 1400 m, 1900 m bzw. 1000 m stromauf [BAW 2006a].

Im Außenelbegebiet westlich von km 720 werden keine wesentlichen Änderungen der Salzgehalte eintreten. Die Nebenflüsse stromauf von km 675 sind von Veränderungen der Salinität ebenfalls nicht betroffen, bei den stromab mündenden Nebenflüssen (Oste, Stör) beschränken sich die Veränderungen auf den Mündungsbereich und betragen maximal 0,4 PSU.

6.3.2.2 Vorhabensbedingte Auswirkungen

Eine qualitative Veränderung der Sedimenteigenschaften wird durch die Erniedrigung des Tideniedrigwasserstandes hervorgerufen. Durch diese Veränderung wird sich das physikochemische Milieu der obersten Sedimentschicht der Watten (im Höhenbereich des aktuellen MTmw bis MTnw) graduell in Richtung auf eine Erhöhung der Redoxspannung verändern, da die zeitenabhängige Überflutungsdauer ab- und entsprechend die Kontaktzeit zwischen Sediment und Atmosphäre zunimmt. Die relative Veränderung ist an der aktuellen MTnw-Linie am höchsten und nimmt mit zunehmender Geländehöhe ab. Durch die vorhabensbedingten Veränderungen nimmt die Ausdehnung der Wattsedimente zunächst zu, die Flächenanteile werden daher auf Kosten der Flach- und Tiefwassersedimente ausgedehnt. Diese Effekte sind jedoch überwiegend nur mittelfristiger Natur, da sich das hydrodynamische System nach Abschluß des Ausbaus nachregelt, bis ein erneuter Gleichgewichtszustand Uferlinie /

Höhe der Wattfläche eingestellt ist. Die maßnahmenbedingte Absenkung des MTnw bewirkt zwar im Tiefenprofil eine nur kleine Wirkungstiefe, diese tritt jedoch großflächig ein. Als Folge kommt es hier zu einer Verstärkung oxidativer Prozesse, die gegenüber dem Ist-Zustand in geringem Maße zusätzliche Freisetzungen von Schad- und Nährstoffen bewirkt. Die freigesetzten Frachten sind jedoch gegenüber den in der freien Wassersäule des Elbwassers gelösten Konzentrationen vernachlässigbar klein, eine Änderung der spezifischen Schadstoffgehalte der Sedimente tritt nicht ein. Hinsichtlich der Bewertung der Auswirkungen auf das Schutzgut Sedimente sind die vorhabensbedingten Veränderungen als nicht relevant anzusehen.

Eine weitere Wirkung ergibt sich durch die Stromaufverlagerung der mittleren Isohalinen insbesondere im oberen Bereich der Brackwasserzone. Hier kommt es durch die Zunahme der mittleren Salzgehalte des Wasserkörpers auch zu einem Anstieg der Chloridgehalte im Sedimentporenwasser, mit der die Mobilität der Spurenmetalle Cadmium, Kupfer und Zink ansteigt (Chlorokomplexbildung, s. Abschnitt 4.2.2.3). Diese wirkt sich auf den Stofftransfer vom Sediment in die Wasserphase aus, indem sich die Konzentration der aus dem Sediment in die Wassersäule abgegebenen Ionen erhöht. Die Veränderung der Freisetzungspotenziale im Bereich der oberen Brackwasserzone ist wie die Veränderung der mittleren Salzgehalte dauerhaft.

Eine Mobilitätserhöhung wird vor allem in Bereichen eintreten, in denen im Ist-Zustand überwiegend limnische Bedingungen herrschen und sich im Ausbauzustand stärker brackische Verhältnisse einstellen werden. Nach der Prognose der BAW (Unterlage H.1a) werden sich von km 696 (Einfahrt NOK) bis km 675 (Rhinplate) die mittleren Salzgehalte um 0,2 bis 0,6 PSU erhöhen, weiter stromauf bleiben die Änderungen kleiner als 0,2 PSU. Wird die maßnahmenbedingt stromaufwärtige Verschiebung der 2,5 PSU-Isohaline zugrundegelegt, ist insbesondere der Bereich zwischen km 687 und km 683 von einer Zunahme der Salzgehalte betroffen. So beträgt die Verschiebung der 2,5 PSU-Isohaline hier im Bereich der Fahrrinne etwa 1.500 m (km 684,5 – km 683).

Insbesondere im Bereich der oberen Brackwasserzone treten allgemein auch vermehrt feinkörnigere Sedimente mit höheren absoluten Gehalten an den genannten Spurenmetallen auf, aus denen entsprechend auch höhere Konzentrationen gelöster Schwermetalle freigesetzt werden. Da das Löslichkeitsprodukt der Schwermetalle auch unter Salzeinfluß sehr klein bleibt, kommt es zu keiner signifikanten Änderung der spezifischen Schwermetallgehalte der Sedimente, die Auswirkungen auf das Schutzgut Sedimente sind entsprechend nicht bewertungsrelevant.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass aufgrund von vorhabensbedingten Änderungen des physikochemischen Milieus von Sedimenten Änderungen des Stoffaustausches zwischen Sediment und Wasserkörper eintreten werden. Bei den Wirkungen handelt es sich um örtlich in Watten auftretende mittelfristig gering erhöhte Nähr- und Schadstoffemissionen in den Wasserkörper sowie um dauerhaft wirkende Mobilitätserhöhungen von Schwermetallen im Bereich des Gewässerbetts der oberen Brackwasserzone. Die auf diesem Wege zusätzlich freigesetzten Konzentrationen sind punktbezogen als gering anzusehen. Da jedoch durch die Verschiebung der Brack-

wasserzone große Flächen betroffen werden, ist die Frage zu stellen, ob hier zu erwartenden Auswirkungen auf den Stoffhaushalt des Wasserkörpers erheblich sind.

Durch Veränderungen des physikochemischen Milieus treten keine vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Wertigkeit der Sedimente ein. Die erhöhten Stoffausträge bzw. die erhöhte Mobilität von Schadstoffen durch Chlorokomplexierung ist in diesem Zusammenhang nicht bewertungsrelevant.

Eine Bewertung der Erheblichkeit von möglichen Auswirkungen eines erhöhten Freisetzungspotentials auf den Wasserkörper oder die aquatischen Lebensgemeinschaften erfolgt in den Unterlagen H.2a (Wasser: Oberirdische Gewässer - Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt) und H.5a-c (Tiere und Pflanzen, aquatisch).

6.4 Zusammenfassende Bewertung der Auswirkungen auf das Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente

Direkte, baubedingte Wirkungen auf die spezifische Belastung der Sedimente treten dort auf, wo vorhabensbedingt Sedimente entnommen oder eingebracht werden (Abtragsflächen und Verbringungsflächen, siehe Tabelle 6-11).

Im Bereich der Abtragsflächen sind zwar direkte vorhabensbedingte Auswirkungen zu erwarten, die Auswirkungen sind jedoch im Bereich der Fahrrinnensohle nicht dauerhaft, da die starken Sedimentumlagerungsprozesse bewirken, dass die oberflächlich anstehende, belastete Schicht rezenter Sedimente stets die gesamte Fahrrinnensohle bedeckt. Die Umlagerung bewirkt außerdem, dass sich in den rezenten Sedimenten die aktuellen, d. h. für den jeweiligen Flußabschnitt typischen Belastungsniveaus einstellen. Im Prognosezustand ist gegenüber dem Ist-Zustand mit keiner Verschlechterung der Schadstoffbelastung zu rechnen.

Im Bereich der Fahrrinnenböschung besteht die Möglichkeit einer Veränderung der Schadstoffbelastung, wenn durch Abträge Substrate freigelegt werden, die sich in ihrer spezifischen Belastung von den im Ist-Zustand anstehenden Sedimenten unterscheiden. Diese ist dort dauerhaft, wo die Sedimente eine feste Konsistenz aufweisen und daher nicht erodiert, aber auch nicht von anderen Sedimenten überdeckt werden.

In diesen Bereichen findet dann eine Verminderung der Schadstoffbelastung statt, wenn unbelastete Untergrundsedimente freigelegt werden. Auch im Bereich der übrigen Abtragsflächen im Böschungsbereich ist eine Freilegung von unbelasteten Untergrundsedimenten möglich. Diese ist jedoch aufgrund der Umlagerungsprozesse nicht dauerhaft, so dass langfristig keine Verbesserung gegenüber dem Ist-Zustand eintritt. In dem Fall, dass hochbelastete, ältere rezente Sedimente freigelegt werden, kann im Abtragsbereich eine Verschlechterung der Schadstoffsituation eintreten. Es handelt sich dann um eine dauerhafte und damit erheblich negative vorhabensbedingte Auswirkung, wenn keine neuerliche Überdeckung durch rezente, geringer belastete Sedimente erfolgt.

Einen derartigen Bereich stellt die linksseitige Böschung zwischen km 633 und 635,5 (Bereich Mühlenberger Loch) dar. Eine erhebliche Verschlechterung der Schadstoffsituation kann hier auf einer Fläche von maximal 1.700 m² eintreten.

Tabelle 6-11: Übersicht über die vorhabensbedingten Auswirkungen auf die spezifischen Schadstoffgehalte der Sedimente

BAUBEDINGTE AUSWIRKUNGEN							
Ortsbezeichnung	Ort / Lage [km]	Auswirkung auf die spez. Belastung	Wertstufe			Flächen- größe ⁺ [ha]	Grad der Erheb- lichkeit
			IST	Δ	PROG		
Änderung der spezifischen Belastung auf den Verbringungsflächen							
US Neuer Luechtergrund	Außenelbe	deutliche Abnahme	3	+1	2	60	positiv
US Medembogen	Mündung	deutliche Abnahme	2	+1	3	60	positiv
UWA Medemrinne Ost	711 - 717	keine	2	0	2	627,9	(neutral) ⁺⁺
UWA Neufelder Sand	702 - 707	deutliche Abnahme	2	+1	3	490,3	positiv
UWA Glameyer Stack Ost	714 - 717	deutliche Abnahme	2	+2	4	62,6	positiv
UWA St. Margarethen	690 - 692	keine	2	0	2	27,6	neutral
UWA Scheelenkuhlen	685 - 687	keine	2	0	2	48,3	neutral
UVSP / UWA Brokdorf	683 - 685	keine	2	0	2	38,5	neutral
ÜTV St. Margarethen	688 - 689	keine	2	0	2	6	neutral
UVSP Glückstadt (unt.)	676 - 681	keine	2	0	2	93,5	neutral
UVSP Glückstadt (ob.)	676 - 678	keine	2	0	2	99	neutral
UVSP Kollmar (A, B, C)	664 - 668	geringe Abnahme	2	0	2	36,9	neutral
UVSP Hetlingen	648 - 650	geringe Abnahme	2	0	2	11,5	neutral
UVSP Lühe (Wisch)	643 - 644	geringe Abnahme	2	0	2	13,4	neutral
UVSP Wittenbergen	636 - 638	geringe Abnahme	2	0	2	21	neutral
Änderung der spezifischen Belastung auf den Abtragsflächen							
Fahrrinnenböschung Südufer	633 - 635,5	Freilegung belasteter Sedimente	2	-1	1	0,17	erheblich negativ
sonstige Fahrrinnenbereiche	619 - 748	keine / Abnahme	2 / 3	0 / +1	2 / 3	-	neutral / positiv
ANLAGE- / BETRIEBSBEDINGTE AUSWIRKUNGEN							
Wirkungspfad			Auswirkung auf die spez. Belastung			Grad der Erheb- lichkeit	
Änderung der Sedimentzusammensetzung			keine			neutral	
Änderung der Sedimentverteilung			keine			neutral	

⁺ Die angegebenen Flächengrößen beziehen sich bzgl. der UVSP auf die gemäß Definition des Untersuchungsgebietes nicht durch höhere Vegetation bestandenen Teilflächen unterhalb MThw (s. Kap. 2).

⁺⁺ bei Berücksichtigung der Empfehlungen zur Minderung der vorhabensbedingten Auswirkungen

Im Bereich der Verbringungsflächen treten Veränderungen der Schadstoffbelastungen auf, wenn Sedimente abweichender Belastung umgelagert werden.

Diese Veränderungen sind dauerhaft, da die abgelagerten Sedimente verlagerungsstabil (UWA, ÜTV) oder weitgehend lagestabil (UVSP) eingebaut werden.

Zunahmen der mittleren spezifischen Schadstoffgehalte sind in den Verbringungsflächen nicht zu erwarten, da hier im Ist-Zustand keine geringer belasteten Sedimente anstehen. Die maßnahmenbedingten Auswirkungen auf die Verbringungsflächen sind zum Teil als neutral oder zum Teil auch als positiv anzusehen. Für die UWA Medemrinne-Ost gilt die Aussage nur für den Fall, dass die Empfehlungen zur Minderung der Auswirkungen berücksichtigt werden (siehe Tabelle 6-11).

Weitere direkte, baubedingte Auswirkungen stellen die Freisetzungen von Nähr- und Schadstoffen im Zuge der Baggerung, Umlagerung und Ablagerung von Sedimenten dar (s. Tabelle 6-12). Hierbei kommt es örtlich kurzfristig zu überwiegend geringen Freisetzungen von Nähr- und Schadstoffen. Durch diese vorhabensbedingten Wirkungen wird die spezifische Belastung der Sedimente jedoch nicht betroffen, die Änderungen der Freisetzungspotentiale sind daher nicht bewertungsrelevant. Eine Bewertung der Erheblichkeit von möglichen Auswirkungen einer erhöhten Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen auf den Wasserkörper oder auf aquatische Lebensgemeinschaften erfolgt in den Unterlagen H.2a (Wasser: Oberirdische Gewässer - Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt) und H.5a-c (Tiere und Pflanzen, aquatisch).

Tabelle 6-12: Übersicht über die vorhabensbedingten Auswirkungen auf die Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen

BAUBEDINGTE AUSWIRKUNGEN			
Wirkungspfad	Ort / Lage	Wirkungsdauer	Wirkungstärke bzgl. der Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen
Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen			
a) Baggerung, Umlagerung	Entnahmeflächen	kurzfristig	geringe Freisetzung
b) subhydrische Ablagerung	Verbringungsflächen	kurzfristig	geringe bis lokal mäßige Freisetzung
	Verbringungsflächen	langfristig	keine Freisetzung
c) semisubhydrische Ablagerung	Verbringungsflächen	kurzfristig	geringe bis lokal mäßige Freisetzung
	Verbringungsflächen	langfristig	keine Freisetzung
ANLAGE- / BETRIEBSBEDINGTE AUSWIRKUNGEN			
Wirkungspfad	Ort / Lage	Wirkungsdauer	Wirkungstärke bzgl. der Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen
Änderung des physikochemischen Milieus von Sedimenten			
a) durch MThw-Absenk	Wattflächen in Bereichen mit MThw - Absenk	mittelfristig	geringe Freisetzung
b) durch Änderung der Salinität	obere Brackwasserzone	dauerhaft	geringe bis mäßige Erhöhung der Mobilität von Schwermetallen

Indirekte, anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen auf die spezifische Schadstoffbelastung sind grundsätzlich bei dem Eintreten folgender vorhabensbedingter Wirkungen zu betrachten:

- Änderung der Mischungsanteile mariner und limnischer Sedimentpartikel aufgrund geänderter hydrologischer Bedingungen.
- Lokal Änderungen der Strömungsgeschwindigkeits- und -richtungs-verteilung und daraus resultierende veränderte Sedimenttransporte

Die Aussagen der BAW (Unterlagen H.a, H.1c) zu den vorhabensbedingten Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten und der Geschiebe- und Suspensionstransportkapazitäten lassen den Schluß zu, dass keine deutlich oder erheblich negativen vorhabensbedingten Änderungen hinsichtlich der spezifischen Schadstoffbelastung der Sedimente eintreten werden.

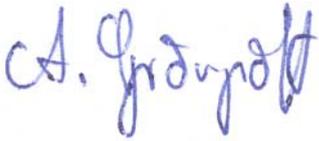
Weitere vorhabensbedingte anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen erfolgen durch Veränderungen der physikochemischen Eigenschaften der Sedimente aufgrund örtlichen Absunks des MThw oder infolge der stromauf verlagerten Salinitätszonen. Die genannten Faktoren bewirken örtlich mittelfristig eine geringe Zunahme der Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen auf Wattflächen, die von MThw-Absunk betroffen sind. Eine geringe bis mäßige Zunahme der Mobilität von Spurenmetallen erfolgt aufgrund der geänderten Salinität des Wasserkörpers im Bereich der oberen Brackwasserzone. Hierbei handelt es sich jedoch um keine bewertungsrelevanten Auswirkungen, da die freigesetzten Konzentrationen klein sind und die spezifischen Schadstoffgehalte der Sedimente hierdurch nicht betroffen werden (s. Tabelle 6-12). Eine Bewertung der Erheblichkeit von möglichen Auswirkungen einer erhöhten Freisetzung von Nähr- und Schadstoffen oder einer erhöhten Mobilität von Spurenmetallen auf den Wasserkörper oder auf aquatische Lebensgemeinschaften erfolgt in den Unterlagen H.2a (Wasser: Oberirdische Gewässer - Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt) und H.5a-c (Tiere und Pflanzen, aquatisch).

Zusammenfassend ergibt sich folgende erheblich negative vorhabensbedingte Veränderung der spezifischen Schadstoffgehalte in den Sedimenten:

- **"erheblich negative Auswirkungen"** durch eine potenzielle Zunahme der spezifischen Belastung im Bereich der linksseitigen Fahrrinnenböschung zwischen km 633 – km 635,5 (betroffene Fläche 0,17 ha).

Für den Bereich der UWA Medemrinne-Ost (Fläche: 627,9 ha) ergibt sich eine **neutrale** vorhabensbedingte Veränderung der spezifischen Schadstoffgehalte in den Sedimenten nur unter der Bedingung, dass oberflächennah keine spezifisch hoch belasteten Sedimente eingebaut werden. Ansonsten treten auch hier erheblich negative Auswirkungen auf.

Hamburg, den 27. November 2006



(Dr. A. Gröngroft)

7 QUELLEN

- Ackermann, F.; Stammerjohann, D. [1996]: Schwermetallbelastung im Sediment des Mühlenberger Lochs; Zeitliche Entwicklung 1962-1994 ("Jahresringe") und Gesamtbilanz; Untersuchung an einem Sedimentkern . BfG-Bericht 1017, Koblenz.
- Ackermann, F.; Schubert, B. & Krebs, F. [2003]: Bewertung der Schadstoffbelastung und ökotoxikologischen Wirkungen bei Baggergut-Umlagerungen im Rahmen von Neu- und Ausbaumaßnahmen in Bundeswasserstraßen. BfG-Jahresbericht 2001/2002, Koblenz.
- Amt Strom- und Hafengebäude [2004]: Datenzusammenstellung zur Schadstoffbelastung der Delegationsstrecke Elbe 1994 bis 2004. Wirtschaftsbehörde, Amt f. Strom- u. Hafengebäude, Hamburg.
- ARGE Elbe [1990]: Nährstoffstudie der Elbe von Schnackenburg bis zur See. Bericht der Wassergütestelle Elbe. Hamburg.
- ARGE Elbe [1993]: Wassergütedaten der Elbe. Zahlentafel. Hamburg.
- ARGE Elbe [2004a]: Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) - Koordinierungsraum Tideelbe [C-Bericht, Entwurf v. 31.08.2004]. Hamburg.
- ARGE Elbe [2004b]: Gewässergütebericht der Elbe 2003. Hamburg.
- ARGE Elbe [2005a]: Datenzusammenstellung zur Schadstoffbelastung der Tideelbe 1993 bis 2004. Hamburg.
- ARGE Elbe [2005b]: Gewässergütebericht der Elbe 2004. Hamburg.
- BAW [1999]: Gutachten für die Naßbaggerarbeiten. Bundesamt für Wasserbau, Hamburg
- BAW [2005]: Sedimentkataster. Datenzusammenstellung zur aktuellen Kornverteilung an der Gewässersohle. Bundesamt für Wasserbau, Hamburg
- BAW [2006a]: Gutachten zur ausbaubedingten Änderung von Hydrodynamik und Salztransport. Planfeststellungsunterlage H.1a. Hamburg.
- BAW [2006b]: Gutachten zur ausbaubedingten Änderung der morphodynamischen Prozesse. Planfeststellungsunterlage H.1c. Hamburg.
- BAW [2006c]: Gutachten zu ausbaubedingten Änderungen der Sturmflutkenngößen. Planfeststellungsunterlage H.1b. Hamburg.
- BAW [2006d]: Gutachten zur ausbaubedingten Änderung der schiffserzeugten Belastungen. Planfeststellungsunterlage H.1d. Hamburg.
- BAW [2006e]: Daten-DVD flächenhafter Darstellungen von modellierten Parametern im planerischen Ist-Zustand und im Ausbauzustand. Stand Juni 2006. Hamburg.
- BAW [2006f]: Gutachten zur Auswirkung der Nullvariante. Planfeststellungsunterlage H.1e. Hamburg
- BAW [2006g]: Gutachten zum Verbringungskonzept für Umlagerungen im Medembogen und im Neuen Luechtergrund. Planfeststellungsunterlage H.1f. Hamburg.
- BfG [1994]: Bewertungsverfahren in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) an Bundeswasserstraßen. Eigenverlag Koblenz.
- BfG [1999]: Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Küstenbereich. BfG-Bericht 1100, Koblenz.
- BfG [2000]: Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland. BfG-Bericht 1251, Koblenz.
- BfG [2001]: Umweltrisikoeinschätzung für Projekte an Bundeswasserstraßen. BfG-Bericht 1267, Koblenz
- BfG [2004a]: Umweltrisikoeinschätzung und FFH-Verträglichkeitseinschätzung. BfG-Bericht 1380, Koblenz.
- BfG [2004b]: Analyse der aktuellen räumlichen Veränderungen ufernaher Röhrichte und Uferstauden unter besonderer Berücksichtigung ihrer historischen Entwicklung (der letzten 30 bis 50 Jahre). BfG-1441, Koblenz.
- BfG [2005]: Datenzusammenstellung zur Schadstoffbelastung der Tideelbe 1994 bis 2004. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

- BLABAK [2004]: Gemeinsame Empfehlungen zur Umsetzung der internationalen Baggergutrichtlinien in Bund und Ländern - Entwurf, 13.10.2004 -.
- BMVBW [2001]: Konzept zur Handhabung von Tributylzinn (TBT)-belastetem Baggergut im Küstenbereich.- Vereinbarung zwischen dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie den für Umwelt und Verkehr zuständigen Landesministerien der Länder Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn.
- Borland international, Inc. [1999]: Visual dBase 5.7.
- ESRI – Environmental Systems Research Institute [2000]: ArcViewGIS 8.1, deutsch.
- Figge, K., Köster, R.; Thiel, H. & Wieland, P. [1980]: Schlickuntersuchungen im Wattenmeer der Deutschen Bucht - Zwischenbericht über ein Forschungsprojekt des KFKI. Die Küste 35.
- Förstner, U., W. Ahlf, W. Calmano & J. Lohse [1985]: Untersuchungen zum Verhalten von Hamburger Baggerschlick beim Einbringen in eine Deponie im Küstenvorfeld (1. Begleitende Laborexperimente). Bericht an die Freie und Hansestadt Hamburg, Strom- und Hafenausbau, 62 S.
- Gröngröft, A., U. Jähnig, G. Miehlisch, R. Lüschoff, V. Maass & B. Stachel [1998]: Distribution of metals in Sediments of the Elbe Estuary in 1994. Wat. Sci. Tech. 37, S.109-116.
- Heise, S.; Claus, E.; Heining, P.; Krämer, T.; Krüger, F.; Schwartz, R. & U. Förstner [2005]: Studie zur Schadstoffbelastung der Sedimente im Elbeeinzugsgebiet. Bericht erstellt i. A. von HPA, Hamburg.
- IfB [2006]: Sedimentschadstoffkataster. Datensammlung zur Belastung von Sedimenten der Tideelbe mit Schad- und Nährstoffen 1994 - 2005. Aus: UVU zur Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt, Teilgutachten H 2. Schutzgut Wasser, Teilbereich Sedimente.
- LAWA [1997]: Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Gewässer - Band I, Teil I: Konzeption zur Ableitung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen. Stand: 6. Mai 1993. Erarbeitet vom Bund-/Länder-Arbeitskreis "Qualitätsziele" (BLAK QZ). Hrsg. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.
- LAWA [1998]: Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Gewässer - Band II: Ableitung und Erprobung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink. Stand: 2. Juni 1997. Erarbeitet vom LAWA-Arbeitskreis „Zielvorgaben“. Hrsg. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser.
- Lozan, J.-L., W. Lenz, E. Rachor, B. Watermann & H. Von Westernhagen. Warnsignale aus der Nordsee, Parey, Singhofen.
- Miehlisch, G.; Kiene, A.; Gröngröft, A.; Neuschmidt, O.; Franke, S. & Graack, G. [1997a]: Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Materialband V: Fachgutachten Schutzgut Boden. Unveröff. Gutachten an das WSA Hamburg und die Wirtschaftsbehörde Hamburg.
- Miehlisch, G.; Gröngröft, A.; Jähnig, U.; Neuschmidt, O.; Walter, F.; Franke, S. & Schwartz, R. [1997b]: Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Materialband III: Fachgutachten Sedimente. Unveröff. Gutachten an das WSA Hamburg und die Wirtschaftsbehörde Hamburg.
- Nöthlich, I. [1989]: Sauerstoffzehrung von Sedimenten in der Unterelbe. In: Umweltbehörde hamburg (Hrsg.): Der Hafen – eine ökologische Herausforderung, 174f. Hamburg.
- PlanfR-WaStrG [1994]: Verwaltungsvorschriften der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, VVWSV 1401, Kap. 4.3, Richtlinien für das Planfeststellungsverfahren zum Ausbau und Neubau von Bundeswasserstraßen (PlanfR-WaStrG). Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn.
- Projektbüro Fahrrinnenanpassung [2004]: Machbarkeitsstudie einer Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt, Projektbüro Fahrrinnenanpassung, Hamburg.
- Projektbüro Fahrrinnenanpassung [2006a]: Kostenermittlung für die Nassbaggerarbeiten, Stand 31.08.2006. Projektbüro Fahrrinnenanpassung, Hamburg.

- Projektbüro Fahrrinnenanpassung [2006b]: Zusammenstellung von Planunterlagen gemäß PIZ zur Anpassung der Fahrrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt vom 05.01.2006. Projektbüro Fahrrinnenanpassung, Hamburg.
- Projektbüro Fahrrinnenanpassung [2006c]: Vorhabensbeschreibung (Technische Planung), Planfeststellungsunterlage B2. Projektbüro Fahrrinnenanpassung, Hamburg.
- Projektbüro Fahrrinnenanpassung [2006d]: Projektliste Planerischer Ist-Zustand v. 30.08.06. Projektbüro Fahrrinnenanpassung, Hamburg.
- Raabe, E.W. [1986]: Die Gliederung der Ufervegetation unterhalb Hamburgs. Mittlg. zum Natur- und Umweltschutz in Hamburg. Hrsg. Naturwacht Hamburg e.V., Hamburg.
- Reincke, H. [1995]: Wie hat sich die Gewässerqualität im Elbeeinzugsgebiet verändert? In: FHH Umweltbehörde Hamburg / (ed.): Situation der Elbe 5 Jahre nach der Wende. Bericht der FHH, Umweltbehörde, Hamburg.
- Scheffer, K., Schachtschabel U. [2002]: Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Aufl. Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg.
- Scherle, J. [1996]: Wirkungen wasserbaulicher Maßnahmen auf abiotische Faktoren - Arbeitsmaterialien zur ökologischen Wirkungsanalyse. DVWK, Materialien 1/1996.
- Schlichting, E.; Blume, H.-P., Stahr, K. [1995]: Bodenkundliches Praktikum, Pareys Studentexte 81, Blackwell, Berlin.
- Starke, U.; Herbert, M.; Einsele, G. [1991]: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in Boden und Grundwasser. In: Rosenkranz et al.: Bodenschutz. Kennz. 1680. E- rich Schmidt Verlag, Berlin.
- UVPG [1990]: Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (Artikel 1 des Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten (85/337/EWG)), BGBl I 1990, 205; neugefasst durch Bek. v. 25. 6.2005 I 1757, 2797.
- VOB [2002]: VOB Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). DIN 18311: Nassbaggerarbeiten.
- WHG [2002] : Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Neugefasst durch Bek. v. 19. 8.2002 I 3245; geändert durch Art. 6 G v. 6. 1.2004 I 2. BGBl I 1957, 1110, 1386
- WSA Hamburg [2004]: Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt – Dokumentation der Beweissicherung – (DatenCD), Version 4.0, Hamburg.
- WSA Hamburg & HPA [2004]: Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt – Dokumentation der Beweissicherung – (Daten-CD), Version 4.0, Hamburg.
- WSA Hamburg [2005b]: Daten-CD: SKN Tiefenlinien nach aktueller Befahrung.
- WSD Nord & BWA [2005]: Festlegung des Untersuchungsrahmens gem. §5 UVPG v. 26.05.2005, Hamburg / Kiel
- WSA Cuxhaven [2005]: Beweissicherungsdatenbank, www.cux.wsd-nord.de/htm/zustimm.htm

8 ANHANG**Tabelle 8-1: Elemente, Verbindungen: Abkürzungen u. verwendete Einheiten**

Elemente		
N	Stickstoff	(%)
S	Schwefel	(g/kg)
Si	Silicium	(%)
Al	Aluminium	(%)
Na	Natrium	(g/kg)
K	Kalium	(g/kg)
Ca	Calcium	(g/kg)
Mg	Magnesium	(g/kg)
P	Phosphor	(g/kg)
Ti	Titan	(mg/kg)
Fe	Eisen	(g/kg)
Mn	Mangan	(g/kg)
Cr	Chrom	(mg/kg)
Cu	Kupfer	(mg/kg)
Ni	Nickel	(mg/kg)
Zn	Zink	(mg/kg)
Zr	Zirkon	(mg/kg)
Pb	Blei	(mg/kg)
As	Arsen	(mg/kg)
Cd	Cadmium	(mg/kg)
Hg	Quecksilber	(mg/kg)
Sn	Zinn	(mg/kg)
Co	Kobalt	(mg/kg)
V	Vanadium	(mg/kg)
Rb	Rubidium	(mg/kg)
Ag	Silber	(mg/kg)
Sb	Antimon	(mg/kg)
Se	Selen	(mg/kg)
SR	Strontium	(mg/kg)
Ba	Barium	(mg/kg)
U	Uran	(mg/kg)
Bi	Wismut	(mg/kg)
Li	Lithium	(mg/kg)
Organische Schadstoffe		
AOX	Adsorbierbare org. geb. Halogene	(mg/kg)
Kohlenwasserstoffe		
KW	Kohlenwasserstoffe	(mg/kg)
KW-DIN-H18	Mineralöl nach DIN H 18	(mg/kg)
KW-20	Mineralöl, Kettenlänge C10 - C20	(mg/kg)
KW-25	Mineralöl, Kettenlänge C10 - C25	(mg/kg)
KW-40	Mineralöl, Kettenlänge C20 – C40	(mg/kg)
Chlorierte Kohlenwasserstoffe		
a-HCH	a- Hexachlorhexan	(µg/kg)
b-HCH	b- Hexachlorhexan	(µg/kg)
g-HCH	g- Hexachlorhexan	(µg/kg)
d-HCH	d- Hexachlorhexan	(µg/kg)
e-HCH	e- Hexachlorhexan	(µg/kg)
p-p-DDT	p,p"-DDT	(µg/kg)
o-p-DDT	o,p"-DDT	(µg/kg)
p-p-DDD	p,p"-DDD	(µg/kg)
o-p-DDD	o,p"-DDD	(µg/kg)
p-p-DDE	p,p"-DDE	(µg/kg)
o-p-DDE	o,p"-DDE	(µg/kg)
PCB-028	Polychloriertes Biphenyl Nr. 28	(µg/kg)
PCB-052	Polychloriertes Biphenyl Nr. 52	(µg/kg)

PCB-101	Polychloriertes Biphenyl Nr. 101	(µg/kg)
PCB-118	Polychloriertes Biphenyl Nr. 118	(µg/kg)
PCB-138	Polychloriertes Biphenyl Nr. 138	(µg/kg)
PCB-153	Polychloriertes Biphenyl Nr. 153	(µg/kg)
PCB-180	Polychloriertes Biphenyl Nr. 180	(µg/kg)
PCB-194	Polychloriertes Biphenyl Nr. 194	(µg/kg)
MCB	Monochlorbenzen	(µg/kg)
MCB-12	1,2-Dichlorbenzen	(µg/kg)
DCB-13	1,3-Dichlorbenzen	(µg/kg)
DCB-14	1,4-Dichlorbenzen	(µg/kg)
TCB-123	1,2,3-Trichlorbenzen	(µg/kg)
TCB-124	1,2,4-Trichlorbenzen	(µg/kg)
TCB-135	1,3,5-Trichlorbenzen	(µg/kg)
TETCB-1234	1,2,3,4-Tetrachlorbenzen	(µg/kg)
TETCB-1235	1,2,3,5-Tetrachlorbenzen	(µg/kg)
TETCB-1245	1,2,4,5-Tetrachlorbenzen	(µg/kg)
PeCB	Pentachlorbenzen	(µg/kg)
HCB	Hexachlorbenzen	(µg/kg)
P-2	2-Chlorphenol	(µg/kg)
P-3	3-Chlorphenol	(µg/kg)
P-4	4-Chlorphenol	(µg/kg)
P-23	2,3-Dichlorphenol	(µg/kg)
P-24	2,4-Dichlorphenol	(µg/kg)
P-25	2,5-Dichlorphenol	(µg/kg)
P-26	2,6-Dichlorphenol	(µg/kg)
P-234	2,3,4-Trichlorphenol	(µg/kg)
P-235	2,3,5-Trichlorphenol	(µg/kg)
P-236	2,3,6-Trichlorphenol	(µg/kg)
P-245	2,4,5-Trichlorphenol	(µg/kg)
P-246	2,4,6-Trichlorphenol	(µg/kg)
P-2345	2,3,4,5-Tetrachlorphenol	(µg/kg)
P-2356	2,3,5,6-Tetrachlorphenol	(µg/kg)
PeCP	Pentachlorphenol	(µg/kg)
OCS	Octachlorstyrol	(µg/kg)
HCBd	Hexachlorbutadien	(µg/kg)
OCN	Octachlornaphtalin	(µg/kg)
ALDRIN	Aldrin	(µg/kg)
ISODRIN	Isodrin	(µg/kg)
DIELDRIN	Dieldrin	(µg/kg)
ENDRIN	Endrin	(µg/kg)
Dioxine und Furane		
PCCD		(ng/kg)
PCDF		(ng/kg)
TEQ	Internat. Toxizitätsäquivalent n. WHO	-
IEQ	Toxizitätsäquivalent n. NATO/CCMS	-
Zinnorganische Verbindungen		
MB-SN	Monobutylzinn	(µg/kg Sn)
DB-SN	Dibutylzinn	(µg/kg Sn)
TB-SN	Tributylzinn	(µg/kg Sn)
TEB-SN	Tetrabutylzinn	(µg/kg Sn)
MOC-SN	Monooctylzinn	(µg/kg Sn)
DOC-SN	Dioctylzinn	(µg/kg Sn)
TPH-SN	Triphenylzinn	(µg/kg Sn)
TCH-SN	Tricyclohexylzinn	(µg/kg Sn)
Duftstoffe		
MAmbrett	Moschus-Ambrette	(µg/kg)
MXylol	Moschus-Xylol	(µg/kg)
MMosken	Moschus-Mosken	(µg/kg)
MTibeten	Moschus-Tibeten	(µg/kg)
MKeton	Moschus-Keton	(µg/kg)
DPMI	DPMI (Cashmeran)	(µg/kg)
ADBI	ADBI (Celestolide)	(µg/kg)
AHMI	AHMI (Phantolide)	(µg/kg)
ATII	ATII (Traseolide)	(µg/kg)
HHCB	HHCB (Galaxolide)	(µg/kg)
AHTN	AHTN (Tonalide)	(µg/kg)
DEET	DEET	(µg/kg)

Flammschutzmittel

TCCP	Tris-(chlorpropyl)-phosphat	(µg/kg)
TCEP	Tris-(2-chlorethyl)-phosphat	(µg/kg)
TCCP1	Tris(1-chlor-2-propyl)phosphat I	(µg/kg)
TCCP2	Tris(1-chlor-2-propyl)phosphat II	(µg/kg)
TDCPP	Tris(1,3-dichlor-2-propyl)phosphat	(µg/kg)
TBP	Tris(2-butoxy)phosphat	(µg/kg)
PBB2255	2,2',5,5'-Tetrabrombiphenyl	(µg/kg)
PBB22455	2,2',4,5,5'-Pentabrombiphenyl	(µg/kg)
PBB224455	2,2',4,4',5,5'-Hexabrombiphenyl	(µg/kg)
BDE47	2,2",4,4"-Tetra-BDE	(µg/kg)
BDE99	2,2",4,4",5-Penta-BDE	(µg/kg)
BDE119	2,3",4,4",6-Penta-BDE	(µg/kg)
BDE153	2,2",4,4",5,5"-Hexa-BDE	(µg/kg)
BDE190	2,3,3",4,4",5,6-Hepta-BDE	(µg/kg)
TBA	2,4,6-Tribromanilin	(µg/kg)
BCY	Bromocyclen	(µg/kg)
TBUPH	Tributylphosphat	(µg/kg)
HBB	Hexabrombenzol	(µg/kg)
HBRDEC	1,2,5,6,9,10-Hexabromcyclododecan	(µg/kg)
TEBRPHA	Tetrabrombisphenol A	(µg/kg)

Radionuklide

⁷ Be	Beryllium 7	(Bq/kg)
⁴⁰ K	Kalium 40	(Bq/kg)
⁵⁴ Mn	Mangan 54	(Bq/kg)
⁵⁸ Co	Cobalt 58	(Bq/kg)
⁶⁰ Co	Cobalt 60	(Bq/kg)
⁶⁵ Zn	Zink 65	(Bq/kg)
¹⁰⁶ Ru	Ruthenium 106	(Bq/kg)
¹²⁵ Sb	Antimon 125	(Bq/kg)
¹³¹ J	Jod 131	(Bq/kg)
¹³⁴ Cs	Cäsium 134	(Bq/kg)
¹³⁷ Cs	Cäsium 137	(Bq/kg)
¹⁴⁴ Ce	Cer 144	(Bq/kg)
²⁰⁸ Te	Tellur 208	(Bq/kg)
²¹⁴ Pb	Blei 214	(Bq/kg)
²²⁶ Ra	Radium 226	(Bq/kg)
²²⁸ Ac	Actinium 228	(Bq/kg)

Tabelle 8-2: Datengrundlage [1]: Bodenklassen und Baggervolumina [Projektbüro Fahrrinnenanpassung 2006a]

Bagger-Abs.	UG-Abs.	Bereich [km]	Ortsbezeichnung	Bodenklasse AB [%]	Bodenklasse C [%]	Bodenklasse D-I [%]	Bodenklasse JK [%]	Volumen Bodenkl. AB [m³]	Volumen Bodenkl. C [m³]	Volumen Bodenkl. D-I [m³]	Volumen Bodenkl. D-K [m³]	Summe [m³]
1	HH	619,0 - 624,5	Süderelbe		70	30		0	1.075.480	460.920	460.920	1.536.400
2	HH	624,5	Vorhafen		80	20		0	92.000	0	23.000	23.000
3	HH	624,7 - 625,0			70	30		0	394.450	169.050	169.050	563.500
4	HH	625,0 - 627,9			60	40		0	214.590	143.060	143.060	357.650
5	HH	627,5	Parkhafen		0	100		0	0	73.600	73.600	73.600
6	HH	627,5	Waltershofer Hafen		100	0		0	547.400	0	0	0
7	HH	627,9 - 630,7			40	60		0	214.820	322.230	322.230	537.050
8	HH	630,7 - 632,0			40	60		0	137.241	205.862	205.862	343.103
9	WED	632,0 - 633,5			40	60		0	131.859	197.791	197.789	329.651
10	WED	633,5 - 636,4			80	20		0	136.160	34.040	34.040	170.199
11	WED	636,4 - 638,9			30	70		0	331.200	772.800	772.800	1.104.000
12	WED	638,9 - 640,0			35		65	0	91.503	0	169.933	261.436
13	WED	640,0 - 650,0				50	50	0	0	1.689.072	3.378.143	3.378.143
14	GLU	650,0 - 650,2			50	50		0	0	25.722	51.444	51.444
15	GLU	650,2 - 654,2		70		30		1.338.518	0	573.650	573.650	1.912.167
16	GLU	654,2 - 659,8				70	30	0	0	726.665	1.038.093	1.038.093
17	GLU	659,8 - 660,7		80		20		267.591	0	66.898	66.898	334.489
18	GLU	660,7 - 663,1				100		0	0	300.154	300.154	300.154
19	GLU	663,1 - 664,2		80		20		48.820	0	12.205	12.205	61.025
20	GLU	664,2 - 665,1				100		0	0	39.693	39.693	39.693
21	GLU	665,1 - 666,0		70		30		80.635	0	34.558	34.558	115.193
22	GLU	666,0 - 669,0				80	20	0	0	98.544	123.180	123.180
23	GLU	669,0 - 672,3		70		30		578.794	0	248.054	248.054	826.848
24	GLU	672,3 - 673,3				70	30	0	0	238.252	340.360	340.360
25	GLU	673,3 - 674,8		50		50		220.731	0	220.731	220.731	441.463
26	GLU	674,8 - 677,0				100		0	0	324.960	324.960	324.960
27	BRU	677,0 - 680,5				100		0	0	255.325	255.325	255.325
28	BRU	680,5 - 682,0		50		50		6.706	0	6.706	6.706	13.413
29	BRU	682,0 - 691,2		10		90		67.652	0	608.866	608.866	676.518
30	BRU	691,2 - 691,8				100		0	0	39.258	39.258	39.258
31	BRU	691,8 - 693,8		20		80		143.076	0	572.306	572.306	715.382
32	BRU	693,8 - 704,8		80		20		5.469.626	0	1.367.406	1.367.406	6.837.032
33	BRU	696	Warteplatz	80		20		1.200.000	0	300.000	0	1.500.000
34	BRU	704,8 - 705,0				100		0	0	28.962	28.962	28.962
35	CUX	705,0 - 708,1				100		0	0	909.414	909.414	909.414
36	CUX	708,1 - 709,6		50		50		223.527	0	223.527	223.527	447.055
37	CUX	709,6 - 711,5				100		0	0	725.055	725.055	725.055
38	CUX	711,5 - 713,3		60		40		465.873	0	310.582	310.582	776.456
39	CUX	713,3 - 716,5				100		0	0	1.354.675	1.354.675	1.354.675
40	CUX	716,5 - 718,6		80		20		270.638	0	67.659	67.659	338.297
41	CUX	718,6 - 722,5				90	10	0	0	1.331.826	1.479.806	1.479.806
42	CUX	722,5 - 727,0				100		0	0	2.250.719	2.250.719	2.250.719
43	AUS	727,0 - 732,5				100		0	0	306.917	306.917	306.917
44	AUS	732,5 - 748,0		5		95		224.103	0	4.257.963	4.257.963	4.482.066

HINWEISE für Tab. 8.2 bis 8.5:

- Volumen- u. Tiefenangaben in Schutenmaß
Schutenmaß x 0,87 = Profilmaß
- Angegebene Tiefen beziehen sich auf die
Volumenangaben der folgenden Spalte

ABKÜRZUNGEN in Tab. 8.2 bis 8.5:

- Bagger-Abs.** Nr. des Baggerabschnitts
UG-Abs. UG-Abschnitt n. IfB
Volumen bel. Volumen belasteter Anteil
Volumen unb. Volumen unbelasteter Anteil
Bodenkl. Bodenklasse

Tabelle 8-3: Datengrundlage [2]: Abgeleitete Daten für die Fahrrinne in den Baggerabschnitten

Bagger-Abs.	UG-Abs.	Bereich [km]	Volumen Anteil	Fläche Anteil	Tiefe [m]	Volumen ges. [m³]	Fläche [m²]	Tiefe [m]	Volumen bel. [m³]	Volumen unb. [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. AB (bel.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. AB (unb.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. C (bel.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. C (unb.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. D-K (bel.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. D-K (unb.) [m³]	Tiefe [m]
1	HH	619,0 - 624,5	0,88	0,97	0,97	1.348.746	1.395.000	0,58	802.125	546.621	0,00	0	0,00	0	0,25	354.792	0,39	546.621	0,32	447.333	0,00	0	0,00
2	HH	624,5	-	-	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	HH	624,7 - 625,0	0,27	0,53	0,59	151.869	259.000	0,58	148.925	2.944	0,00	0	0,00	0	0,24	61.775	0,01	2.944	0,34	87.150	0,00	0	0,00
4	HH	625,0 - 627,9	0,99	1,00	0,67	353.719	529.000	0,58	304.175	49.544	0,00	0	0,00	0	0,31	161.950	0,09	49.544	0,27	142.225	0,00	0	0,00
5	HH	627,5	-	-	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	HH	627,5	-	-	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	HH	627,9 - 630,7	0,73	0,91	0,72	394.051	550.000	0,58	316.250	77.801	0,00	0	0,00	0	0,02	13.425	0,14	77.801	0,55	302.825	0,00	0	0,00
8	HH	630,7 - 632,0	0,83	0,95	0,77	283.942	370.000	0,58	212.750	71.192	0,00	0	0,00	0	0,04	14.383	0,19	71.192	0,54	198.367	0,00	0	0,00
9	WED	632,0 - 633,5	0,80	0,93	0,69	263.658	383.000	0,58	220.225	43.433	0,00	0	0,00	0	0,08	31.754	0,11	43.433	0,49	188.471	0,00	0	0,00
10	WED	633,5 - 636,4	0,73	0,90	0,36	123.479	344.000	0,36	123.479	0	0,00	0	0,00	0	0,30	102.455	0,00	0	0,06	21.024	0,00	0	0,00
11	WED	636,4 - 638,9	0,10	0,45	0,47	106.513	228.000	0,47	106.513	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,47	106.513	0,00	0	0,00
12	WED	638,9 - 640,0	0,08	0,40	0,26	20.282	77.276	0,26	20.282	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,26	20.282	0,00	0	0,00
13	WED	640,0 - 650,0	0,53	0,80	0,88	1.799.957	2.040.383	0,58	1.173.220	626.737	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	1.173.220	0,31	626.737	0,00
14	GLU	650,0 - 650,2	0,91	0,91	1,19	46.587	38.997	0,58	22.423	24.163	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	22.423	0,62	24.163	0,00
15	GLU	650,2 - 654,2	0,87	0,91	1,30	1.661.051	1.273.735	0,58	738.246	922.806	0,17	210.166	0,72	922.806	0,00	0	0,00	0	0,41	528.080	0,00	0	0,00
16	GLU	654,2 - 659,8	0,81	0,85	1,15	838.950	731.483	0,58	420.603	418.347	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	420.603	0,57	418.347	0,00
17	GLU	659,8 - 660,7	0,84	0,90	1,11	282.283	253.614	0,58	145.909	136.374	0,35	88.511	0,54	136.374	0,00	0	0,00	0	0,23	57.398	0,00	0	0,00
18	GLU	660,7 - 663,1	0,71	0,86	0,50	213.809	430.778	0,50	213.809	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,50	213.809	0,00	0	0,00
19	GLU	663,1 - 664,2	0,65	0,79	0,48	39.656	82.326	0,48	39.656	0	0,48	39.656	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
20	GLU	664,2 - 665,1	0,61	0,73	0,71	24.069	33.859	0,58	19.469	4.600	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	19.469	0,14	4.600	0,00
21	GLU	665,1 - 666,0	0,83	0,89	0,87	95.201	128.317	0,57	73.561	21.640	0,27	42.986	0,17	21.640	0,00	0	0,00	0	0,24	30.575	0,00	0	0,00
22	GLU	666,0 - 669,0	0,68	0,81	0,59	83.555	142.749	0,58	82.081	1.474	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	82.081	0,01	1.474	0,00
23	GLU	669,0 - 672,3	0,76	0,88	0,87	631.191	722.510	0,57	415.140	216.050	0,27	197.245	0,30	216.050	0,00	0	0,00	0	0,30	217.895	0,00	0	0,00
24	GLU	672,3 - 673,3	0,90	0,92	0,95	305.042	322.374	0,58	185.365	119.677	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	185.365	0,37	119.677	0,00
25	GLU	673,3 - 674,8	0,80	0,92	0,87	355.230	406.098	0,59	240.934	114.295	0,08	30.457	0,28	114.295	0,00	0	0,00	0	0,52	210.477	0,00	0	0,00
26	GLU	674,8 - 677,0	0,82	0,88	0,80	265.438	329.846	0,58	189.661	75.777	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	189.661	0,23	75.777	0,00
27	BRU	677,0 - 680,5	0,14	0,35	0,80	34.722	43.608	0,58	25.075	9.648	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	25.075	0,22	9.648	0,00
28	BRU	680,5 - 682,0	0,65	0,65	0,52	8.882	17.090	0,52	8.882	0	0,26	4.441	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,26	4.441	0,00	0	0,00
29	BRU	682,0 - 691,2	0,88	0,96	0,59	593.614	1.005.278	0,58	578.035	15.579	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	578.035	0,02	15.579	0,00
30	BRU	691,2 - 691,8	0,90	0,97	0,39	35.362	89.586	0,39	35.362	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,39	35.362	0,00	0	0,00
31	BRU	691,8 - 693,8	0,96	0,98	0,98	688.392	704.995	0,58	405.372	283.020	0,00	0	0,18	126.257	0,00	0	0,00	0	0,58	405.372	0,22	156.763	0,00
32	BRU	693,8 - 704,8	0,97	0,98	1,47	6.625.025	4.500.552	0,58	2.588.836	4.036.188	0,28	1.251.153	0,90	4.036.188	0,00	0	0,00	0	0,30	1.337.683	0,00	0	0,00
33	BRU	696	-	-	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
34	BRU	704,8 - 705,0	0,97	0,98	1,11	28.198	25.393	0,58	14.601	13.597	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	14.601	0,54	13.597	0,00
35	CUX	705,0 - 708,1	0,95	0,97	1,11	864.363	778.398	0,58	447.579	416.784	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	447.579	0,54	416.784	0,00
36	CUX	708,1 - 709,6	0,95	0,96	1,69	425.482	251.198	0,58	144.439	281.043	0,00	0	0,83	208.657	0,00	0	0,00	0	0,58	144.439	0,29	281.043	0,00
37	CUX	709,6 - 711,5	0,97	0,97	1,56	702.134	451.234	0,58	259.460	442.674	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	259.460	0,98	442.674	0,00
38	CUX	711,5 - 713,3	0,98	0,98	1,51	759.981	502.726	0,58	289.067	470.914	0,00	0	0,90	453.558	0,00	0	0,00	0	0,58	289.067	0,03	470.914	0,00
39	CUX	713,3 - 716,5	0,96	0,97	1,59	1.297.415	818.283	0,58	470.513	826.902	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	470.513	1,01	826.902	0,00
40	CUX	716,5 - 718,6	0,96	0,96	1,31	325.809	248.155	0,57	142.276	183.533	0,31	76.928	0,74	183.533	0,00	0	0,00	0	0,26	65.348	0,00	0	0,00
41	CUX	718,6 - 722,5	0,96	0,97	1,24	1.419.265	1.143.709	0,58	657.633	761.632	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	657.633	0,67	761.632	0,00
42	CUX	722,5 - 727,0	0,97	0,97	2,42	2.176.756	901.193	0,58	518.186	1.658.570	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	518.186	1,84	1.658.570	0,00
43	AUS	727,0 - 732,5	0,97	0,97	2,37	298.300	125.667	0,58	72.259	226.041	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,58	72.259	1,80	226.041	0,00
44	AUS	732,5 - 748,0	0,96	0,97	1,28	4.297.416	3.354.708	0,58	1.928.957	2.368.459	0,00	0	0,04	140.942	0,00	0	0,00	0	0,58	1.928.957	0,66	2.227.517	0,00

Tabelle 8-4: Datengrundlage [3]: Abgeleitete Daten für die Seitenräume in den Baggerabschnitten

Bagger-Abs.	UG-Abs.	Bereich [km]	Volumen Anteil	Fläche Anteil	Tiefe [m]	Volumen ges. [m³]	Fläche [m²]	Tiefe [m]	Volumen bel. [m³]	Volumen unb. [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. AB (bel.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. AB (unb.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. C (bel.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. C (unb.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. D-K (bel.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. D-K (unb.) [m³]		
1	HH	619,0 - 624,5	0,12	0,03	4,83	187.654	38.818	0,35	13.586	174.068	0,00	0	0,00	0	0,00	0	4,48	174.068	0,35	13.586	0,00	0		
2	HH	624,5	1,00	1,00	0,71	115.000	163.000	0,35	57.050	57.950	0,00	0	0,00	0	0,21	34.050	0,00	0	0,14	23.000	0,00	0		
3	HH	624,7 - 625,0	0,73	0,47	1,76	411.631	234.000	0,35	81.900	329.731	0,00	0	0,00	0	0,00	0	1,41	329.731	0,35	81.900	0,00	0		
4	HH	625,0 - 627,9	0,01	0,00	1,65	3.931	2.386	0,35	835	3.096	0,00	0	0,00	0	0,00	0	1,30	3.096	0,35	835	0,00	0		
5	HH	627,5	1,00	1,00	1,04	73.600	71.000	0,35	24.850	48.750	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	24.850	0,69	48.750		
6	HH	627,5	1,00	1,00	2,45	547.400	223.000	0,35	78.050	469.350	0,00	0	0,00	0	0,35	78.050	0,00	0	0,00	0	0,00	0		
7	HH	627,9 - 630,7	0,27	0,09	2,58	142.999	55.442	0,35	19.405	123.594	0,00	0	0,00	0	0,00	0	2,23	123.594	0,35	19.405	0,00	0		
8	HH	630,7 - 632,0	0,17	0,05	2,76	59.160	21.414	0,35	7.495	51.665	0,00	0	0,00	0	0,00	0	2,41	51.665	0,35	7.495	0,00	0		
9	WED	632,0 - 633,5	0,20	0,07	2,48	65.993	26.629	0,35	9.320	56.672	0,00	0	0,00	0	0,00	0	2,13	56.671	0,35	9.320	0,00	0		
10	WED	633,5 - 636,4	0,27	0,10	1,26	46.720	37.188	0,35	13.016	33.705	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,91	33.706	0,35	13.016	0,00	0		
11	WED	636,4 - 638,9	0,90	0,55	3,58	997.487	279.000	0,35	97.650	899.837	0,00	0	0,00	0	0,00	0	1,19	331.200	0,35	97.650	2,04	568.637		
12	WED	638,9 - 640,0	0,92	0,60	2,06	241.154	117.183	0,35	41.014	200.140	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,78	91.503	0,35	41.014	0,93	108.637		
13	WED	640,0 - 650,0	0,47	0,20	3,04	1.578.186	519.233	0,35	181.732	1.396.455	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	181.732	2,69	1.396.455		
14	GLU	650,0 - 650,2	0,09	0,09	1,25	4.858	3.888	0,35	1.361	3.497	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	1.361	0,90	3.497		
15	GLU	650,2 - 654,2	0,13	0,09	1,93	251.116	130.202	0,35	45.571	205.545	0,00	0	1,58	205.545	0,00	0	0,00	0	0,35	45.571	0,00	0		
16	GLU	654,2 - 659,8	0,19	0,15	1,56	199.143	127.331	0,35	44.566	154.577	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	44.566	1,21	154.577		
17	GLU	659,8 - 660,7	0,16	0,10	1,92	52.206	27.144	0,35	9.500	42.705	0,00	0	1,57	42.705	0,00	0	0,00	0	0,35	9.500	0,00	0		
18	GLU	660,7 - 663,1	0,29	0,14	1,19	86.344	72.485	0,35	25.370	60.974	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	25.370	0,84	60.974		
19	GLU	663,1 - 664,2	0,35	0,21	0,95	21.370	22.495	0,35	7.843	13.527	0,00	0	0,23	5.174	0,18	3.990	0,00	0	0,00	0	0,12	2.669	0,42	9.506
20	GLU	664,2 - 665,1	0,39	0,27	1,22	15.625	12.822	0,35	4.488	11.137	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	4.488	0,87	11.137		
21	GLU	665,1 - 666,0	0,17	0,11	1,20	19.992	16.594	0,35	5.808	14.184	0,00	0	1,825	0,85	14.184	0,00	0	0,00	0	0,24	3.983	0,00	0	
22	GLU	666,0 - 669,0	0,32	0,19	1,17	39.626	33.849	0,35	11.847	27.779	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	11.847	0,82	27.779		
23	GLU	669,0 - 672,3	0,24	0,12	1,95	195.658	100.199	0,35	35.170	160.488	0,00	0	5,010	1,60	160.488	0,00	0	0,00	0	0,30	30.160	0,00	0	
24	GLU	672,3 - 673,3	0,10	0,08	1,33	35.318	26.554	0,35	9.294	26.024	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	9.294	0,98	26.024		
25	GLU	673,3 - 674,8	0,20	0,08	2,52	86.233	34.181	0,35	11.963	74.270	0,00	0	1,709	2,17	74.270	0,00	0	0,00	0	0,30	10.254	0,00	0	
26	GLU	674,8 - 677,0	0,18	0,12	1,29	59.522	46.234	0,35	16.182	43.340	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	16.182	0,94	43.340		
27	BRU	677,0 - 680,5	0,86	0,65	2,77	220.603	79.697	0,35	27.894	192.709	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	27.894	2,42	192.709		
28	BRU	680,5 - 682,0	0,35	0,35	0,50	4.531	9.149	0,25	2.267	2.264	0,00	0	0,25	2.264	0,00	0	0,00	0	0,25	2.267	0,00	0		
29	BRU	682,0 - 691,2	0,12	0,04	1,99	82.904	41.731	0,35	14.606	68.298	0,00	0	1,62	67.652	0,00	0	0,00	0	0,35	14.606	0,02	647		
30	BRU	691,2 - 691,8	0,10	0,03	1,24	3.896	3.145	0,35	1.101	2.795	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	1.101	0,89	2.795		
31	BRU	691,8 - 693,8	0,04	0,02	1,52	26.990	17.769	0,35	6.219	20.771	0,00	0	0,95	16.820	0,00	0	0,00	0	0,35	6.219	0,22	3.951		
32	BRU	693,8 - 704,8	0,03	0,02	1,93	212.008	110.086	0,35	38.530	173.478	0,08	8.807	1,58	173.478	0,00	0	0,00	0	0,27	29.723	0,00	0		
33	BRU	696	1,00	1,00	3,02	1.500.000	497.333	0,35	174.067	1.325.933	0,00	0	2,41	1.200.000	0,00	0	0,00	0	0,35	174.067	0,25	125.933		
34	BRU	704,8 - 705,0	0,03	0,02	1,21	764	631	0,35	221	543	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	221	0,86	543		
35	CUX	705,0 - 708,1	0,05	0,03	1,91	45.052	23.630	0,35	8.271	36.781	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	8.271	1,56	36.781		
36	CUX	708,1 - 709,6	0,05	0,04	2,05	21.573	10.504	0,35	3.676	17.897	0,00	0	1,42	14.870	0,00	0	0,00	0	0,35	3.676	0,29	3.027		
37	CUX	709,6 - 711,5	0,03	0,03	1,81	22.921	12.688	0,35	4.441	18.481	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	4.441	1,46	18.481		
38	CUX	711,5 - 713,3	0,02	0,02	1,52	16.475	10.818	0,35	3.786	12.689	0,00	0	0,00	0	12.315	0,00	0	0,00	0	0,35	3.786	0,03	373	
39	CUX	713,3 - 716,5	0,04	0,03	2,19	57.260	26.107	0,35	9.137	48.122	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	9.137	1,84	48.122		
40	CUX	716,5 - 718,6	0,04	0,04	1,08	12.489	11.559	0,35	4.046	8.443	0,15	1.734	0,73	8.443	0,00	0	0,00	0	0,20	2.312	0,00	0		
41	CUX	718,6 - 722,5	0,04	0,03	1,87	60.541	32.310	0,35	11.309	49.233	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	11.309	1,52	49.233		
42	CUX	722,5 - 727,0	0,03	0,03	2,42	73.963	30.621	0,35	10.717	63.246	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	10.717	2,07	63.246		
43	AUS	727,0 - 732,5	0,03	0,03	2,37	8.617	3.630	0,35	1.271	7.346	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	1.271	2,02	7.346		
44	AUS	732,5 - 748,0	0,04	0,03	1,84	184.650	100.088	0,35	35.031	149.619	0,00	0	0,83	83.161	0,00	0	0,00	0	0,35	35.031	0,66	66.458		

Tabelle 8-5: Datengrundlage [4]: Abgeleitete Daten für die gesamten Baggerabschnitte (Fahrrinne + Seitenräume)

Bagger-Abs.	UG-Abs.	Bereich [km]	Ortsbezeichnung	Volumen ges. [m³]	Fläche ges. [m²]	Tiefe [m]	Volumen bel. [m³]	Volumen unb. [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. AB (bel.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. AB (unb.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. C (bel.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. C (unb.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. D-K (bel.) [m³]	Tiefe [m]	Bodenkl. D-K (unb.) [m³]	Tiefe [m]
1	HH	619,0 - 624,5		1.536.401	1.433.818	0,57	815.712	720.689	0,00	0	0,00	0	0,25	354.792	0,50	720.689	0,32	460.920	0,00	0	0,00
2	HH	624,5	Vorhafen	115.000	163.000	0,35	57.050	57.950	0,00	0	0,00	0	0,21	34.050	0,36	57.950	0,14	23.000	0,00	0	0,00
3	HH	624,7 - 625,0		563.500	493.000	0,47	230.825	332.675	0,00	0	0,00	0	0,13	61.775	0,67	332.675	0,34	169.050	0,00	0	0,00
4	HH	625,0 - 627,9		357.650	531.386	0,57	305.010	52.640	0,00	0	0,00	0	0,30	161.950	0,10	52.640	0,27	143.060	0,00	0	0,00
5	HH	627,5	Parkhafen	73.600	71.000	0,35	24.850	48.750	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,35	24.850	0,69	48.750	0,00
6	HH	627,5	Waltersh. Hafen	547.400	223.000	0,35	78.050	469.350	0,00	0	0,00	0	0,35	78.050	2,10	469.350	0,00	0	0,00	0	0,00
7	HH	627,9 - 630,7		537.050	605.442	0,55	335.655	201.395	0,00	0	0,00	0	0,02	13.425	0,33	201.395	0,53	322.230	0,00	0	0,00
8	HH	630,7 - 632,0		343.103	391.414	0,56	220.245	122.858	0,00	0	0,00	0	0,04	14.383	0,31	122.858	0,53	205.862	0,00	0	0,00
9	WED	632,0 - 633,5		329.649	409.629	0,56	229.545	100.104	0,00	0	0,00	0	0,08	31.754	0,24	100.104	0,48	197.791	0,00	0	0,00
10	WED	633,5 - 636,4		170.201	381.188	0,36	136.495	33.706	0,00	0	0,00	0	0,27	102.455	0,09	33.706	0,09	34.040	0,00	0	0,00
11	WED	636,4 - 638,9		1.104.000	507.000	0,40	204.163	899.837	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,65	331.200	0,40	204.163	1,12	568.637	0,00
12	WED	638,9 - 640,0		261.437	194.459	0,32	61.297	200.140	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,47	91.503	0,32	61.297	0,56	108.637	0,00
13	WED	640,0 - 650,0		3.378.144	2.559.616	0,53	1.354.952	2.023.192	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,53	1.354.952	0,79	2.023.192	0,00
14	GLU	650,0 - 650,2		51.444	42.885	0,55	23.784	27.660	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,55	23.784	0,64	27.660	0,00
15	GLU	650,2 - 654,2		1.912.167	1.403.937	0,56	783.816	1.128.351	0,15	210.166	5,37	1.128.351	0,00	0	0,00	0	0,41	573.650	0,00	0	0,00
16	GLU	654,2 - 659,8		1.038.094	858.814	0,54	465.169	572.925	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,54	465.169	0,67	572.925	0,00
17	GLU	659,8 - 660,7		334.488	280.758	0,55	155.409	179.079	0,32	88.511	2,02	179.079	0,00	0	0,00	0	0,24	66.898	0,00	0	0,00
18	GLU	660,7 - 663,1		300.153	503.263	0,48	239.179	60.974	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,48	239.179	0,12	60.974	0,00
19	GLU	663,1 - 664,2		61.025	104.821	0,45	47.529	13.496	0,43	44.830	0,09	3.990	0,00	0	0,00	0	0,03	2.699	0,09	9.506	0,00
20	GLU	664,2 - 665,1		39.694	46.681	0,51	23.957	15.737	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,51	23.957	0,34	15.737	0,00
21	GLU	665,1 - 666,0		115.194	144.911	0,55	79.370	35.824	0,31	44.812	0,80	35.824	0,00	0	0,00	0	0,24	34.558	0,00	0	0,00
22	GLU	666,0 - 669,0		123.181	176.598	0,53	93.928	29.253	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,53	93.928	0,17	29.253	0,00
23	GLU	669,0 - 672,3		826.848	822.709	0,55	450.310	376.538	0,25	202.255	1,86	376.538	0,00	0	0,00	0	0,30	248.055	0,00	0	0,00
24	GLU	672,3 - 673,3		340.360	348.928	0,56	194.659	145.701	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,56	194.659	0,42	145.701	0,00
25	GLU	673,3 - 674,8		441.462	440.279	0,57	252.897	188.565	0,07	32.166	5,86	188.565	0,00	0	0,00	0	0,50	220.731	0,00	0	0,00
26	GLU	674,8 - 677,0		324.960	376.080	0,55	205.843	119.117	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,55	205.843	0,32	119.117	0,00
27	BRU	677,0 - 680,5		255.326	123.305	0,43	52.969	202.357	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,43	52.969	1,64	202.357	0,00
28	BRU	680,5 - 682,0		13.413	26.239	0,42	11.149	2.264	0,17	4.443	0,51	2.264	0,00	0	0,00	0	0,26	6.706	0,00	0	0,00
29	BRU	682,0 - 691,2		676.518	1.047.009	0,57	592.641	83.877	0,00	0	0,00	67.652	0,00	0	0,00	0	0,57	592.641	0,02	16.225	0,00
30	BRU	691,2 - 691,8		39.258	92.731	0,39	36.463	2.795	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,39	36.463	0,03	2.795	0,00
31	BRU	691,8 - 693,8		715.382	722.764	0,57	411.591	303.791	0,00	0	0,00	143.076	0,00	0	0,00	0	0,57	411.591	0,22	160.715	0,00
32	BRU	693,8 - 704,8		6.837.032	4.610.638	0,57	2.627.366	4.209.666	0,27	1.259.960	3,34	4.209.666	0,00	0	0,00	0	0,30	1.367.406	0,00	0	0,00
33	BRU	696	Warteplatz	1.500.000	497.333	0,35	174.067	1.325.933	0,00	0	0,00	1.200.000	0,00	0	0,00	0	0,35	174.067	0,25	125.933	0,00
34	BRU	704,8 - 705,0		28.962	26.024	0,57	14.822	14.140	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,57	14.822	0,54	14.140	0,00
35	CUX	705,0 - 708,1		909.414	802.028	0,57	455.849	453.565	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,57	455.849	0,57	453.565	0,00
36	CUX	708,1 - 709,6		447.054	261.702	0,57	148.115	298.939	0,00	0	0,00	223.527	0,00	0	0,00	0	0,57	148.115	0,29	75.412	0,00
37	CUX	709,6 - 711,5		725.055	463.922	0,57	263.900	461.155	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,57	263.900	0,99	461.155	0,00
38	CUX	711,5 - 713,3		776.456	513.544	0,57	292.854	483.602	0,00	0	0,00	465.873	0,00	0	0,00	0	0,57	292.854	0,03	17.729	0,00
39	CUX	713,3 - 716,5		1.354.674	844.390	0,57	479.650	875.024	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,57	479.650	1,04	875.024	0,00
40	CUX	716,5 - 718,6		338.298	259.714	0,56	146.322	191.976	0,30	78.662	2,44	191.976	0,00	0	0,00	0	0,26	67.660	0,00	0	0,00
41	CUX	718,6 - 722,5		1.479.806	1.176.019	0,57	668.941	810.865	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,57	668.941	0,69	810.865	0,00
42	CUX	722,5 - 727,0		2.250.719	931.814	0,57	528.903	1.721.816	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,57	528.903	1,85	1.721.816	0,00
43	AUS	727,0 - 732,5		306.917	129.297	0,57	73.529	233.388	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,57	73.529	1,81	233.388	0,00
44	AUS	732,5 - 748,0		4.482.066	3.454.796	0,57	1.963.988	2.518.078	0,00	0	0,00	224.103	0,00	0	0,00	0	0,57	1.963.988	0,66	2.293.975	0,00

9 ANLAGEN

Anlage 1: Übersichtskarte Probeentnahmepunkte und Messstellen
 1 : 50.000 (16 Kartenblätter mit 1 Legende)

